

Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten

**– Untersuchungen in einem Netzwerk von
Pilotbetrieben**

Kurt-Jürgen Hülsbergen, Harald Schmid, Hans Marten Paulsen (Hrsg.)

Thünen Report 92

Bibliografische Information:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter www.dnb.de abrufbar.

Bibliographic information:
The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliography; detailed bibliographic data is available on the Internet at www.dnb.de

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter www.thuenen.de

Volumes already published in this series are available on the Internet at www.thuenen.de

Zitationsvorschlag – Suggested source citation:

Hülsbergen K-J, Schmid H, Paulsen HM (Hrsg.) (2022) Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 540 p, Thünen Rep 92, DOI:10.3220/REP1646034190000

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

The respective authors are responsible for the content of their publications.



THÜNEN

Thünen Report 92

Herausgeber/Redaktionsanschrift – Editor/address

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuenen-report@thuenen.de
www.thuenen.de

ISSN 2196-2324

ISBN 978-3-86576-236-8

DOI: 10.3220/REP1646034190000

urn:nbn:de:gbv:253-202203-dn064672-4

Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten

**– Untersuchungen in einem Netzwerk von
Pilotbetrieben**

Kurt-Jürgen Hülsbergen, Harald Schmid, Hans Marten Paulsen (Hrsg.)

Thünen Report 92

Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen (Hrsg.)

Harald Schmid (Hrsg.)

Technische Universität München

Alte Akademie 12

85350 Freising-Weißenstephan

E-Mail: sekretariat.oekolandbau@wzw.tum.de

Dr. Hans Marten Paulsen (Hrsg.)

Thünen-Institut für Ökologischen Landbau

Trenthorst 32

23847 Westerau

E-Mail: hans.paulsen@thuenen.de

Thünen Report 92

Weißenstephan, Trenthorst/Germany, Februar 2022

Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben

Abschlussbericht

Berichtszeitraum 06. August 2014 – 31. August 2021

Projektlaufzeit 15. November 2008 – 31. August 2021

(einschließlich der Projektphase 1 und 2)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

BÖLN

Bundesprogramm Ökologischer Landbau
und andere Formen nachhaltiger
Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen 2812NA079 (TUM) und 2812NA129 (TI)

Projektpartner

Technische Universität München (TUM)

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme

Liesel-Beckmann Str. 2, 85354 Freising-Weihenstephan

Bearbeiter: Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen, Projektleitung 2812NA079
Dipl.-Ing. agr. (univ.) Harald Schmid, Projektkoordinator TUM
Dipl.-Ing. agr. (univ.) Sandra Anke, Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Dr. Lucie Chmelfíková, Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Johann Heinrich von Thünen Institut (TI)

Bundesforschungsanstalt für Ländliche Räume, Wald und Fischerei

Institut für Ökologischen Landbau des TI (TI-OL)

Trenthorst 32, 23847 Westerau

Bearbeiter: Dr. Hans Marten Paulsen, Projektleitung 2812NA129
Sylvia Warnecke, M.Sc., Projektkoordinatorin TI
Peter Hinterstoißer, M.Sc., Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Dr. Maximilian Schüler, Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Dr. Franziska Schulz, Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Dr. Kathrin Wagner, Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Johann Heinrich von Thünen Institut (TI)

Bundesforschungsanstalt für Ländliche Räume, Wald und Fischerei

Institut für Betriebswirtschaft (TI-BW)

Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

Bearbeiter: Dr. Jörn Sanders, Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Karen Schröder, M.Sc., Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Ilsabe von Stieglitz, M.Sc., Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Ingenieurbüro für Ökologie und Landwirtschaft (IfÖL)

Windhäuser Weg 8, 34123 Kassel

Bearbeiter: Dr. Richard Beisecker, Projektkoordinator IfÖL
Harald Becker, M.Sc., Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Theresa Seith, M.Sc., Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Kurzfassung

Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben

Kurt-Jürgen Hülsbergen¹, Harald Schmid¹, Hans Marten Paulsen² (Hrsg.)

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Liesel-Beckmann Str. 2, 85354 Freising-Weihenstephan

² Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst 32, 23847 Westerau
Kontakt sekretariat.oekolandbau@wzw.tum.de

In enger Kooperation von Forschung, Beratung und Praxis wurde ein deutschlandweites Netzwerk von Pilotbetrieben aufgebaut, das über zehn Jahre die Grundlage für transdisziplinäre Forschungsarbeiten bildete. Es umfasst 40 ökologische und 40 konventionelle Marktfruchtbau- und Milchviehbetriebe in vier Agrarregionen. In den Pilotbetrieben wurden kontinuierlich Betriebsdaten erfasst, in Datenbanken gespeichert und mit Modellen umfassend ausgewertet.

In Projektphase 1 (2008 bis 2013) wurden Forschungsarbeiten zu Klimawirkungen im Pflanzenbau und der Milchviehhaltung, in Projektphase 2 (2013 bis 2014) zu Tierwohl und Ressourceneffizienz durchgeführt. Die gesamtbetriebliche Optimierung war der Untersuchungsschwerpunkt in Projektphase 3 (2014 bis 2021). In Workshops wurden Maßnahmen abgeleitet, um die Ressourceneffizienz zu erhöhen, die Treibhausgasemissionen zu vermindern und die Haltungsbedingungen zu verbessern. Wirkungen auf die Humus-, Nährstoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzen wurden mit Modellen untersucht. Das Tierwohl wurde anhand des Welfare Quality® Protocols bewertet und Maßnahmen zur Verbesserung abgeleitet. Die Forschungsergebnisse zeigen systembedingte Unterschiede der Umwelt- und Klimawirkungen, der Ressourceneffizienz und des Tierwohls zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben, die allerdings durch die große einzelbetriebliche Variabilität und Standorteinflüsse überlagert werden.

Im Projekt wurden die Beratungstools HUNTER (Humus-, Nährstoff-, Treibhausgas- und Energiebilanz-Rechner) und TWT Milchvieh (Tierwohl-Tool Milchvieh) entwickelt und erprobt. Landwirten und Beratern werden hiermit praxisanwendbare Werkzeuge zur eigenständigen Analyse und Ermittlung wichtiger Nachhaltigkeitskriterien bereitgestellt. Die Betriebsleiter waren aktiv in den Forschungsprozess eingebunden, u.a. durch die partizipative Erarbeitung von Entwicklungsszenarien zur Verbesserung der Nachhaltigkeit und die gemeinsame Durchführung von Regional- und Optimierungsworkshops.

Schlagwörter:

Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz, Klimawirkung, Tierwohl, Betriebssysteme, Pilotbetriebe

Abstract

Increasing resource efficiency by optimising crop and milk production on whole farm level under consideration of animal welfare quality aspects – assessment in a network of pilot farms

Kurt-Jürgen Hülsbergen¹, Harald Schmid¹, Hans Marten Paulsen² (ed.)

¹ Technische Universität München, Chair of Organic Farming and Agronomy, Liesel-Beckmann Str. 2, 85354 Freising-Weihenstephan

² Thünen Institute of Organic Farming, Trenthorst, 23847 Westerau
Contact sekretariat.oekolandbau@wzw.tum.de

In close cooperation between research, extension and practice, a Germany-wide network of pilot farms was established, which formed the basis for transdisciplinary research work over a period of ten years. It comprises 40 organic and 40 conventional cash crop and dairy farms in four agricultural regions. On the pilot farms, farm data were continuously collected, stored in databases and comprehensively evaluated with models.

In project phase 1 (2008 to 2013), research was conducted on climate impacts in crop production and dairy farming, and in project phase 2 (2013 to 2014) on animal welfare and resource efficiency. Whole farm optimisation was the focus of research in project phase 3 (2014 to 2021). In workshops, measures were derived to increase resource efficiency, reduce greenhouse gas emissions and improve husbandry conditions in dairy production. Effects on soil organic matter, nutrient, energy and greenhouse gas balances were investigated with models. Animal welfare was assessed with indicators using the Welfare Quality® Protocol and measures for improvement were derived. The research results show system-related differences in environmental and climate impacts, resource efficiency and animal welfare status between organic and conventional farms, which are, however, overlaid by the enormous individual farm variability and site influences.

In the project, the advisory tools HUNTER (humus, nutrient, greenhouse gas and energy balance calculator) and TWT dairy cattle (animal welfare tool dairy cattle) were developed and tested. Hereby farmers and advisors are provided with practical tools for independent analysis and determination of important sustainability criteria. Farm managers were actively involved in the research process, e.g. through the participatory elaboration of development scenarios to improve sustainability and the joint implementation of regional and optimisation workshops.

Keywords:

sustainability, resource-efficiency, climate effects, animal welfare, farming systems, pilot farms

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	XIII
1 Vorwort	1
2 Problemstellung, Forschungsbedarf und Projektziele	3
2.1 Projektphasen und Forschungsschwerpunkte	3
2.2 Aufbau eines deutschlandweiten Netzwerks von Pilotbetrieben	4
2.3 Wissenschaftliche Ziele zur Analyse und Bewertung von Klimawirkungen	5
2.4 Wissenschaftliche Ziele zur Analyse und Bewertung der Ressourceneffizienz	6
2.5 Wissenschaftliche Ziele zur Analyse und Bewertung der Haltungsbedingungen, des Medikamenteneinsatzes und des Tierwohls in der Milchviehhaltung	7
2.6 Gesamtbetriebliche Optimierung von Ressourceneffizienz und Tierwohl unter Einbindung ökonomischer Aspekte	8
2.7 Entwicklung und Praxiserprobung von Beratungsmodulen zur nachhaltigen Effizienzsteigerung unter Einbindung von Tierwohlaspekten	9
2.8 Forschungsbericht	10
2.9 Literatur	11
3 Methodischer Ansatz	15
3.1 Netzwerk Pilotbetriebe	15
3.2 Datenerfassung, Monitoring, Analytik	20
3.2.1 Flächenauswahl und Anlage von Testflächen	20
3.2.2 Analyse von Boden-, Pflanzen-, Futter- und Düngerproben	22
3.2.3 Betriebsdaten	22
3.2.4 Klima- und Witterungsdaten	24
3.3 Kommunikationsstruktur in der Projektphase ab 2014	25
3.3.1 Einleitung	25
3.3.2 Daten, Datenbank, Datenaustausch, Datenrechte	25
3.3.3 Projekttreffen	28
3.3.4 Workshops	28
3.3.5 Literatur	29
4 Forschungsberichte der Arbeitsgruppen	31
4.1 Analyse der ökologischen Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz mit Stoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzen	31
4.1.1 Einleitung	34
4.1.1.1 Problemstellung und Forschungsbedarf	34
4.1.1.2 Gegenstand und Ziel der Arbeit	38
4.1.2 Material und Methoden	39
4.1.2.1 Datenerfassung und Modellierung	39

4.1.2.2	Energiebilanzierung im Pflanzenbau	39
4.1.2.3	Nährstoffbilanzierung	41
4.1.2.4	Humusbilanzierung	43
4.1.2.5	Treibhausgasbilanzierung und Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit	44
4.1.3	Ergebnisse	46
4.1.3.1	Standortbedingungen und Betriebssysteme	46
4.1.3.2	Ertragsleistungen im Pflanzenbau	50
4.1.3.3	Energiebilanzen	55
4.1.3.4	Nährstoffbilanzen	59
4.1.3.5	Humusbilanzen	71
4.1.3.6	Treibhausgasbilanzen	73
4.1.3.7	Gesamtbewertung der ökologischen Nachhaltigkeit und der Ressourceneffizienz in den Pilotbetrieben	78
4.1.4	Diskussion	85
4.1.4.1	Methodendiskussion	85
4.1.4.2	Ergebnisdiskussion und Schlussfolgerungen	88
4.1.5	Literatur	97
4.2	Energie-, Klimaschutz und Nachhaltigkeitsberatung im Pflanzenbau – das Beratungstool HUNTER	107
4.2.1	Einleitung	108
4.2.2	Material und Methoden: Datengrundlage, Aufbau und Funktionsweise vom HUNTER	109
4.2.3	Ergebnisse	117
4.2.3.1	Kulturartenverteilung	118
4.2.3.2	Systemvergleich der Nachhaltigkeitsindikatoren der ökologischen und konventionellen Betriebe des Referenzdatensatzes	118
4.2.3.3	Systemvergleich des Produktionsverfahren Winterweizen der ökologischen und konventionellen Referenzbetriebe	127
4.2.4	Weiterentwicklungen und Anwendungsmöglichkeiten von HUNTER	129
4.2.5	Diskussion und Schlussfolgerungen	130
4.2.6	Literatur	131
4.3	Energie- und Treibhausgasbilanzen der Milchviehhaltung	133
4.3.1	Einleitung	134
4.3.2	Material und Methoden	136
4.3.3	Ergebnisse	141
4.3.3.1	Energiebilanz und Energieeffizienz der Milchviehhaltung	141
4.3.3.2	Treibhausgasemissionen der Milchviehhaltung	144
4.3.4	Diskussion	148
4.3.4.1	Methodendiskussion	148
4.3.4.2	Ergebnisdiskussion	151
4.3.4.3	Schlussfolgerungen	153
4.3.5	Literatur	154

4.4	Charakterisierung der Milchproduktion auf den Pilotbetrieben in Hinblick auf Milchleistungs- und Haltungparameter	159
4.4.1	Zielsetzung und Vorgehensweise	160
4.4.2	Ergebnisse	160
4.5	Charakterisierung des Managements sowie der Fütterungs- und Haltungssituation in der Kälber- und Jungviehaufzucht auf den Pilotbetrieben	171
4.5.1	Einleitung und Zielsetzung	172
4.5.2	Material und Methoden	172
4.5.3	Ergebnisse und Diskussion	173
4.5.3.1	Tränkekälber (Kat 0 und 1)	173
4.5.3.1.1	Management	173
4.5.3.1.2	Fütterung	177
4.5.3.1.3	Haltung	181
4.5.3.2	Abgesetzte Kälber (Kat 2) und Jungvieh (Kat 3 und 4)	185
4.5.3.2.1	Fütterung	185
4.5.3.2.2	Haltung	186
4.5.4	Schlussfolgerungen	199
4.5.5	Literatur	200
4.6	Problembereiche der Tierwohlsituation und mögliche Maßnahmen zu deren Verbesserung in den Milchviehbetrieben des PilotbetriebeNetzwerks	205
4.6.1	Einleitung	206
4.6.2	Material und Methoden	207
4.6.3	Ergebnisse und Diskussion	208
4.6.3.1	Problembereiche der Tierwohlsituation in den Milchviehbetrieben	208
4.6.3.2	Mögliche Maßnahmen mit dem Ziel einer Verbesserung der Tierwohlsituation in den Milchviehbetrieben	212
4.6.3.3	Potenzielle Umweltwirkungen von Maßnahmen mit dem Ziel einer Verbesserung der Tierwohlsituation in den Milchviehbetrieben	217
4.6.4	Schlussfolgerungen	219
4.6.5	Literatur	219
4.7	Einfluss der Wirtschaftsweisen auf die Tierwohlsituation in den Milchviehbetrieben auf Basis des Welfare Quality® Protokolls	227
4.7.1	Einleitung	228
4.7.2	Material und Methoden	229
4.7.3	Ergebnisse und Diskussion	233
4.7.4	Schlussfolgerungen	245
4.7.5	Literatur	245
4.8	Gesundheitsprobleme und Tierarzneimittelanwendungen auf den Milchviehbetrieben im Netzwerk der Pilotbetriebe	249
4.8.1	Einleitung	251
4.8.2	Material und Methoden	252
4.8.2.1	Datenerhebung	252

4.8.2.2	Tierkategorien nach HI-Tier	254
4.8.2.3	Milchleistung, Zellzahlklassenbesetzung und Fett-Eiweiß-Quotienten aus der Milchleistungsprüfung	256
4.8.2.4	Tierarzneimittelanwendungen nach tierärztlichen Anwendungs- und Abgabe belegen – Digitalisierung und anschließende Verknüpfung mit weiteren Daten	257
4.8.2.5	Ermittlung der Behandlungsgänge (BG)	259
4.8.2.6	Berechnung der antibiotischen Einzelgaben (AB EG) und der Therapiehäufigkeit (TH)	262
4.8.2.7	Produktbezogene Wirkstoffmengen nach Anwendungsart	263
4.8.2.8	Betriebsleitenden-Interview zur Tiergesundheit	264
4.8.2.9	Deskriptive Statistik	264
4.8.3	Ergebnisse und Diskussion	265
4.8.3.1	Tierzahlen und Milchleistung	265
4.8.3.2	Behandlungsgänge bei den Kälbern	266
4.8.3.3	Behandlungsgänge beim Jungvieh	275
4.8.3.4	Behandlungsgänge bei den Milchkühen	279
4.8.3.5	Eutergesundheit – somatische Zellgehalte	287
4.8.3.6	Stoffwechselerkrankungen – Fett-Eiweiß-Quotienten	290
4.8.3.7	Gesundheitsprobleme in den 12 Monaten vor Betriebsbesuch im Sommer 2015 – Interviewangaben im Vergleich zu den Behandlungsgängen	292
4.8.3.8	Euterentzündungen der Milchkühe – Vergleich von Behandlungsgängen und Zellzahlen aus der MLP im Kontext der Interviewangaben	298
4.8.3.9	Therapiehäufigkeit – antibiotische Einzelgaben pro Tier	301
4.8.3.10	Therapiehäufigkeit nach Wirkstoffklassen	304
4.8.3.11	Therapiehäufigkeit nach Diagnosen und Wirkstoffklassen	318
4.8.3.12	Therapiehäufigkeit nach Bedeutung für Human- und Tiermedizin	320
4.8.3.13	Antimikrobielle Wirkstoffmengen nach Anwendungsart	322
4.8.3.14	Therapiehäufigkeit auf ausgewählten Pilotbetrieben in verschiedenen Milchjahren zwischen 2008 und 2016	326
4.8.3.15	Weiterentwicklung von Beratungsansätzen zur Optimierung der Medikation in der Milchviehhaltung	331
4.8.4	Zusammenfassung wichtiger Daten und Bewertung	333
4.8.5	Danksagung	336
4.8.6	Literatur	336
4.9	Beratungsansatz und -instrument zur Tiergerechtigkeit und Tiergesundheit	
	- das Tierwohl-Tool Milchvieh	343
4.9.1	Einleitung	344
4.9.2	Aufbau und Funktionsweise des Tierwohl-Tools Milchvieh	345
4.9.3	Auswertung und Ergebnisdarstellung	351
4.9.4	Diskussion	353
4.9.5	Schlussfolgerungen und Ausblick	359

4.9.6	Danksagung	359
4.9.7	Literatur	359
4.10	Gesamtbetriebliche Optimierung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls in den Pilotbetrieben	361
4.10.1	Einleitung	362
4.10.2	Material und Methoden	363
4.10.3	Ergebnisse der Betriebsoptimierung	368
4.10.3.1	Pilotbetrieb PB 33, Region West	368
4.10.3.1.1	Kennzeichnung des Betriebes	368
4.10.3.1.2	Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen	369
4.10.3.1.3	Gesamtbetriebliches Optimierungsszenario zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls	374
4.10.3.1.4	Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien	375
4.10.3.2	Pilotbetrieb PB 43, Region West	379
4.10.3.2.1	Kennzeichnung des Betriebes	379
4.10.3.2.2	Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen	381
4.10.3.2.3	Gesamtbetriebliches Optimierungsszenario zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls	386
4.10.3.2.4	Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien	387
4.10.3.3	Pilotbetrieb PB 73, Region Nord	389
4.10.3.3.1	Kennzeichnung des Betriebes	389
4.10.3.3.2	Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen	390
4.10.3.3.3	Gesamtbetriebliches Optimierungsszenario zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls	395
4.10.3.3.4	Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien	396
4.10.3.4	Pilotbetrieb PB 85, Region Nord	400
4.10.3.4.1	Kennzeichnung des Betriebes	400
4.10.3.4.2	Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen	402
4.10.3.4.3	Gesamtbetriebliches Optimierungsszenario zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls	407
4.10.3.4.4	Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien	408
4.10.3.5	Pilotbetrieb PB 71, Region Nord	411
4.10.3.5.1	Kennzeichnung des Betriebes	411
4.10.3.5.2	Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen	413
4.10.3.5.3	Gesamtbetriebliches Optimierungsszenario zur Verbesserung der Ressourceneffizienz	415
4.10.3.5.4	Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien	416

4.10.3.6	Pilotbetrieb PB 40, Region West	419
4.10.3.6.1	Kennzeichnung des Betriebes	419
4.10.3.6.2	Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen	421
4.10.3.6.3	Gesamtbetriebliches Optimierungsszenario zur Verbesserung der Ressourceneffizienz	423
4.10.3.6.4	Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien	424
4.10.4	Diskussion der Betriebsoptimierung	426
4.10.4.1	Methodendiskussion	426
4.10.4.2	Ergebnisdiskussion und Schlussfolgerungen	429
4.10.5	Literatur	434
4.11	Praxisforschung – Feedback der Betriebsleiter aus dem Pilotbetriebe-Netzwerk	439
4.11.1	Einleitung	440
4.11.2	Material und Methoden	440
4.11.3	Ergebnisse	441
4.11.4	Diskussion	453
4.11.5	Literatur	455
4.12	Einfluss von Standort und Bewirtschaftung auf die Humus- und Nährstoffgehalte von Acker- und Grünlandböden	457
4.12.1	Einleitung	458
4.12.2	Material und Methoden	460
4.12.2.1	Probenahme und Analytik	460
4.12.2.2	Klimabedingungen	461
4.12.3	Ergebnisse und Diskussion	462
4.12.3.1	Unterschiede zwischen den Regionen	462
4.12.3.2	Unterschiede zwischen Marktfrucht- und Milchviehbetrieben	468
4.12.3.3	Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben	470
4.12.4	Schlussfolgerungen	477
4.12.5	Literatur	478
5	Publikationen	485
6	Generaldiskussion, Schlussfolgerungen und Ausblick	495
6.1	Etablierung und Pflege des Netzwerks der Pilotbetriebe als Grundlage transdisziplinärer Forschung	495
6.2	Ergebnisse der Forschungsarbeiten im Netzwerk der Pilotbetriebe	498
6.3	Schlussfolgerungen und Ausblick	502
6.4	Literatur	503
7	Danksagung	507

Abbildungsverzeichnis

3.1-1	Lage der Pilotbetriebe und Versuchsstationen.	19
3.2-1	Lage der Testflächen innerhalb der Schläge eines Pilotbetriebs.	20
3.2-2	Ideale Anordnung von ökologischer und konventioneller Testfläche.	21
3.2-3	Anordnung der Testflächen und Zusatzflächen.	22
3.3-1	Reiter Wissenstransfer auf der Webseite www.pilotbetriebe.de .	28
4.1-1	Energieflussschema im Pflanzenbau, Systemgrenzen und Energieflüsse. Beispiel für ein Pflanzenbausystem mit fünffeldriger Fruchtfolge.	40
4.1-2	Stickstoffkreislauf eines konventionellen Betriebes mit Tierhaltung, berechnet mit dem Modell REPRO. Darstellung der Stickstoffflüsse und Systemgrenzen der Hoftorbilanz, der flächenbezogenen Bilanz und der Stallbilanz.	42
4.1-3	Zusammenhang zwischen Energieinput und Energieoutput im Pflanzenbau, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche (mit energetischer Bewertung organischer Dünger).	58
4.1-4	Zusammenhang zwischen Stickstoffinput und Stickstoffsaldo im Pflanzenbau, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche (N-Salden ohne ΔN_{org}).	63
4.1-5	Zusammenhang zwischen Stickstoffinput und Stickstoffsaldo, bezogen auf das Ackerland, dargestellt sind die Mittelwerte der Pilotbetriebe im Untersuchungszeitraum (N-Salden ohne ΔN_{org}).	64
4.1-6	Zusammenhang zwischen Stickstoffinput und Stickstoffsaldo, bezogen auf das Grünland, dargestellt sind die Mittelwerte der Pilotbetriebe im Untersuchungszeitraum (N-Salden ohne ΔN_{org}).	64
4.1-7	Zusammenhang zwischen Klee grasanteil am Ackerland und Humussaldo.	73
4.1-8	Zusammenhang zwischen Energieinput und Treibhausgasemissionen im Pflanzenbau.	76
4.1-9	Zusammenhang zwischen C-Sequestrierung und flächenbezogenen Treibhausgasemissionen im Pflanzenbau, (mit Bewertung organischer Dünger).	77
4.1-10	Zusammenhang zwischen C-Sequestrierung und produktbezogenen Treibhausgasemissionen im Pflanzenbau (mit Bewertung organischer Dünger).	77
4.1-11	Netzdiagramm zur Gesamtbewertung der ökologischen Nachhaltigkeit. Relation zwischen ökologischen und konventionellen Pilotbetrieben (konventionelle Betriebe = 1,00).	81
4.1-12	Netzdiagramm zur Gesamtbewertung der ökologischen Nachhaltigkeit. Relation zwischen ökologischen und konventionellen Marktfruchtbetrieben (konventionelle Betriebe = 1,00).	82
4.1-13	Netzdiagramm zur Gesamtbewertung der ökologischen Nachhaltigkeit. Relation zwischen ökologischen und konventionellen Milchviehbetrieben (konventionelle Betriebe = 1,00).	83
4.1-14	Netzdiagramm zur Gesamtbewertung der ökologischen Nachhaltigkeit. Relation zwischen ökologischen Marktfruchtbetrieben und ökologischen Milchviehbetrieben (Milchviehbetriebe=1,00).	83
4.1-15	Netzdiagramm zur Gesamtbewertung der ökologischen Nachhaltigkeit. Relation zwischen konventionellen Marktfruchtbetrieben und konventionellen Milchviehbetrieben (Milchviehbetriebe = 1,00).	84
4.2-1	Ausschnitt aus HUNTER, Eingabebereich zur organischen Düngung.	110
4.2-2	Ergebnistabelle Humusbilanz (HE-Methode, dynamisch in kg Hu-C je ha) für einen Betrieb, Ausschnitt aus der Ergebnisdarstellung in HUNTER.	116

4.2-3	Nachhaltigkeitsbewertung für einen landwirtschaftlichen Betrieb. Ergebnisdarstellung als Netzdiagramm in HUNTER. Links unten die Gesamtbewertung, die mit 0,95 als hervorragend einzustufen ist.	117
4.2-4	Boxplots des Humussaldos (HE-Methode) der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER.	120
4.2-5	Korrelation zwischen dem Humussaldo (HE-Methode) und dem N-Saldo (Spearman'scher Korrelationskoeffizient $r_s = 0,594^{**}$; 2-seitig signifikant bei $p = 0,01$).	121
4.2-6	Zusammenhang zwischen der N-Zufuhr und dem N-Saldo (ohne Δ Norg Boden) der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER.	123
4.2-7	Beziehung zwischen Energie-Input und Netto-Energie-Output der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER.	125
4.2-8	Boxplots des Netto-Energie-Outputs [GJ ha^{-1}] der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER.	125
4.3-1	Energiebilanzierungsmodell der Milchviehhaltung: Systemgrenzen, Stoff- und Energieflüsse.	138
4.3-2	Energieeinsatz in MJ je kg ECM in Abhängigkeit von der Milchleistung je Kuh und Jahr.	143
4.3-3	Stoffwechselbedingte Methanemissionen je kg ECM in Abhängigkeit von der Milchleistung je Kuh.	147
4.3-4	Treibhausgasemissionen je kg ECM in Abhängigkeit von der Milchleistung je Kuh.	148
4.7-1	Definition von Tierwohl als multidimensionales Konzept nach Fraser (2008).	229
4.7-2	Vorgehensweise zur Gesamtbeurteilung des Wohlergehens landwirtschaftlicher Nutztiere nach dem Welfare Quality® Protokoll (WQ®, 2009).	230
4.8-1	Schema von Datenbasis, Methoden und Auswertungen, die für die Beschreibung der Tierarzneimittelanwendungen auf den Pilotbetrieben verwendet wurden. Die verschiedenen Graustufen zeigen die Zugehörigkeit der Methoden und Auswertungen zu den jeweiligen Datenbasen. In Klammern: Quellen.	254
4.8-2	Behandlungsgänge bei den Kälbern auf den einzelnen ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv) im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkt; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.	269
4.8-3	Behandlungsgänge der Kälber auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkt; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.	271
4.8-4	Behandlungsgänge beim Jungvieh auf den einzelnen ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv) im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkt; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.	278
4.8-5	Behandlungsgänge bei den Milchkühen auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv) im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkt; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.	280

4.8-6	Anteil der Milchkühe in den Zellzahlklassen ≤ 100.000 somatische (som.) Zellen ml^{-1} (eutergesund), > 100.000 bis ≤ 400.000 Zellen ml^{-1} (an unspezifischer Mastitis erkrankt, problematisch aus Tiergesundheitssicht) und > 400.000 Zellen ml^{-1} Milch (an unspezifischer Mastitis erkrankt, problematisch zusätzlich auch aus Lebensmittelhygienesicht) nach Daten der Milchleistungsprüfung im Mittel des Milchjahres 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv). Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkt; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.	289
4.8-7	Anteil Milchkühe innerhalb der ersten 100 Laktationstage mit einem Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ) $\geq 1,5$ sowie Anteil Milchkühe an allen Laktierenden mit einem FEQ $< 1,0$ nach Daten der Milchleistungsprüfung im Mittel des Milchjahres 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv).	291
4.8-8	Ergebnisse der Interviewfrage nach den Gesundheitsproblemen der Tränkekälber (in den vergangenen 12 Monaten vor dem Besuchsdatum im Sommer 2015) im Vergleich zu den Behandlungsgängen bei den Kälbern (≤ 14 d) (im Milchjahr 2015, 01.10.2014 - 30.09.2015) auf den ökologisch (ö; hier: $n=17$) und konventionell (k; $n=16$) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv). Mit M gekennzeichnet sind die Mediane in den Gruppen „Problem geäußert“ und „kein Problem geäußert“ nach System (ö, k) bzw. insgesamt innerhalb dieser Gruppen (g).	293
4.8-9	Ergebnisse der Interviewfrage nach Gesundheitsproblemen der Milchkühe (in den vergangenen 12 Monaten vor Betriebsbesuch im Sommer 2015) im Vergleich zu den Behandlungsgängen (im Milchjahr 2015, 01.10.2014 - 30.09.2015) auf den ökologisch (hier: $n=17$; ö) und konventionell ($n=16$; k) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv). Mit M gekennzeichnet sind die Mediane in den Gruppen „Problem geäußert“ und „kein Problem geäußert“ nach System (ö, k) bzw. insgesamt innerhalb dieser Gruppen (g). abTS = ausschließlich antibiotisches Trockenstellen; abTS+ZV = antibiotisches Trockenstellen und Zitzenversiegler; ZV = nur Zitzenversiegler.	295
4.8-10	Behandlungsgänge hinsichtlich Euterentzündungen der Milchkühe, Anteile eutergesunder Milchkühe (beide Milchjahr 2015, 01.10.2014 - 30.09.2015) und Interviewangaben zu entzündlichen Eutererkrankungen (in den vergangenen 12 Monaten vor Betriebsbesuch im Sommer 2015) auf den ökologisch (ö; $n=15$) und konventionell (k; $n=15$) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv). Mit M gekennzeichnet sind die Mediane in den Gruppen „Problem geäußert“ und „kein Problem geäußert“ nach System (ö, k) bzw. insgesamt innerhalb dieser Gruppen (g). abTS = ausschließlich antibiotisches Trockenstellen; abTS+ZV = antibiotisches Trockenstellen und Zitzenversiegler; ZV = ausschließlich Zitzenversiegler.	299
4.8-11	Therapiehäufigkeit der Kälber (≤ 14 d), des Jungviehs und der Milchkühe der ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetriebe im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015), dargestellt nach landwirtschaftlichem System. Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; Einzelwerte = Punkte; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkte außerhalb der Fühler; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler. Die Markierungen der Einzelwerte liegen nicht senkrecht übereinander, wenn dies das Erkennen der einzelnen Punkte behindern würde.	302
4.8-12	Therapiehäufigkeit (TH) (a) der Kälber (≤ 14 d), (b) des Jungviehs und (c) der Milchkühe auf den einzelnen ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv) im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015) in den Wirkstoffkategorien nach Einstufung der WHO (2017) in Bezug auf die Relevanz für die menschliche Gesundheit (1: HPCIA, Highest Priority Critically Important Antimicrobials, 2: CIA, High Priority Critically Important Antimicrobials, 3: HIA, Highly Important Antimicrobials). Mit M gekennzeichnet sind die Mediane der einzelnen drei Wirkstoffkategorien sowie die Mediane der gesamten Therapiehäufigkeit (1+2+3) in beiden landwirtschaftlichen Systemen.	307

4.8-13	Therapiehäufigkeit (a) der Kälber (≤ 14 d), (b) des Jungviehs und (c) der Milchkühe auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015) in den einzelnen Wirkstoffklassen der Kategorien nach WHO (2017) (1: HPCIA, Highest Priority Critically Important Antimicrobials, 2: CIA, High Priority Critically Important Antimicrobials, 3: HIA, Highly Important Antimicrobials) in Bezug auf die Relevanz für die menschliche Gesundheit. Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkt; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.	310
4.8-14	Prozentuale Therapiehäufigkeit (TH) pro Wirkstoffklasse an der gesamten Therapiehäufigkeit (a) der Kälber (≤ 14 d), (b) des Jungviehs und (c) der Milchkühe auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015) in den einzelnen Wirkstoffklassen der Kategorien nach WHO (2017) (1: HPCIA, Highest Priority Critically Important Antimicrobials, 2: CIA, High Priority Critically Important Antimicrobials, 3: HIA, Highly Important Antimicrobials) in Bezug auf die Relevanz für die menschliche Gesundheit. Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkt; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.	311
4.8-15	Therapiehäufigkeit in den Diagnosebereichen (a) Eutergesundheit und (b) Fruchtbarkeit der Milchkühe auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015) in den einzelnen Wirkstoffklassen der Kategorien nach WHO (2017) (1: HPCIA, Highest Priority Critically Important Antimicrobials, 2: CIA, High Priority Critically Important Antimicrobials, 3: HIA, Highly Important Antimicrobials) in Bezug auf die Relevanz für die menschliche Gesundheit. Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkt; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.	319
4.8-16	Therapiehäufigkeit in den auf den Pilotbetrieben eingesetzten Wirkstoffklassen, die sowohl für die Tiermedizin (OIE 2015: VCIA) als auch für die Humanmedizin (TÄHAV 2018: Umwidmungsverbot, Antibiotagrampfpflicht) als besonders wichtig eingestuft werden, wobei die Cephalosporine der 4. Generation in die Kategorie „Last Resort“ (letzte Reserve) nach WHO (2016) eingestuft werden. Dargestellt für die Kälber (≤ 14 d), das Jungviehs und die Milchkühe innerhalb der Gruppen der ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetriebe im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; Einzelwerte = Punkte; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkte außerhalb der Fühler; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.	321
4.8-17	Zeitreihe der Therapiehäufigkeit (a) der Kälber (≤ 14 d), (b) des Jungviehs und (c) der Milchkühe auf sieben ökologisch (öko) und sechs konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben in verschiedenen Milchjahren zwischen 2008 und 2016 (Bezugszeiträume jeweils 01.10. - 30.09.). PB Nr. 1-19 = ö, 20-35 = k.	327
4.8-18	Zeitreihe der Therapiehäufigkeit (a) der Kälber (≤ 14 d), (b) des Jungviehs und (c) der Milchkühe der Gruppen der sieben ökologisch (öko) und sechs konventionell (konv) wirtschaftenden und aller 13 (gesamt) Pilotbetriebe mit über 2015 hinausgehenden Datensätzen in verschiedenen Milchjahren zwischen 2008 und 2016 (Bezugszeiträume jeweils 01.10. - 30.09.).	329
4.9-1	Tabellenblatt 0 Hinweise im Tierwohl-Tool Milchvieh.	347
4.9-2	Tabellenblatt 1: Eingabe TIERBEURTEILUNG.	348
4.9-3	Tabellenblatt 2: Eingabe HALTUNG.	349
4.9-4	Tabellenblatt 3: Eingabe MLP.	350
4.9-5	Tabellenblatt 4.1: Ergebnis-Tabelle eines Beispielbetriebs.	352
4.9-6	Tabellenblatt 4.2: Netzdiagramm eines Beispielbetriebs.	353

4.9-7	TWT-Netzdiagramm: Mittelwerte der ökologisch und konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe aus der Wintererhebung.	354
4.10-1	Prinzip-Darstellung zur Ableitung und Umsetzung von betrieblichen Optimierungsstrategien.	364
4.10-2	Bewertungsfunktion für den Indikator „Flächenbezogener N-Saldo“, Modell REPRO (Hülsbergen, 2003).	365
4.10-3	Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 33 (2009 – 2015).	370
4.10-4	Phosphorkreislauf, Pilotbetrieb PB 33 (2009 – 2015).	371
4.10-5	Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 33, Ausgangssituation.	373
4.10-6	Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 33, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.	376
4.10-7	Beziehung zwischen Milchleistung und produktbezogenen THG-Emissionen, Betriebsvergleich, PB 33 ist farblich hervorgehoben.	377
4.10-8	Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 33, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.	377
4.10-9	Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 43 (2009 – 2015).	381
4.10-10	Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 43 (2009 – 2015).	382
4.10-11	Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 43, Ausgangssituation.	384
4.10-12	Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 43, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.	387
4.10-13	Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 43, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.	388
4.10-14	Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 73 (2009 – 2015).	391
4.10-15	Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 73 (2009 – 2015).	392
4.10-16	Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 73, Ausgangssituation.	394
4.10-17	Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 73, Ergebnis der Szenariorechnung.	397
4.10-18	Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 73, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.	398
4.10-19	Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 73, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.	399
4.10-20	Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 85 (2009 – 2015).	403
4.10-21	Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 85 (2009 – 2015).	403
4.10-22	Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 85, Ausgangssituation.	406
4.10-23	Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 85, Ergebnis der Szenariorechnung.	408
4.10-24	Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 85, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.	409
4.10-25	Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 85, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.	410
4.10-26	Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 71 (2009 – 2015).	414
4.10-27	Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 71 (2009 – 2015).	414
4.10-28	Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 71, Ergebnis der Szenario 1.	417

4.10-29	Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 71, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.	418
4.10-30	Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 40 (2009 – 2015).	421
4.10-31	Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 40 (2009 – 2015).	422
4.10-32	Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 40, Vergleich der Ausgangssituation mit den Szenarien 1 und 2.	425
4.10-33	Beziehung zwischen N-Input und N-Saldo im Pflanzenbau der Milchviehbetriebe. Die Optimierungsbetriebe sind farbig gekennzeichnet.	431
4.10-34	Beziehung zwischen N-Input und N-Saldo im Pflanzenbau der Marktfruchtbetriebe. Die Optimierungsbetriebe sind farbig gekennzeichnet.	432
4.10-35	Beziehung zwischen der Milchleistung pro Kuh und den produktspezifischen THG-Emissionen. Die Optimierungsbetriebe sind farbig gekennzeichnet.	433
4.11-1	Schulnotenbewertung des Projekts Pilotbetriebe durch die beteiligten Betriebsleiter (n=66).	442
4.11-2	Bereitschaft der Betriebsleiter zur weiteren Mitwirkung einem Referenznetzwerk, Antworten auf Frage 7: Können Sie sich vorstellen, auch weiterhin mit Datenlieferungen und Ideen zu einem Referenznetzwerk Pilotbetriebe beizutragen, welches Entwicklungen in der praktischen Landwirtschaft aufzeigt? (n=67).	451
4.12-1	Bodenartendiagramm der Bodenuntergruppen des Feinbodens. Die Graustufen stellen die Häufigkeit der jeweiligen Bodentextur der Beprobungsflächen dar (hell = selten; dunkel = häufig).	462
4.12-2	C _{org} (t ha ⁻¹) in der Region (a) Süd, (b) West, (c) Ost, (d) Nord, Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA) ergänzt mit Post-hoc- Tukey-HSD-Test.	464
4.12-3	C _{org} -Gehalte im Zusammenhang mit TPI der Flächen (a) im Ackerland in Tiefe 0-30 cm, und im Grünland in Tiefen (b) 0-10 cm, (c) 10-30 cm.	467
4.12-4	Paarweiser Vergleich der benachbarten ökologisch und konventionell bewirtschafteten Flächen in der Region Süden.	473
4.12-5	C _{org} (t ha ⁻¹) auf den (a) ökologisch und (b) konventionell bewirtschafteten Flächen in der Bodentiefe 0-30 cm.	474
4.12-6	Unterschiede in C _{org} -Vorräte (t ha ⁻¹) den Regionen, Bewirtschaftungssystemen und Betriebstypen. Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA), unterschiedliche Buchstaben stellen signifikante Unterschiede dar.	475
4.12-7	Unterschiede in P-Vorräte (kg ha ⁻¹) den Regionen, Bewirtschaftungssystemen und Betriebstypen. Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA), unterschiedliche Buchstaben stellen signifikante Unterschiede dar.	476

Tabellenverzeichnis

3.1-1	Kriterien für die Auswahl der Betriebe	16
3.1-2	Anbauverbände der ökologischen Betriebe	17
3.1-3	Nomenklatur der Pilotbetriebe	18
3.2-1	Parameter der Betriebsdatenerfassung	23
3.3-1	Datenquellen im Projekt Pilotbetriebe 2014-2020	26
3.3-2	Software und Programmiersprachen zur Datenaufbereitung im Projekt Pilotbetriebe 2014-2020	26
4.1-1	Standortbedingungen der Pilotbetriebe	46
4.1-2	Tierbesatz der Pilotbetriebe	47
4.1-3	Anbaustruktur der Pilotbetriebe	47
4.1-4	Intensitätskennzahlen im Pflanzenbau der Pilotbetriebe	50
4.1-5	Ertragskennzahlen (Frischmasseerträge) im Pflanzenbau der Pilotbetriebe	51
4.1-6	Energiebindung, Kohlenstoffbindung und Getreideeinheitenertrag im Pflanzenbau der Pilotbetriebe	52
4.1-7	Ertragsrelationen im Pflanzenbau der Pilotbetriebe	53
4.1-8	Energiebilanz des Pflanzenbaus der Pilotbetriebe, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche	55
4.1-9	Energiebilanz im Pflanzenbau der Pilotbetriebe, bezogen auf Ackerland und Grünland	57
4.1-10	Stickstoffbilanz im Pflanzenbau der Pilotbetriebe, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche	60
4.1-11	Stickstoffbilanz im Pflanzenbau der Pilotbetriebe, bezogen auf Ackerland und Grünland	62
4.1-12	Stickstoff-Stallbilanz der Milchviehbetriebe, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche	66
4.1-13	Stickstoff-Hoftorbilanz der Pilotbetriebe, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche	67
4.1-14	Phosphorbilanz der Pilotbetriebe, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche	68
4.1-15	Phosphor-Hoftorbilanz der Pilotbetriebe, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche	69
4.1-16	Kaliumbilanz der Pilotbetriebe, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche	70
4.1-17	Kalium-Hoftorbilanz der Pilotbetriebe, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche	71
4.1-18:	Humusbilanz der Pilotbetriebe, bezogen auf Ackerland, in kg Humus-C	72
4.1-19	Flächenbezogene Treibhausgasbilanz des Pflanzenbaus der Pilotbetriebe	74
4.1-20	Flächen- und produktbezogene Treibhausgasbilanz der Pilotbetriebe	75
4.1-21a	Indikatoren-gestützter Vergleich der Ertragsleistungen, Energie- und Nährstoffbilanzen ökologischer und konventioneller Pilotbetriebe	79
4.1-21b	Indikatoren-gestützter Vergleich der Nährstoff-, Humus- und Treibhausgasbilanzen ökologischer und konventioneller Pilotbetriebe	80
4.2-1	Aufteilung und Inhalt der 10 Excel-Arbeitsblätter im HUNTER Excel-Tool	109
4.2-2	Beispiele von Humussalden verschiedener Bilanzansätze für eine exemplarische konventionelle Fruchtfolge (Gerste-Raps-Weizen) mit jeweils 10 ha, Angaben in kg ha ⁻¹ Humus-C	112
4.2-3	Beispiel für die Berücksichtigung von Δ Norg aus dem Humuspool in den Stickstoffsaldo	113
4.2-4	Beispiele für übernommene Arbeitsgänge im HUNTER, in Anlehnung an REPRO	113

4.2-5	Implementierung von vorgeschlagenen THG-Emissionsquellen aus BEK (2016) in HUNTER	115
4.2-6	Ackerflächenanteil der Fruchtarten der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER	118
4.2-7	Humussalden (Ackerland) der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER	119
4.2-8	Kennwerte der Humusbilanzen (Ackerland) der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER	119
4.2-9	Mittelwertvergleiche der Parameter des Stickstoffhaushaltes der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER (einfaktorielle ANOVA; F-Test)	121
4.2-10	Spearman'sche Korrelationskoeffizienten (rs) zwischen N-Saldo und N-Zufuhr, sowie N-Entzug	122
4.2-11	Kennwerte der Energiebilanz der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER	124
4.2-12	Ausgewählte Spearman'sche Korrelationskoeffizienten (rs) zwischen Parametern des Energie-, Humus- und Stickstoffhaushaltes der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER	126
4.2-13	Ausgewählte Parameter für Winterweizen der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER	127
4.2-14	N-Bilanz aus HUNTER in einem hessischen Wasserschutzgebiet (4 Betriebe, 25,8 ha)	129
4.3-1	Betriebsdaten der untersuchten Pilotbetriebe mit Milchviehhaltung	140
4.3-2	Einsatz fossiler Energie (MJ (kg ECM) ⁻¹) in der Milchviehhaltung, differenziert nach Prozessen	141
4.3-3	Energieeffizienz und Flächenbedarf der Milcherzeugung	142
4.3-4	Übersicht der THG-Emissionen (g CO _{2eq} (kg ECM) ⁻¹) der Milchviehhaltung in den Pilotbetrieben einschließlich der Nachzucht	144
4.3-5	THG-Emissionen (g CO _{2eq} (kg ECM) ⁻¹) der Milchviehhaltung in den Pilotbetrieben, differenziert nach Prozessen	146
4.4-1	Ausgewählte Kennzahlen der Pilotbetriebe aus der Milchleistungsprüfung für den Zeitraum vom 01.10.2014 bis 30.09.2015, Mittelwert und Spannweite (Minimum - Maximum) differenziert nach Wirtschaftsweise (ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftende Betriebe)	161
4.4-2	Vorkommen verschiedener Stallsysteme und Laufflächenarten in der Haltung laktierender (LAK) und trockenstehender Kühe (TrS) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben	162
4.4-3	Gesamt- und Verkehrsflächenangebot im Stall sowie Sauberkeitsbeurteilung der Laufflächen in der Haltung laktierender (LAK) und trockenstehender Kühe (TrS) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben	163
4.4-4	Flächenangebot im Auslauf sowie deren Sauberkeitsbeurteilung in der Haltung laktierender (LAK) und trockenstehender Kühe (TrS) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben	163
4.4-5	Boxengestaltung bei Haltung der laktierenden (LAK) und trockenstehenden Kühe (TrS) in Liegeboxenlaufställen auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben	165
4.4-6	Tier-Liegeplatz-Verhältnis und Boxenbewertung hinsichtlich Sauberkeit und Verformbarkeit bei Haltung der laktierenden (LAK) und trockenstehenden Kühe (TrS) in Liegeboxenlaufställen auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben	166
4.4-7	Liegeflächenangebot und deren Bewertung hinsichtlich Sauberkeit und Verformbarkeit bei Haltung der laktierenden (LAK) und trockenstehenden Kühe (TrS) in Zweiflächenstallsystemen auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben	167

4.4-8	Gesamtflächenangebot (= Liegeflächenangebot) und deren Bewertung hinsichtlich Sauberkeit und Verformbarkeit bei Haltung der laktierenden (LAK) und trockenstehenden Kühe (TrS) in Einflächensystemen auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben	167
4.4-9	Fressplatzgestaltung in der Haltung laktierender (LAK) und trockenstehender Kühe (TrS) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben	168
4.4-10	Praktiziertes Weidesystem sowie durchschnittliche Anzahl an Weidetage pro Jahr und Weidestunden pro Tag in der Haltung laktierender (LAK) und trockenstehender Kühe (TrS) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben	169
4.5-1	Gestaltung des Abkalbbereichs auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks	174
4.5-2	Durchführung von Nabeldesinfektion sowie Enthornungspraxis auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks	177
4.5-3	Durchschnittliche Tränkedauer und -menge der Kälber auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks	179
4.5-4	Vorkommen von Ammenhaltung, Fütterung von Milchaustauscher (MAT) während der Tränkephase und stufenweisem Abtränken auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks	180
4.5-5	Vorkommen verschiedener Stallsysteme für die Jungviehkategorien (Kat) 1 bis 4 auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks	182
4.5-6	Stallflächenangebot und deren Sauberkeitsbeurteilung von Tränkekälbern in Einzelhaltung (Jungviehkategorie (Kat) 0) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks	183
4.5-7	Stallflächenangebot und deren Sauberkeitsbeurteilung von Tränkekälbern in Gruppenhaltung (Jungviehkategorie (Kat) 1) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks	184
4.5-8	Durchschnittliche Zusammensetzung der Jahresration (auf Trockensubstanzbasis) für den Altersabschnitt vom Abtränken der Kälber bis zur Kalbung bzw. Eingliederung der Färsen in die Herde der Laktierer (d. h. exklusive eventuell durchgeführter Vorbereitungsfütterung der Färsen) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks	186
4.5-9	Praktiziertes Weidesystem und durchschnittliche Weidetage pro Jahr für die Jungviehkategorien (Kat) 2 bis 4 auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks	187
4.5-10	Stallflächenangebot sowie Zugang zu Auslauf und Weide für die Jungviehkategorien (Kat) 2 bis 4 auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks	191
4.5-11	Stallflächenangebot und deren Sauberkeitsbeurteilung auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks bei Haltung der Jungviehkategorie (Kat) 2 bis 4 im Vollspaltensystem	191
4.5-12	Stallflächenangebot und deren Sauberkeitsbeurteilung auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks bei Haltung der Jungviehkategorie (Kat) 2 bis 4 im Einflächentiefstreusystem	192
4.5-13	Stallflächenangebot und deren Sauberkeitsbeurteilung auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks bei Haltung der Jungviehkategorie (Kat) 2 bis 4 im Zweifächensystem (beinhaltet Tiefstreu- und Tretmistställe)	193
4.5-14	Stallflächenangebot und deren Sauberkeitsbeurteilung auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks bei Haltung der Jungviehkategorie (Kat) 2 bis 4 im Liegeboxenlaufstall	194
4.5-15	Boxengestaltung auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks bei Haltung der Jungviehkategorien (Kat) 2 bis 4 im Liegeboxenlaufstall	195

4.5-16	Stallflächenangebot und deren Sauberkeitsbeurteilung auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben des PilotbetriebeNetzwerks bei Haltung der Jungviehkategorie (Kat) 2 bis 4 in Anbindung	195
4.5-17	Wasserversorgung für die Jungviehkategorie (Kat) 2 bis 4 auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des PilotbetriebeNetzwerks	197
4.5-18	Fressplatzgestaltung für die Jungviehkategorie (Kat) 2 bis 4 auf den auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des PilotbetriebeNetzwerks	199
4.6-1	Betriebe, die bei Betrachtung der 12 Kriterien des WQ® Protokolls (2009) Defizite aufwiesen, d. h. eine Bewertung von ≤ 40 Punkten erreichten (Anzahl (gesamt sowie differenziert nach ökologischer (öko) und konventioneller (konv) Wirtschaftsweise) sowie prozentualer Anteil an Betrieben (gesamt))	209
4.6-2	Betriebe mit identifiziertem Problem beim Liegekomfort (Kriterium „3. Liegekomfort“; Bewertung ≤ 40 Punkte), die in den vier zugrundeliegenden Indikatoren die im WQ® Protokoll (2009) angegebenen unteren Werte für ein „moderates Problem“ überschritten (Anzahl (gesamt sowie differenziert nach ökologischer (öko) und konventioneller (konv) Wirtschaftsweise) sowie prozentualer Anteil an Betrieben (gesamt))	209
4.6-3	Betriebe mit identifiziertem Problem beim Erkrankungsgeschehen (Kriterium „7. Abwesenheit von Krankheiten“; Bewertung ≤ 40 Punkte), die in den zehn zugrundeliegenden Indikatoren die im WQ® Protokoll (2009) angegebenen unteren Werte für eine „Warnung“ überschritten (Anzahl (gesamt sowie differenziert nach ökologischer (öko) und konventioneller (konv) Wirtschaftsweise) sowie prozentualer Anteil an Betrieben (gesamt))	210
4.7-1	Tierwohlgrundsätze, -kriterien und -messgrößen für Milchkühe (Welfare Quality® 2009, S. 69)	231
4.7-2	Werte der Beobachterübereinstimmung (PABAK) im Mittelwert (min-max) für die Winter- bzw. Sommererhebung	232
4.7-3	Ergebnisse der Gesamtbewertung („overall welfare score“) des Tierwohls für alle und ökologisch bzw. konventionell wirtschaftende Betriebe während der Winter- (WINTER) und Sommererhebung (SOMMER)	233
4.7-4	Anteile (in %) der Betriebe in den vier Bewertungs- bzw. Klassifizierungsstufen des WQ®-Protokolls nach Wirtschaftsweise während der Winter- (WINTER) und Sommererhebung (SOMMER). Des Weiteren die Verteilung der Betriebe mit (≥ 6 Stunden) und ohne Weidengang (< 6 Stunden) innerhalb der beiden Wirtschaftsweisen	234
4.7-5	Ergebnisse der vier WQ®-Grundsätze (fett markiert) und der 12 WQ®-Kriterien für alle (grau) und öko. bzw. konv. wirtschaftende Betriebe während der Wintererhebung (WINTER)	239
4.7-6	Ergebnisse der einzelnen Messgrößen des WQ®-Protokolls für alle (grau) und ökologisch bzw. konventionell wirtschaftende Betriebe während der Wintererhebung (WINTER)	240
4.7-7	Ergebnisse der vier WQ®-Grundsätze (in fett markiert) und der 12 WQ®-Kriterien für alle (grau) und öko bzw. konv wirtschaftende Betriebe während der Sommererhebung (SOMMER)	242
4.7-8	Ergebnisse der einzelnen Messgrößen des WQ®-Protokolls für alle (grau) und ökologisch bzw. konventionell wirtschaftende Betriebe während der Sommererhebung (SOMMER)	243
4.8-1	Anzahl Tiere in den Tierkategorien Kälber, Jungvieh und Milchkühe sowie durchschnittliche Jahresmilchleistung auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden bzw. allen (gesamt) Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015).	266
4.8-2	Bestand und Behandlungsgänge bei den Kälbern (≤ 14 d) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden bzw. allen (gesamt) Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Dargestellt ist die Anzahl geborener Kälber (grau unterlegt) und der prozentuale Anteil behandelter Kälber an den geborenen Kälbern.	268
4.8-3	Behandlungsmodi der Pilotbetriebe (PB) von Kälbern, die laut Behandlungsdokumentation unter Anwendung mindestens einer Gabe eines Tierarzneimittels enthornt wurden und die zugehörige Anzahl Pilotbetriebe, differenziert nach Wirtschaftsweise (ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftend bzw. alle PB (ges)) im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015).	272

4.8-4	Betriebe mit Parasitosen bei den Kälbern im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Dargestellt ist die Anzahl bzw. der Anteil der ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden bzw. aller (gesamt) Pilotbetriebe, auf denen Parasitosen behandelt wurden.	275
4.8-5	Bestand und Behandlungsgänge beim Jungvieh auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden bzw. allen (gesamt) Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Dargestellt sind die Anzahl des Jungviehs im Durchschnittsbestand (grau unterlegt) und der prozentuale Anteil behandelten Jungviehs am Durchschnittsbestand des Jungviehs.	276
4.8-6	Bestand, Milchleistung und Behandlungsgänge bei den Milchkühen auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden bzw. allen (gesamt) Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Dargestellt sind die Anzahl Milchkühe im Durchschnittsbestand, die jährliche Milchleistung pro Milchkuh (beides grau unterlegt) und der prozentuale Anteil behandelter Milchkühe am Durchschnittsbestand der Milchkühe in Prozent.	283
4.8-7	Pilotbetriebe (17 ökologisch (öko) und 16 konventionell (konv) wirtschaftende) mit Interview-Angabe von Gesundheitsproblemen in den zwölf Monaten vor dem Betriebsbesuch im Sommer 2015. Der Bezugszeitraum der Frage liegt, bezogen auf alle Pilotbetriebe, zwischen 14.07.2014 und 01.10.2015. Dargestellt ist Anzahl der Pilotbetriebe, die keine, ein, zwei oder drei Gesundheitsprobleme für die einzelnen Tierkategorien Tränkekälber, Jungvieh und Milchkühe angaben.	292
4.8-8	Prozentualer Anteil der Therapiehäufigkeit (% TH) an der gesamten Therapiehäufigkeit (vergl. Abbildung 5.8-14) nach Einstufung der WHO (2017) pro Wirkstoffklasse, Wirkstoff und Anwendungsart bei Kälbern, Jungvieh und Milchkühen, dargestellt als Median der ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden bzw. allen (ges.; graue Schrift) Pilotbetrieben (PB) im Milchjahr 2015 (01.10.2014-30.09.2015). Für alle PB ist zudem die Anzahl der antibiotischen Einzelgaben (nPDD) pro Wirkstoff und Anwendungsart angegeben sowie die Anzahl der PB, die Behandlungen mit dem jeweiligen Wirkstoff und in der jeweiligen Anwendungsart durchführten (n PB mit B.)	313
4.8-9	Summe der den Kälbern, dem Jungvieh und den Milchkühen der ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetriebe (PB) im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015) verabreichten Wirkstoffmengen pro 1.000 kg Milch (ECM), differenziert nach Anwendungsart und eingestuft in die Wirkstoffklassen der Kategorien nach WHO (2017). Zudem ist die Anzahl der antibiotischen Einzelgaben (nPDD) pro Wirkstoff und Anwendungsart angegeben sowie die Anzahl der PB (n PB), die den jeweiligen Wirkstoff einsetzen.	323
4.8-10	Vergleich der Therapiehäufigkeiten (in Tagen) auf 7 ökologisch (öko) und 6 konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv; gesamt = alle Betriebe) des Milchjahres 2015 mit den anderen ausgewerteten Milchjahren.	330
4.9-1	Indikatoren des Tierwohl-Tools Milchvieh aus den drei Teilbereichen Tierbeurteilung, Haltung & Management und Milchleistung	346
4.9-2	Mittelwerte der ökologisch und konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe aus dem Teilbereich Tierbeurteilung (N = 37: öko n = 19; konv n = 18; nur Daten der Wintererhebung)	355
4.9-3	Mittelwerte der ökologisch und konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe aus dem Teilbereich Haltung & Management (N = 37: öko n = 19; konv n = 18; nur Daten der Wintererhebung)	356
4.9-4	Mittelwerte der ökologisch und konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe aus dem Teilbereich Milchleistung (N = 37: öko n = 18; konv n = 16; nur Daten der Wintererhebung)	356
4.9-5	Mittelwerte der Winter- und Sommererhebung aller Pilotbetriebe aus dem Teilbereich Tierbeurteilung (N = 74: Winter n = 37; Sommer n = 37)	357
4.10-1	Übersicht der Indikatoren und Zielwerte zur Ressourceneffizienz und ökologischen Nachhaltigkeit des Pflanzenbaus	366
4.10-2	Standortbedingungen, Betriebsstruktur und Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 33 (2009 – 2015)	368
4.10-3	Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 33 (2009 – 2015)	369

4.10-4	Humus- und Nährstoffgehalte auf Dauertestflächen, Pilotbetrieb PB 33 (2009 – 2015)	371
4.10-5	Übersicht zum Haltungssystem, Pilotbetrieb PB 33	372
4.10-6	Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 33	374
4.10-7	Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 33	375
4.10-8	Standortbedingungen, Betriebsstruktur und Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 43 (2009 – 2015)	379
4.10-9	Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 43 (2009 – 2015)	380
4.10-10	Humusbilanz (dynamische Humuseinheitenmethode), Angaben in kg Humus-C je ha Ackerland, Pilotbetrieb PB 43 (2009 – 2015)	382
4.10-11	Übersicht zum Haltungssystem, Pilotbetrieb PB 43	383
4.10-12	Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 43	386
4.10-13	Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 43	386
4.10-14	Standortbedingungen, Betriebsstruktur u. Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 73 (2009 – 2015)	389
4.10-15	Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 73 (2009 – 2015)	390
4.10-16	Übersicht zum Haltungssystem, Pilotbetrieb PB 73	393
4.10-17	Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 73	395
4.10-18	Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 73	396
4.10-19	Standortbedingungen, Betriebsstruktur u. Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 85 (2009 – 2015)	401
4.10-20	Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 85 (2009 – 2015)	402
4.10-21	Humusbilanz (dynamische Humuseinheitenmethode), Angaben in kg Humus-C je ha Ackerland, Pilotbetrieb PB 85 (2009 – 2015)	404
4.10-22	Übersicht zum Haltungssystem, Pilotbetrieb PB 85	405
4.10-23	Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 85	407
4.10-24	Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 85	407
4.10-25	Standortbedingungen, Betriebsstruktur u. Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 71 (2009 – 2015)	412
4.10-26	Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 71 (2009 – 2015)	413
4.10-27	Humusbilanz (dynamische Humuseinheitenmethode), Angaben in kg Humus-C je ha Ackerland, Pilotbetrieb PB 71 (2009 – 2015)	415
Tabelle		Seite
4.10-28	Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 71	416
4.10-29	Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 71	416
4.10-30	Standortbedingungen, Betriebsstruktur u. Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 40 (2009 – 2015)	419
4.10-31	Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 40 (2009 – 2015)	420
4.10-32	Humusbilanz (dynamische Humuseinheitenmethode), Angaben in kg Humus-C je ha Ackerland, Pilotbetrieb PB 40 (2009 – 2015)	423
4.10-33	Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 40	423
4.10-34	Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 40	424
4.11-1	Antworten der Betriebsleiter zu ihren Erfahrungen aus dem bisherigen Netzwerk Pilotbetriebe	443

4.11-2	Feedback und Verbesserungsvorschläge der befragten Betriebsleiter im Netzwerk Pilotbetriebe	444
4.11-3	Durch die Betriebsleiter genannte Themen für eine Fortführung des Netzwerks Pilotbetriebe	448
4.11-4	Antworten der Betriebsleiter zu ihrer Motivation, zu möglichen Aktivitäten und Einsatz und zu weiteren Ideen bei einer Fortführung des Netzwerks Pilotbetriebe als Referenznetzwerk	451
4.11-5	Ideen und Anmerkungen der Betriebsleiter zum Thema Referenznetzwerk Pilotbetriebe	452
4.12-1	Parameter der bodenphysikalischen Analysen	460
4.12-2	Klimadaten der einzelnen Regionen. In Klammern stehen die minimalen und maximalen Werte	461
4.12-3	Vergleich der Regionen, Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus den Jahren 2015-2017 im Ackerland in Bodentiefe 0-30 cm, Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA) ergänzt mit Post-hoc-Tukey-HSD-Test	463
4.12-4	Vergleich der Regionen, Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus den Jahren 2015-2017 im Grünland in Bodentiefe 0-10 cm, Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA) ergänzt mit Post-hoc-Tukey-HSD-Test	465
4.12-5	Vergleich der Regionen, Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus den Jahren 2015-2017 im Grünland in Bodentiefe 10-30 cm, Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA) ergänzt mit Post-hoc-Tukey-HSD-Test	466
4.12-6	Vergleich der Marktfrucht- und Milchviehbetriebe, Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus den Jahren 2015-2017 im Ackerland in Bodentiefe 0-30 cm, Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA)	469
4.12-7	Vergleich der Marktfrucht- und Milchviehbetriebe, Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus den Jahren 2015-2017 im Grünland in Bodentiefen 0-10 cm und 10-30 cm	469
4.12-8	Vergleich der ökologischen und konventionellen Betriebe, Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus den Jahren 2015-2017 im Ackerland in Bodentiefe 0-30 cm, Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA)	470
4.12-9	Vergleich der ökologischen und konventionellen Betriebe, Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus den Jahren 2015-2017 im Grünland in Bodentiefe 0-10 cm, Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA)	472
4.12-10	Vergleich der ökologischen und konventionellen Betriebe, Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus den Jahren 2015-2017 im Grünland in Bodentiefe 10-30cm, Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA)	472

1 Vorwort

Der vorliegende Forschungsbericht bezieht sich auf die im Projektverbund *„Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten“* durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft unter den Förderkennzeichen 2812NA079 (TUM) und 2812NA129 (TI) geförderten Projekte.

Der vorliegende Bericht enthält die Ergebnisse der in den Jahren 2014 bis 2021 durchgeführten Untersuchungen (Projektphase 3). Die Untersuchungen bauen auf Forschungsarbeiten und Forschungsergebnisse im Projektverbund *„Netzwerk der Pilotbetriebe“* auf. Es handelt sich um die Projekte

- *„Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben (Projektphase 1 von 2008 bis 2013)“*¹,
- *„Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben (Projektphase 2 von 2013 bis 2014)“*².

Die Darstellung der Ergebnisse in einem projektübergreifenden Forschungsbericht ist fachlich begründet und erfolgt in Abstimmung mit allen Projektpartnern, der BLE und dem BMEL. Nach der Beschreibung der Projektziele, der verwendeten Methoden und Modelle erfolgt eine Darstellung und Diskussion der Ergebnisse der am Projekt beteiligten Arbeitsgruppen im Berichtszeitraum.

In den drei aufeinander aufbauenden Projekten bildet das Netzwerk der Pilotbetriebe, bestehend aus 40 ökologischen und 40 konventionellen Betrieben, die Grundlage der Forschungsarbeiten.

Zur Analyse von Umwelt- und Klimawirkungen kamen während des gesamten Untersuchungszeitraums gleichbleibende Untersuchungsmethoden zur Anwendung, um die Kontinuität des Forschungsprozesses und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu sichern. In Projektphase 3 (2014 bis 2021) wurden die Forschungsfragen deutlich erweitert. Im Mittelpunkt standen Untersuchungen zur Ressourceneffizienz, zur Optimierung der ökologischen Nachhaltigkeit, zur Treibhausgasminderung sowie zur Verbesserung des Tierwohls. In den Pilotbetrieben abgeleitete Optimierungsszenarien wurden hinsichtlich der Effekte auf die Ressourceneffizienz und das Tierwohl sowie hinsichtlich der wirtschaftlichen Umsetzbarkeit bewertet. Auf der Grundlage der Projektergebnisse wurden Schlussfolgerungen zur Gestaltung einer nachhaltigen, umwelt- und klimaverträglichen Landwirtschaft gezogen.

¹ Die Projekte wurden durch das Bundesprogramm Ökologischer Landbau (Förderkennzeichen 06OE160 und 06OE353) sowie mit Sondermitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz zur nationalen Klimaberichterstattung gefördert. Projektpartner waren die Technische Universität München, das Johann Heinrich von Thünen-Institut, die Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, die Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, die Bioland Beratung GmbH sowie 80 landwirtschaftliche „Pilotbetriebe“.

² Die Projekte wurden durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (Förderkennzeichen 06OE160 (TUM) und 06OE353 (OEL-TI)) gefördert. Projektpartner waren die Technische Universität München, das Johann Heinrich von Thünen-Institut, die Bioland Beratung GmbH sowie 80 landwirtschaftliche „Pilotbetriebe“.

2 Problemstellung, Forschungsbedarf und Projektziele

Harald Schmid, Hans Marten Paulsen, Kurt-Jürgen Hülsbergen

2.1 Projektphasen und Forschungsschwerpunkte

Im Verbundprojekt „*Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben*“ wurde in enger Kooperation von Forschung, Beratung und Praxis eine in Deutschland einzigartige Struktur für Forschungsarbeiten aufgebaut. In verschiedenen Agrarräumen Nord-, West-, Ost- und Süddeutschlands sind 40 ökologische und 40 konventionelle landwirtschaftliche Betriebe nach definierten Kriterien ausgewählt worden. Sie repräsentieren unterschiedliche Betriebstypen, Intensitätsniveaus und Standortbedingungen. In diesen Pilotbetrieben wurden mehrjährig Betriebsdaten erfasst und mit Modellen umfassend ausgewertet sowie leistungsfähige Monitoringsysteme mit georeferenzierten Testflächen eingerichtet.

Forschungsarbeiten und Forschungsergebnisse in Projektphase 1 (2008 bis 2013)

Von 2008 bis 2013 wurden in den Pilotbetrieben zwei aktuelle Forschungsthemen bearbeitet:

- die Analyse und Bewertung von Klimawirkungen (Emissionen der Treibhausgase (THG) CO₂, N₂O, CH₄) im Pflanzenbau und der Milchviehhaltung sowie die Ableitung von gesamtbetrieblichen THG-Minderungsstrategien,
- die Analyse und Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit in den Bereichen Bodenschutz (Schadverdichtung, Humushaushalt), Energieeffizienz und Stoffkreisläufe (Stickstoffeffizienz und Stickstoffverluste).

Die Projektergebnisse sind in drei Zwischenberichten, in zahlreichen Publikationen und Tagungsbeiträgen (z. B. Blank et al., 2013; Frank et al., 2013; Höhne et al., 2011; Kassow et al., 2010; Kassow et al., 2011; Peter et al., 2011; Paulsen et al., 2013) sowie in einem Forschungsbericht (Thünen-Report 8, Hülsbergen und Rahmann, 2013) veröffentlicht worden.

Forschungsarbeiten und Forschungsergebnisse in Projektphase 2 (2013 bis 2014)

Die Forschungsarbeiten knüpften direkt an die vorangegangenen Analysen an und basierten auf dem gleichen methodischen Ansatz sowie den gleichen Pilotbetrieben. Allerdings wurde die Datenbasis durch die Aufnahme weiterer Untersuchungsjahre und die Komplettierung der Datensätze wesentlich erweitert, wodurch die Aussagekraft gegenüber den vorherigen Auswertungen stieg. Damit wurde es möglich, nicht nur die Ausgangssituation zu analysieren, sondern auch Entwicklungsprozesse auf Betriebsebene hinsichtlich ihrer Klima- und Nachhaltigkeitswirkungen zu bewerten.

Bei den 2013 begonnenen Untersuchungen zum Tierwohl und zur Ressourceneffizienz ging es darum, für das Netzwerk der Pilotbetriebe geeignete Methoden auszuwählen, diese Methoden testweise anzuwenden bzw. für die Anwendung in den Pilotbetrieben anzupassen. Die Forschungsansätze kamen in ausgewählten Pilotbetrieben zum Einsatz, um den Datenbedarf, den Erfassungs- und Analyseaufwand zu bestimmen sowie Schlussfolgerungen zur Übertragbarkeit auf alle Pilotbetriebe zu ziehen.

Die Projektergebnisse wurden in einem Zwischenbericht und einem Forschungsbericht (Thünen-Report 29, Hülsgen und Rahmann, 2015) veröffentlicht.

Forschungsarbeiten und Forschungsergebnisse in Projektphase 3 (2014 bis 2021)

Aufbauend auf den umfangreichen Forschungsarbeiten in den Projektphasen 1 und 2 wurden in Projektphase 3 folgende Forschungsschwerpunkte bearbeitet:

- Analyse der Effizienz der eingesetzten Ressourcen (Nährstoffe, Energie, Boden) im Pflanzenbau, der Milchviehhaltung und auf gesamtbetrieblicher Ebene unter den Bedingungen des ökologischen und konventionellen Landbaus in Abhängigkeit von Standort, Betriebssystem, Produktionsintensität und Management,
- Ableitung von Möglichkeiten der Effizienzsteigerung durch nachhaltige Intensivierung und betriebliche Optimierung; Prüfung acker- und pflanzenbaulicher Strategien der Effizienzsteigerung und Treibhausgasminimierung,
- Analyse von Wechselwirkungen zwischen Haltungsbedingungen, Tierwohl, Tierarzneimittelnutzung, Umweltparametern und Ressourceneffizienz in der Milchviehhaltung; Prüfung von Strategien der Effizienzsteigerung in der Milchviehhaltung,
- Fortsetzung der Untersuchungen zu Treibhausgasemissionen des Pflanzenbaus und der Milchviehhaltung, um einen langjährigen Datensatz zu gewinnen und bewirtschaftungsbedingte Veränderungen der THG-Flüsse aufzuzeigen,
- ökonomische Bewertung von Optimierungsansätzen und Strategien der Effizienzsteigerung und Treibhausgasminimierung,
- Entwicklung und Praxiserprobung von Beratungsmethoden und Beratungsinstrumenten zur nachhaltigen Effizienzsteigerung und Treibhausgasminimierung.

Das Projekt war in zwei Module gegliedert:

- Modul I – Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen und Methoden zur Analyse und Bewertung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls sowie Praxiserprobung im Netzwerk der Pilotbetriebe (mit drei Arbeitspaketen) und
- Modul II – Entwicklung und Praxiserprobung von Beratungsmodulen zur nachhaltigen Effizienzsteigerung unter Einbindung von Tierwohlaspekten und ökonomische Wirkungen (mit vier Arbeitspaketen).

2.2 Aufbau eines deutschlandweiten Netzwerks von Pilotbetrieben

Ein wesentliches Projektziel bestand darin, mit dem Netzwerk von Pilotbetrieben optimale Voraussetzungen und Strukturen für langfristige, systemare Forschungsarbeiten zu schaffen. Zu Projektbeginn wurden 80 Pilotbetriebe nach genau definierten Kriterien ausgewählt (siehe Kapitel 3 Methodischer Ansatz). Um ein breites Spektrum an Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen zu erfassen, wurden vier Projektregionen gebildet:

- Region Süd: Tertiärhügelland Bayerns (Marktfrucht- und Milchviehbetriebe) und Allgäu (Milchviehbetriebe),
- Region West: Niederrheinische Bucht (Marktfrucht- und Milchviehbetriebe) und Grünland dominierte Mittelgebirgsstandorte (Milchviehbetriebe),
- Region Nord: niederschlagsreiche und niederschlagsarme Diluvialstandorte der Nord- und Ostsee-Küstenregionen (jeweils Marktfrucht- und Milchviehbetriebe),
- Region Ost: Lößstandorte des mitteldeutschen Trockengebiets (Marktfruchtbetriebe) und Diluvialstandorte der Altmark und des Spreewalds (Marktfrucht- und Milchviehbetriebe).

Das in Projektphase 1 etablierte Netzwerk der Pilotbetriebe wurde auch in Projektphase 2 und Projektphase 3 aufrechterhalten. Das Projekt wurde über den gesamten Untersuchungszeitraum so gestaltet, dass die Betriebsleiter und die Betriebsberater aktiv an dem Gesamtvorhaben teilnehmen konnten. Hierzu dienten zahlreiche Betriebsbesuche mit intensiven Diskussionen, die durchgeführten Betriebsleiterinterviews, die betriebsindividuelle Aufbereitung und Erläuterung der Projektergebnisse, die jährlich veranstalteten Regional-Workshops. In Projektphase 3 fand eine intensive Zusammenarbeit mit den Landwirten in den Optimierungs-Workshops statt.

Besonders hervorzuheben ist die Kontinuität der Untersuchungen im Netzwerk der Pilotbetriebe:

- Die Pilotbetriebe haben sich über die gesamte Projektlaufzeit an dem Vorhaben beteiligt.
- Das umfangreiche Datenerhebungsprogramm wurde in den Pilotbetrieben nach abgestimmten Methoden in hoher Qualität realisiert.

Der Daten- und Informationsaustausch im Projekt wurde über Datenbanken realisiert. In Projektphase 1 wurde hierzu die zentrale „Datendrehscheibe“ NutriWeb verwendet (Hülsbergen und Rahmann, 2013). Ab Projektphase 2 wurden Daten in einer projekteigenen Datenbank erfasst (siehe Kapitel 3.3 Kommunikationsstruktur). Die Datenerfassung in den Betrieben erfolgte nach einheitlichen Vorgaben durch verschiedene Bearbeiter, in Projektphase 1 und 2 überwiegend durch die Biolandberatung, in Projektphase 3 überwiegend durch das Ingenieurbüro für Ökologie und Landwirtschaft (IfÖL). Landwirte und Berater konnten die Projektergebnisse für einzelbetriebliche Auswertungen nutzen.

2.3 Wissenschaftliche Ziele zur Analyse und Bewertung von Klimawirkungen

In Projektphase 3 wurden die in Projektphase 1 und 2 durchgeführten Untersuchungen zu Klimawirkungen des Pflanzenbaus und der Milchviehhaltung fortgesetzt.

Die Milchviehhaltung ist national und global ein bedeutender Verursacher von Treibhausgas (THG)-Emissionen (FAO, 2006; UBA, 2019) und steht wegen der stoffwechselbedingten Methanemissionen im Fokus der gesellschaftlichen Diskussion über die Klimawirkungen der Nutztierhaltung (Deutscher Bundestag, 2016). Es gibt zahlreiche wissenschaftliche Studien, in denen THG-Flüsse der Milchviehhaltung analysiert und Maßnahmen zur THG-Minderung geprüft werden (Thomassen et al., 2008; FAO, 2010; Bell et al., 2011; Hörtenhuber et al., 2011; Vellinga et al., 2011; Zehetmeier et al., 2012; Grandl et al., 2019). Oftmals waren die Untersuchungen auf die Methanemissionen in Abhängigkeit von Fütterung und Milchleistung fokussiert (Kirchgeßner et al., 1991; Jentsch et al., 2007), nur wenige wissenschaftliche Arbeiten haben den Anspruch, alle relevanten THG-Flüsse der Milchviehhaltung zu quantifizieren.

Bei der Analyse von THG-Emissionen ist der Untersuchungsgegenstand „Landwirtschaftlicher Betrieb“ von herausragender Bedeutung. Wenngleich es umfassende Untersuchungen zu Teilprozessen von THG-Emissionen in der Landwirtschaft gibt, so fehlen doch ganzheitliche betriebliche Analysen. Fast immer werden pflanzliche oder tierische Produktionssysteme isoliert betrachtet, beispielsweise bei produktbezogenen Carbon Footprints (Produktökobilanzen) – ohne Berücksichtigung der innerbetrieblichen Interaktionen. Dies kann zu Fehlbewertungen führen. THG-Minderungsstrategien sollten nicht nur auf Einzelmaßnahmen, sondern auf gesamtbetriebliche Optimierungen der Stoffkreisläufe und Energieflüsse ausgerichtet werden. Die Untersuchung von Stoffkreisläufen unter Verwendung von Modellen bietet daher viele Ansatzpunkte, die Ursachen von THG-Emissionen aufzuklären und Maßnahmen zur Emissionsminderung abzuleiten.

Auf der Basis von Betriebsdaten wurde in den Pilotbetrieben eine Systembewertung der Klimawirkungen vorgenommen, die alle relevanten Treibhausgasflüsse einschließt. Gegenüber bisherigen Arbeiten¹, die nur Teilsysteme und ausgewählte Stoffströme berücksichtigen oder auf Literaturdaten beruhen, wurde damit eine neue Qualität und Bearbeitungstiefe angestrebt. Im Netzwerk der Pilotbetriebe war es möglich, konkrete Situationen in ökologischen und konventionellen landwirtschaftlichen Betrieben (Standortbedingungen, Ertrags- und Leistungsniveau, Futterregime, Haltungsbedingungen etc.) in ihrem Einfluss auf die Klimabilanz zu analysieren, während vorangegangene Studien, auch im Rahmen der Klimaberichterstattung, überwiegend auf Durchschnittswerten der Literatur und stark vereinfachenden Annahmen basieren. Die Projektergebnisse (siehe Kapitel 4.1 Analyse der ökologischen Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz mit Stoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzen und Kapitel 4.3 Energie- und Treibhausgasbilanzen der Milchviehhaltung) belegen die große Variabilität der flächen- und produktbezogenen Treibhausgasemissionen der Pilotbetriebe.

2.4 Wissenschaftliche Ziele zur Analyse und Bewertung der Ressourceneffizienz

Die Steigerung der Ressourceneffizienz ist ein vorrangiges Ziel der Agrarforschung der nächsten Jahrzehnte, das ökologische und konventionelle Betriebssysteme gleichermaßen betrifft. Angesichts knapper Ressourcen, dem wachsenden Bedarf an Nahrungsmitteln sowie der zu erwartenden negativen Effekte des Klimawandels kommt der Steigerung der Stoff- und Energieeffizienz zentrale Bedeutung zu (Godfray et al., 2010). Zur Erhöhung der Ressourceneffizienz wird vielfach eine Intensivierung der Produktion gefordert, die allerdings den Boden-, Klima- und Tierschutz sowie Nachhaltigkeitsaspekte ausreichend berücksichtigen muss (Tilman et al., 2002; Banwart, 2011); hierfür steht der Begriff „*sustainable intensification*“ (The Royal Society, 2009; Foley et al., 2011; Leopoldina, 2012).

¹ Es gibt inzwischen mehrere internationale Publikationen, die eine Systembewertung der Milchviehhaltung vornehmen (z. B. FAO, 2006 und 2010). Gegenüber früheren Arbeiten haben sie den Anspruch, im Rahmen einer Ökobilanz (Life Cycle Assessment) alle relevanten Treibhausgasflüsse einschließlich der Emissionen durch Landnutzungsänderungen einzubeziehen. Sie geben einen Überblick über die globalen Bedingungen, über Einflussfaktoren und Optimierungsansätze. Sie können aber nicht im Detail die Situation bodenklimatischer Regionen sowie ökologischer und konventioneller Betriebe beschreiben; hierzu fehlt die Datenbasis.

Effizienz ist allgemein das Verhältnis zwischen einem definierten Nutzen und dem Aufwand, der zu dessen Erreichung notwendig ist. Bezogen auf landwirtschaftliche Systeme ist der Nutzen ein landwirtschaftliches Produkt (Weizen, Milch, Fleisch, ...), der Aufwand umfasst den Einsatz begrenzter Ressourcen (Energie, Nährstoffe, Wasser, Boden, ...). Wichtige Effizienzindikatoren zur Analyse landwirtschaftlicher Systeme sind:

- die Energieeffizienz (Hülsbergen et al., 2001, Leopoldina, 2012),
- die Stickstoffeffizienz (Küstermann et al., 2010),
- die Wassernutzungseffizienz (Schittenhelm, 2011),
- die Landnutzungseffizienz (Tuomisto et al., 2012; Lin et al., 2017; Bryzinski, 2020).

Die Erträge und Leistungen im Pflanzenbau und in der Tierhaltung haben besondere Bedeutung für die Ressourceneffizienz. Alle o. g. Effizienzparameter – die Energie-, die Stickstoff-, die Wassernutzungs- und Landnutzungseffizienz – werden maßgeblich durch die Ertragsleistungen bestimmt. Die Ertragsrelation zwischen ökologischen und konventionellen Systemen rücken zunehmend in den Fokus wissenschaftlicher Untersuchungen (Badgley et al., 2006; Seufert et al., 2012). Damit direkt im Zusammenhang stehen der Flächenbedarf zur Erzeugung einer bestimmten Produktmenge sowie die sich daraus (zumindest theoretisch) ergebende Fläche für alternative Nutzungen, z. B. Fläche für den Naturschutz oder die Bioenergieerzeugung (Tuomisto et al., 2012).

Die Ressourceneffizienz landwirtschaftlicher Betriebssysteme ist unter deutschen Produktionsbedingungen nur unzureichend untersucht. Aktuelle Entwicklungen in der Landwirtschaft (Spezialisierung, Intensivierung, Bioenergieerzeugung, ...) können in ihrem Einfluss auf die Stoff-, Energie- und Nährstoffeffizienz nicht sicher beurteilt werden; hierzu fehlten bisher auch die methodischen Grundlagen. Die Effekte differenzierter Standortpotenziale, unterschiedlicher Produktionsintensitäten, aber auch Wirkungen der Betriebsstrukturen und Anbauverfahren auf die Effizienz der eingesetzten Ressourcen sind nicht systematisch analysiert. Es ist weitgehend unklar, wie sich die Ressourceneffizienz im ökologischen Landbau (überwiegend Low-Input-Systeme mit artenreichen Fruchtfolgen, N₂-Fixierung, Aufbau von Bodenfruchtbarkeit, betrieblichen Stoffkreisläufen, gezielter Nutzung von Ökosystemleistungen) von der im konventionellen Landbau (überwiegend High-Input-Systeme mit Stoff- und Energieinputs durch Dünge- und Pflanzenschutzmittel, Futtermittelzukauf) unterscheidet und welche Optionen zur Effizienzsteigerung auf betrieblicher Ebene bestehen.

2.5 Wissenschaftliche Ziele zur Analyse und Bewertung der Haltungsbedingungen, des Medikamenteneinsatzes und des Tierwohls in der Milchviehhaltung

Bei Nachhaltigkeits- und Effizienzanalysen der Tierhaltung sind zusätzlich die Haltungsbedingungen, die Tiergesundheit, die Tiergerechtheit und die Tierwohlaspekte von großer Relevanz (Sanders und Heß, 2019). Nach Auffassung der Deutschen Agrarforschungsallianz wird die weltweite Verschärfung der Ressourcenknappheit bei steigender Nachfrage nach Lebensmitteln tierischer Herkunft den Trend zur Intensivierung verstärken. Andererseits werden die Haltungsbedingungen und der Tierarzneimitelesatz intensiver Tierproduktionssysteme von einem Großteil der deutschen Bevölkerung kritisch gesehen. Um

den Dauerkonflikt um die Nutztierhaltung zu lösen, sind große Anstrengungen in der Forschung notwendig, u. a. die Entwicklung praxistauglicher Indikatorensysteme, mit denen der Zustand der Nutztierhaltung parametrisiert und beschrieben sowie Verbesserungen nachgewiesen werden können (DAFA, 2012).

Für eine wissenschaftliche Gesamtbewertung des Wohlbefindens landwirtschaftlicher Nutztiere sind die *Welfare Quality*® Protokolle entwickelt worden, die als bester verfügbarer Standard in der Wissenschaft gelten. Wichtige Indikatoren für die Beurteilung des Tierwohls bei Milchkühen, die auch Bestandteil des *Welfare Quality*® assessment protocol for cattle (Welfare Quality® 2009) sind, sind die Bereiche

- Eutergesundheit: Anteil Kühe mit Schmutz an Euter, Hinterbeinen, Bauch (Faye und Barnouin, 1985; Leach et al., 2009a),
- Stoffwechselgesundheit: Anteil über- und unterkonditionierter Kühe (Metzner et al., 1993; Leach et al., 2009b) und Anteil Kühe mit zu dünnem Kot (Canali et al., 2009),
- Allgemeingesundheit: Anteil Kühe mit Nasen-, Augen-, Vulvausfluss, mit erhöhter Respirationsrate (Canali et al., 2009),
- Klauen-/Gliedermaßengesundheit: Anteil klinisch und hochgradig lahmer Kühe (Leach et al., 2009c; Winckler und Willen, 2001), mit Karpus- und Tarsusveränderungen (Schulze Westerath et al., 2009),
- Verletzungen: Anteil Kühe mit Integumentschäden an Flanke, Hinterbein und Schulter/ Nacken/ Rücken (Schulze Westerath et al., 2009),
- Verhalten: positive Ausstrahlung der Herde (*Qualitative Behaviour Assessment*) (Wemelsfelder et al., 2009), Mensch-Tier-Beziehung (Ausweichdistanz am Fressgitter) (Windschnurer et al., 2009), Liegeverhalten (Dauer der Abliegevorgänge) (Brörkens et al., 2009), Sozialverhalten (Anzahl agonistischer Verhaltensweisen je Kuh und Stunde) (Laister et al., 2009).

Bisher ist weitgehend unklar, ob es systembedingte Unterschiede zwischen ökologisch und konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben in Hinblick auf das Tierwohl und den Einsatz von Tierarzneimitteln gibt (vgl. Sanders und Heß, 2019). Eine Verknüpfung von Tierwohlindikatoren und anderen Indikatoren der Nachhaltigkeit wie der Ressourceneffizienz wurde in der Wissenschaft bislang nicht systematisch vorgenommen; auch hier fehlt es bislang teilweise an methodischen Grundlagen.

2.6 Gesamtbetriebliche Optimierung von Ressourceneffizienz und Tierwohl unter Einbindung ökonomischer Aspekte

Bei der Umsetzung betrieblicher Entwicklungs- und Optimierungsstrategien sind deren ökonomische Effekte oftmals ausschlaggebend. Wenn beispielsweise zwei unterschiedliche Maßnahmen zur Verfügung stehen, die sich hinsichtlich der Ressourceneffizienz nicht wesentlich voneinander unterscheiden, würde vermutlich die Maßnahme mit den geringeren Kosten bzw. höheren Erlösen bevorzugt werden. Deshalb ist es wichtig, eine stoffliche Effizienzbewertung um eine ökonomische Analyse und um Analysen des Tierwohls zu ergänzen. Um eine stärkere Verbreitung ressourceneffizienter Bewirtschaftungsmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Praxis zu erreichen, kommt es darauf an, dass die Politik geeignete Anreizsysteme implementiert. Ohne eine agrarpolitische Lenkung ist unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen nicht davon auszugehen, dass es zu einer weiteren nennenswerten Verbreitung ressourceneffizienter Maßnahmen kommt bzw. es zu lange dauert, bis neue effizientere Techniken in die Praxis

umgesetzt werden (OECD, 2012). Grundsätzlich gilt, dass ein finanzieller Förderschwerpunkt auf Maßnahmen gelegt werden sollte, die zur größten Ressourceneinsparung und zu den geringsten Kosten führen und die zugleich umwelt- und tiergerecht sind. Dies müssen nicht zwangsläufig die Maßnahmen sein, die sich durch die höchste stoffliche Ressourceneffizienz auszeichnen.

Das Netzwerk der Pilotbetriebe bietet die Möglichkeit, ausgehend von den vorangegangenen Arbeiten und verfügbaren Daten sowie den Modellergebnissen zu Stoff- und Energieflüssen auf Betriebsebene, Untersuchungen zur Ressourceneffizienz und zum Tierwohl durchzuführen und ausgewählte Strategien der Effizienzsteigerung zu prüfen. Die neuen Fragestellungen der Ressourceneffizienz und der Rolle des Tierwohls im Kontext der Umweltwirkungen von landwirtschaftlichen Systemen knüpfen direkt an die bisherigen Arbeiten zur ökologischen Nachhaltigkeit und zu Treibhausgasemissionen an. Damit wird die Kontinuität des Forschungsprozesses realisiert.

Der innovative Charakter des Projektes ergibt sich aus der Neuentwicklung wissenschaftlicher Methoden und praxisanwendbarer Beratungsinstrumente sowie deren umfassender Anwendung in einer großen Zahl unterschiedlich strukturierter Betriebe. Untersuchungsschwerpunkte sind:

- die Entwicklung neuer Methoden, Indikatoren und Bewertungsansätze zur Analyse und Beurteilung der Ressourceneffizienz auf Betriebszweigebe und gesamtbetrieblicher Ebene,
- die Erarbeitung und Praxiserprobung von Beratungsmethoden und Beratungstools zur Effizienzsteigerung,
- die Ableitung und Praxiserprobung acker- und pflanzenbaulicher Strategien der nachhaltigen Effizienzsteigerung,
- die Verknüpfung von Ergebnissen der Beurteilung des Tierwohls, zum Tierarzneimitelesinsatz und zur Produktivität mit den gesamtbetrieblichen bzw. produktbezogenen Umweltwirkungen – daraus die Ableitung von nachhaltigen Optimierungsstrategien in der Milchviehhaltung (z. B. Synergieeffekte einer Verbesserung des Fütterungsregimes, der Haltungsbedingungen und der Umweltwirkungen in Bezug auf Tierwohl und Produktivität),
- die ökonomische Bewertung der innerbetrieblichen Ressourceneffizienz und Analyse der ökonomischen Vorzüglichkeit verschiedener Bewirtschaftungsstrategien.

2.7 Entwicklung und Praxiserprobung von Beratungsmodulen zur nachhaltigen Effizienzsteigerung unter Einbindung von Tierwohlaspekten

In der Projektphase 3 bestand ein vorrangiges Projektziel darin, neue Beratungstools zur Energieeffizienz- und Klimaschutzberatung im Pflanzenbau sowie zu Haltungsbedingungen und Tiergerechtigkeit in der Milchviehhaltung zu entwickeln und in den Pilotbetrieben zu erproben. Die neuen Beratungsinstrumente sollen auf den wissenschaftlichen Methoden und Modellen aufbauen, die im Netzwerk der Pilotbetriebe zur Anwendung kommen – insbesondere auf dem Modell REPRO und dem Welfare Quality Protocol®. Die Erfahrungen aus der Datenerfassung, Modellierung und dem Ergebnistransfer sollten in die Entwicklung der Praxis-Tools einfließen.

Die Entwicklungsarbeiten wurden in vollem Umfang realisiert. Es wurde das Excel-basierte Beratungswerkzeug HUNTER (Humus-, Nährstoff-, Treibhausgas- und Energiebilanz-Rechner) erarbeitet. HUNTER basiert auf REPRO-Algorithmen und Koeffizienten sowie Modellrechnungen in den Pilotbetrieben.

Die Methoden in HUNTER wurden gegenüber dem wissenschaftlichen Modell REPRO für die Anwendung in der praktischen Beratung landwirtschaftlicher Betriebe angepasst. Ziel war es dabei, Beratern und Landwirten ein möglichst einfaches, aber dennoch aussagefähiges Werkzeug zur eigenständigen Analyse und Ermittlung wichtiger Nachhaltigkeitskriterien ihrer landwirtschaftlichen Betriebe bereitzustellen. Das Modell und die Ergebnisse der Modellerprobung sind in Kapitel 4.2 Energie-, Klimaschutz und Nachhaltigkeitsberatung im Pflanzenbau – das Beratungstool HUNTER beschrieben.

Um das Tierwohl stärker in der betrieblichen Beratung zu berücksichtigen wurde das „Tierwohl-Tool Milchvieh“ (TWT) entwickelt. Dieses Beratungsinstrument ist ein einfach anzuwendendes Excel-Tool, das von Beratern, aber auch den Landwirten selbst eingesetzt werden kann. Der Landwirt kann damit die Bewertung des Tierwohls der Milchkühe eigenständig durchführen. Basierend auf den Erhebungen und Erfahrungen im Netzwerk Pilotbetriebe bei der Erfassung nach dem Welfare Quality Protocol® wurden für das TWT 13 Indikatoren aus den drei Bereichen Tierbeobachtung, Haltung und Management sowie Milchleistungsprüfung festgelegt. Nach der Erfassung der Tierwohlindikatoren vor Ort auf dem landwirtschaftlichen Betrieb erfolgt eine Bewertung der einzelnen Indikatoren in Tabellenform sowie in einem Netzdiagramm. Abschließend findet ein Vergleich zu anderen Referenzbetrieben aus dem Netzwerk Pilotbetriebe sowie mit anerkannten Zielwerten statt (siehe Kapitel 4.9 Beratungsansatz und -instrument zur Tiergerechtigkeit und Tiergesundheit - das Tierwohl-Tool Milchvieh).

2.8 Forschungsbericht

Im vorliegenden Forschungsbericht werden der methodische Ansatz des Projektes und die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungsjahre 2014 – 2021 dargestellt und umfassend diskutiert. Die Ergebnisdarstellung orientiert sich an den Untersuchungsschwerpunkten und Teilprojekten der beteiligten Arbeitsgruppen. Wichtige Zielsetzungen hierbei sind,

- die methodischen Fortschritte und Innovationen darzustellen, beispielsweise die Modellentwicklung und die Verbesserung der Datenbasis für die Modellierung,
- die Entwicklung und Praxiserprobung neuer Beratungsinstrumente (das Excel-basierte Beratungswerkzeug HUNTER (Humus-, Nährstoff-, Treibhausgas- und Energiebilanz-Rechner und das Tierwohl-Tool Milchvieh (TWT),
- die Ergebnisse der Stoff-, Energie- und Treibhausgasflüssen im Pflanzenbau und der Milchviehhaltung zu bewerten und einzuordnen,
- die Ergebnisse zur Analyse und Bewertung der Ressourceneffizienz darzustellen,
- Beratungsansätze zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit zu entwickeln und zu testen.

2.9 Literatur

Badgley C, Moghtader J, Quintero E, Zakem E, Chappell M J, Avilés-Vázquez K, Samulon A, Perfecto I (2006) Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems* 22:86-108

Banwart S (2011) Save our soils. *Nature* 474:151-152

Bell MJ, Wall E, Russel G, Simm G, Stott AW (2011) The effect of improving cow productivity, fertility and longevity on the global warming potential of dairy systems. *Journal of Dairy Science* 94:3662-3678

Blank B, Schaub D, Paulsen HM, Rahmann G (2013) Vergleich von Leistungs- und Fütterungsparametern in ökologischen und konventionellen Milchviehbetrieben in Deutschland. *Landbauforsch. Appl Agric Forestry Res* 1, 63:21-28

Brörkens N, Plesch G, Laister S, Zucca D, Winckler C, Minero M, Knierim U (2009) Reliability testing concerning behaviour around resting in cattle in dairy cows and beef bulls. In: Forkman, B., Keeling, L. (ed.): *Assessment of Animal Welfare Measures for Dairy Cattle, Beef Bulls and Veal Calves*. Welfare Quality Reports No. 11:7-24

Bryzinski T (2020) Erträge, Energieeffizienz und Treibhausgasemissionen ökologischer und konventioneller Pflanzenbausysteme – methodische Einflüsse und feldexperimentelle Ergebnisse. Dissertation. Technische Universität München

Canali E, Whay HR, Leach KA (2009) Cattle health status. In: Forkman B, Keeling L (eds.) *Assessment of animal welfare measures for dairy cattle, beef bulls and veal calves*. Welfare Quality Reports No. 11, Cardiff University, 77-88. ISBN 1-902647-80-7

DAFA (2012) Fachforum Nutztiere. Strategie der Deutschen Agrarforschungsallianz (DAFA). Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut Braunschweig

Deutscher Bundestag (2016) Statistische Angaben zu Treibhausgasen aus Landwirtschaft und Forstwirtschaft. Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages, Aktenzeichen: WD 5 - 3000 - 068/16

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2006) *Livestock's long shadow. Environmental issues and options*. FAO Rome

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2010) *Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A Life Cycle Assessment*. FAO Rome

Faye B, Barnouin J (1985) Objectivation de la propreté des vaches laitières et des stabulations - l'indice de propreté. *Bull Techn C R Z V Theix, INRA* 59:61-67

Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, Mueller ND, O'Connell C, Ray DK, West PC, Balzer C, Bennett EM, Carpenter SR, Hill J, Monfreda C, Polasky S, Rockström J, Sheehan J, Siebert S, Tilman D, Zaks DPM (2011) Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478:337-341

Frank H, Schmid H, Hülsbergen K-J (2013) Modelluntersuchungen zu Treibhausgasemissionen der ökologischen und konventionellen Milcherzeugung. In: Neuhoﬀ D. et al. (Hrsg.) Ideal und Wirklichkeit: Perspektiven ökologischer Landbewirtschaftung. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5.-8. März 2013, 664-667

Godfray HC, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas SM, Toulmin C (2010) Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science* 327:812-818

Grandl F, Furger M, Kreuzer M, Zehetmeier M (2019) Impact of longevity on greenhouse gas emissions and profitability of individual dairy cows analysed with different system boundaries. *Animal* 13:198-208

Höhne E, Rücknagel J, Christen O (2011) Relation between structural field parameters and soil physical laboratory measurements. In: Neuhoﬀ, D, Halberg N, Rasmussen IA, Hermansen J, Ssekyewa C, Sohn MS, (eds.) (2011) Organic is life – knowledge for tomorrow. Proc. of the 3rd Scientific Conference of ISOFAR 28.09.–01.10.2011, Gyeonggi Paldang, Korea, 25-27

Hörtenhuber S J, Lindenthal T, Zollitsch W (2011) Reduction of greenhouse gas emissions from feed supply chains by utilizing regionally produced protein sources: the case of Austrian dairy production. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91:1118-1127

Hülsbergen K-J, Feil B, Biermann S, Rathke G-W, Kalk W-D, Diepenbrock W (2001) A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 86:303-321

Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2013) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 412 p, Thünen Rep 8, DOI:10.3220/REP_8_2013

Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2015) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben: Forschungsergebnisse 2013-2014. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 175 p, Thünen Rep 29, doi:10.3220/REP_29_2015

Jentsch W, Schweigel M, Weissbach F, Scholze H, Pitroﬀ W, Derno M (2007) Methane production in cattle calculated by the composition of the diet. *Archives of Animal Nutrition* 61:10-19

Kassow A, Blank B, Paulsen HM, Aulrich K, Rahmann G (2010) Studies on greenhouse gas emissions in organic and conventional dairy farms. *Landbauforsch SH* 335:65-76

Kassow A, Blank B, Paulsen HM, Rahmann G, Aulrich K (2011) Analyse von Grundfutterqualitäten ökologischer und konventioneller Milchviehbetriebe im Rahmen des Projektes "Klimawirkungen und Nachhaltigkeit von Landbausystemen". In: Leithold G, Becker K, Brock C, Fischinger S, Spiegel A-K, Spory K, Wilbois K-P, Williges U (Hrsg.) Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Justus-Liebig Universität Gießen, 15.-18. März 2011, Tagungsband, 109-110

Kirchgeßner M, Windisch W, Müller HL, Kreuzer M (1991) Release of methane and of carbon dioxide by dairy cattle. *Agribiological Research* 44:91-102

Küstermann B, Christen O, Hülsbergen K-J (2010) Modelling nitrogen cycles of farming systems as basis of site- and farm-specific nitrogen management. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 135: 70-80. DOI: 10.1016/j.agee.2009.08.014

Laister S, Brörkens N, Lolli S, Zucca D, Knierim U, Minero M, Canali E, Winckler C (2009) Reliability of measures of agonistic behaviour in dairy and beef cattle. In: Forkman B & Keeling L (eds.) *Assessment of animal welfare measures for dairy cattle, beef bulls and veal calves*. Welfare Quality Reports No. 11, Cardiff University, pp 95-112. ISBN 1-902647-80-7

Leach KA, Knierim U, Whay HR (2009a) Cleanliness scoring for dairy and beef cattle and veal calves. In: Forkman B, Keeling L (eds.) *Assessment of animal welfare measures for dairy cattle, beef bulls and veal calves*. Welfare Quality Reports No. 11, Cardiff University, pp 25-30. ISBN 1-902647-80-7

Leach KA, Knierim U, Whay HR (2009b) Condition scoring for dairy and beef cattle and veal calves. In: Forkman B, Keeling L (eds.) *Assessment of animal welfare measures for dairy cattle, beef bulls and veal calves*. Welfare Quality Reports No. 11, Cardiff University, pp 1-6. ISBN 1-902647-80-7

Leach KA, Winckler C, Whay HR (2009c) Lameness in dairy and beef cattle and veal calves. In: Forkman B & Keeling L (eds.) *Assessment of animal welfare measures for dairy cattle, beef bulls and veal calves*. Welfare Quality Reports No. 11, Cardiff University, pp 35-41. ISBN 1-902647-80-7

Leopoldina (2012) *Bioenergy – Chances and limits*. German National Academy of Sciences Leopoldina, Halle (Saale)

Lin H-C, Huber JA, Gerl G, Hülsbergen K-J (2017) Effects of changing farm management and farm structure on energy balance and energy-use efficiency - A case study of organic and conventional farming systems in southern Germany. *European Journal of Agronomy* 82:242-253

Metzner M, Heuwieser W, Klee W (1993) Die Beurteilung der Körperkondition (body condition scoring) im Herdenmanagement. *Prakt Tierarzt* 11:991-998

OECD (2012) *OECD Environmental Outlook to 2050*. Paris: OECD Publishing

Paulsen HM, Blank B, Schaub D, Aulrich K, Rahmann G (2013) Zusammensetzung, Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern ökologischer und konventioneller Milchviehbetriebe in Deutschland und die Bedeutung für die Treibhausgasemissionen. *Landbauforsch. Appl Agric Forestry Res* 1, 63:29-36

Peter J, Schmid H, Schilling R, Munch JC, Hülsbergen K-J (2011) Treibhausgasflüsse beim Anbau von Winterweizen und Klee gras. In: Leithold G, Becker K, Brock C, Fischinger S, Spiegel A-K, Spory K, Wilbois K-P, Williges U (Hrsg.) *Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*, Justus-Liebig Universität Gießen, 15.-18. März 2011, Tagungsband, 147-150

Sanders J, Hess J (eds.) (2019) *Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft*. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 364 p, Thünen Rep 65, DOI:10.3220/REP1547040572000

Seufert V, Ramankutty N, Foley JA (2012) Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485: 229-232. DOI: 10.1038/nature11069

Schittenhelm S (2011) Wassernutzungseffizienz von Energiepflanzen. Julius Kühn-Institut. Bundesforschungsanstalt für Kulturpflanzen. Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde

Schulze Westerath H, Leach KA, Whay HR, Knierim U (2009) Scoring of cattle: Integument alterations of dairy and beef cattle and veal calves. In: Forkman B, Keeling L (eds.) Assessment of animal welfare measures for dairy cattle, beef bulls and veal calves. Welfare Quality Reports No. 11, Cardiff University, pp 43-50. ISBN 1-902647-80-7

The Royal Society (2009) Science and the sustainable intensification of global agriculture. The Royal Society, London, UK

Thomassen MA, van Calker KJ, Smits MCJ, Ipema GL, de Boer IJM (2008) Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agricultural Systems* 96:95-107

Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S (2002) Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418:671-677. eng. doi:10.1038/nature01014

Tuomisto HL, Hodge ID, Riordan P, Macdonald DW (2012) Comparing energy balances, greenhouse gas balances and biodiversity impacts of contrasting farming systems with alternative land uses. *Agricultural Systems* 108:42-49

UBA (Umweltbundesamt) (2019) Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgas-Emissionen. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft>

Vellinga TV, de Haan MHA, Schils RLM, Evers A, van den Pool, van Dassel A (2011) Implementation of GHG mitigation on intensive dairy farms: Farmers' preferences and variation in cost effectiveness. *Livestock Science* 137:185-195

Wemelsfelder F, Lawrence A, Nevison I (2009) The effect of perceived environmental background on qualitative assessment of pig behaviour. *Animal Behaviour* 78(2):477-484, DOI:10.1016/j.anbehav.2009.06.005

Winckler C, Willen S (2001) Reliability and repeatability of a lameness scoring system which may be used as an indicator of welfare in dairy cattle. *Acta agric scand, Section A, Animal Science, Suppl* 30:103-107

Windschnurer I, Schmied C, Boivin X, Waiblinger S (2009) Assessment of human animal relationships in dairy cows. In: Forkman B, Keeling L (eds.) Assessment of animal welfare measures for dairy cattle, beef bulls and veal calves. Welfare Quality Reports No. 11, Cardiff University, pp 137-152. ISBN 1-902647-80-7

Zehetmeier M, Baudracco J, Hoffmann H, Heißenhuber A (2012) Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse emissions? A system approach. *Animal* 6:154-166

3 Methodischer Ansatz

Harald Schmid, Hans Marten Paulsen, Kurt-Jürgen Hülsbergen

3.1 Netzwerk Pilotbetriebe

Ein wesentliches Projektziel bestand im Erhalt und der Weiterentwicklung der Forschungsstruktur „Netzwerk von Pilotbetrieben“ mit 40 ökologischen und 40 konventionellen Betrieben. Das Netzwerk der Pilotbetriebe wurde im Vorprojekt (siehe Projektbericht, Hülsbergen und Rahmann, 2013) aufgebaut. Hier wurden auch wesentliche methodische Festlegungen zur Auswahl der Betriebe, zu den Untersuchungsmethoden, zum Datentransfer und Informationsaustausch getroffen. Diese grundlegenden Untersuchungsmethoden und -prinzipien wurden beibehalten, jedoch durch neue Untersuchungs- und Forschungsansätze ergänzt. Nachfolgend wird der methodische Ansatz beschrieben.

Kriterien der Betriebsauswahl

Um ein breites Spektrum an Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen zu erfassen, wurden vier Projektregionen gebildet:

- Region Süd: Tertiärhügelland Bayerns (Marktfucht- und Gemischtbetriebe) und Allgäu (Milchviehbetriebe),
- Region West: Niederrheinische Bucht (Marktfucht- und Gemischtbetriebe) und Grünland dominierte Mittelgebirgsstandorte (Milchviehbetriebe),
- Region Nord: niederschlagsreiche und niederschlagsarme Diluvialstandorte der Nord- und Ostsee-Küstenregionen (jeweils Marktfucht-, Gemischt- und Milchviehbetriebe),
- Region Ost: Lößstandorte des mitteldeutschen Trockengebiets (Marktfuchtbetriebe) und Diluvialstandorte der Altmark und des Spreewalds (Gemischt- und Milchviehbetriebe).

Betriebsauswahl

Die untersuchten Betriebstypen sind:

- Marktfuchtbetriebe (Viehbesatz < 0,1 GV/ha),
- Gemischtbetriebe mit Marktfuchtbau und Milchviehhaltung,
- Milchviehbetriebe.

In jeder der vier Projektregionen wurden 10 ökologische Betriebe und 10 benachbarte konventionelle Betriebe ausgewählt, die jeweils Betriebspaare bilden, die unter ähnlichen Standortbedingungen wirtschaften. Die Auswahl erfolgte anhand der in Tabelle 3.1-1 dargestellten Kriterien.

Tabelle 3.1-1: Kriterien für die Auswahl der Betriebe

Kriterium	Milchviehbetrieb	Gemischtbetrieb	Marktf Fruchtbetrieb
Erwerbsart	Vollerwerb		
Betriebsgröße	über dem regionalen Durchschnitt		
Ökologische Bewirtschaftungszeit	mindestens 7 Jahre		
Tierbesatz, Milchvieh (GV ha ⁻¹)	> 0,5	0,1 – 0,5	< 0,1
Leistungs- und Ertragsniveau	Spreizung über die regionale Spannweite		
Anteil Grünlandfläche			< 10 %
Anteil Weizen am Ackerland			≈ 20 %
Milchviehrasse	Holstein, Fleckvieh, Braunvieh		
Haltungssystem	Laufstall mit Variationen (Weidegang, Laufhof)		
Dokumentation	Bereitschaft digitale Ackerschlagkartei zu nutzen/einzuführen		
Buchführung	Erforderlich		
Ökonomische und soziale Indikatoren	Bereitschaft, erforderliche Daten zu liefern		
Betriebspaare und Flächenpaare	Mitarbeitwillige Betriebspartner		
Bereitschaft zur langfristigen Zusammenarbeit	Erforderlich		
Synergien zu ähnlichen Projekten	Vorteil: Nutzung bereits erhobener Daten		

Den Betriebsleitern wurden die Ziele des Projekts, das methodische Vorgehen und die Mitwirkung der Betriebe während der Projektlaufzeit dargelegt.

Die konventionellen Partnerbetriebe wurden nach den gleichen Kriterien wie die ökologischen Pilotbetriebe ausgewählt. Wichtig war die räumliche Nähe zum ökologischen Partnerbetrieb (möglichst direkt angrenzende Flächen mit ähnlichen Bodeneigenschaften). Zudem sollten die ökologischen und konventionellen Partnerbetriebe auf einem vergleichbaren Leistungsniveau (jeweils für den ökologischen und konventionellen Landbau standorttypische Milchleistungen und Getreideerträge) wirtschaften und im Wesentlichen eine regionaltypische Betriebsausrichtung aufweisen.

Bei der Auswahl der ökologischen Betriebe kam es darüber hinaus darauf an, verschiedene Anbauverbände einzubeziehen (Tabelle 3.1-2), wobei auch regionale Unterschiede (Biopark, Gäa in der Region Ost, Biokreis in der Region Süd) zum Tragen kamen.

Tabelle 3.1-2: Anbauverbände der ökologischen Betriebe

	Region Süd	Region West	Region Ost	Region Nord	Summe
Gesamt	10	10	10	10	40
Bioland	6	6	3	6	21
Naturland	2	1	1	1	4
Demeter	1	3	2	1	6
Biopark				2	2
Biokreis, Gää, Ökohof	1		2		3
EU			2		2

Für besonders aufwändige Analysen wurden in Projektphase 1 zusätzlich nahegelegene Versuchsstationen der beteiligten Forschungseinrichtungen einbezogen. Den Pilotbetrieben wurden einheitliche Nummern zugeordnet (Tabelle 3.1-3), die während der gesamten Projektlaufzeit von allen Partnern verwendet werden.

Tabelle 3.1-3: Nomenklatur der Pilotbetriebe

Nr.	Betrieb/Region	Bewirtschaftung
01	Versuchsstation Viehhausen (TUM)	Öko
02	Versuchsstation Scheyern (Helmholtz Zentrum München)	Öko
03	Versuchsstation Scheyern (Helmholtz Zentrum München)	Konv
04	Versuchsbetrieb Wiesengut (IOL)	Öko
06	Lehr- und Versuchsstation Bad Lauchstädt (MLU)	Öko
08	Versuchsbetrieb Trenthorst – Milch (TI)	Öko
09	Versuchsbetrieb Trenthorst – Marktfrucht (TI)	Öko
10-19	Pilotbetriebe Süd	Öko
20-29	Pilotbetriebe Süd	Konv
30-39	Pilotbetriebe West	Öko
40-49	Pilotbetriebe West	Konv
50-59	Pilotbetriebe Ost	Öko
60-69	Pilotbetriebe Ost	Konv
70-79	Pilotbetriebe Nord	Öko
80-89	Pilotbetriebe Nord	Konv

Die Lage der Pilotbetriebe ist in Abbildung 3.1-1 dargestellt. Durch diese regionale Gliederung werden sehr unterschiedliche Boden-Klima-Regionen einbezogen. So sind die Klimabedingungen des maritimen Nordens, der trocken-kontinentalen Mitte, des niederschlagsreichen Südens sowie des mild-feuchten Westens der Bundesrepublik Deutschland und die jeweils standorttypischen Böden berücksichtigt.

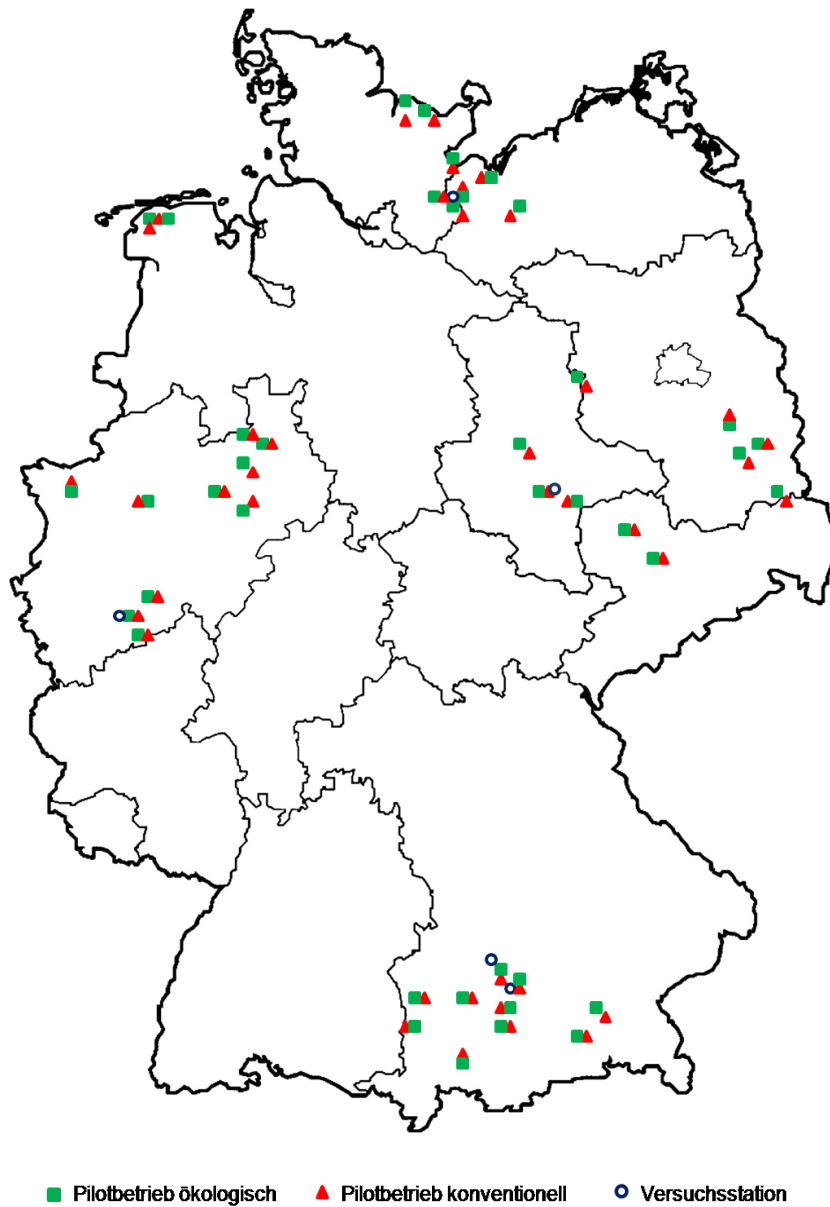


Abbildung 3.1-1: Lage der Pilotbetriebe und Versuchsstationen.

Es wird nicht der Anspruch erhoben, flächendeckende, repräsentative Aussagen für die Landwirtschaft in Deutschland zu treffen. Vielmehr sollen charakteristische und regionstypische Betriebsbeispiele untersucht, Tendenzen aufgezeigt und allgemeine Schlussfolgerungen gezogen werden.

3.2 Datenerfassung, Monitoring, Analytik

3.2.1 Flächenauswahl und Anlage von Testflächen

Je Pilotbetrieb wurden bis zu 9 Testflächen innerhalb größerer Schläge (> 1 ha) angelegt (siehe Hülshagen und Rahmann, 2013). Die Auswahl der Testflächen erfolgte durch die Bearbeiter vor Ort anhand der Fruchtartenliste des Betriebs, unter Berücksichtigung von Standortkarten (Reichsbodenschätzung, Konzeptbodenkarte) und einer Geländebegehung. Die Homogenität der Testflächen wurde durch Einstiche mit einem Bohrstock überprüft.

Die Testflächen wurden stationär angelegt, d. h. sie wechseln im Untersuchungszeitraum nicht mit der Fruchtfolge. Die Kern-Testflächen, auf denen die überwiegende Zahl der Untersuchungen stattfindet, haben eine Größe von 20 x 20 m, die in vier Quadranten (Wiederholungen) zu je 10 x 10 m eingeteilt wurden. Die Testflächen wurden mittels hochgenauen GPS vermessen. Die Anordnung der Testflächen ist in Abbildung 3.2-1 dargestellt.

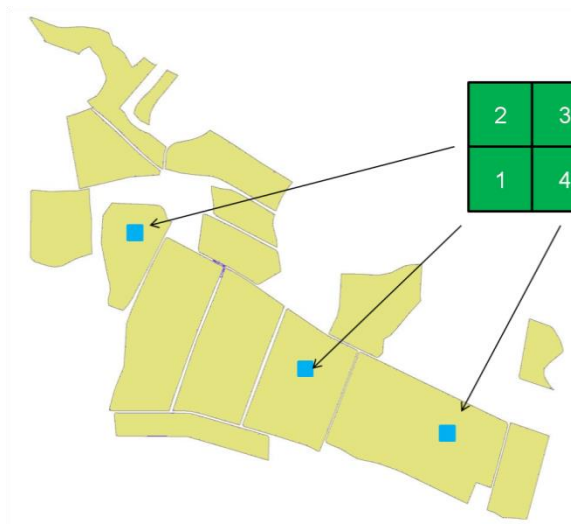


Abbildung 3.2-1: Lage der Testflächen innerhalb der Schläge eines Pilotbetriebs.

Die Auswahl der Testflächen erfolgte nach den Kriterien:

- langjährige Nutzung als Ackerland (kein Grünlandumbruch in den letzten 20 Jahren) bzw. langjährige Nutzung als Grünland (keine Umwandlung von Ackerland in Grünland in den letzten 20 Jahren),
- Beachtung von typischen Standortbedingungen und Zuordnung der Bodendaten (inkl. Kartenmaterial),
- Zuordnung der Testflächenpaare (ökologisch – konventionell) anhand der Bodenkenndaten,
- Sonstige Auswahlkriterien (Besichtigung vor Ort, Befragung des Betriebsleiters):
 - homogene Fläche, typische Bodenform des Betriebes (Extreme vermeiden),
 - ebene oder nur leicht geneigte Flächen (keine Hanglage, kein Kolluvium),

- vergleichbares Höhenniveau der Testflächenpaare,
 - kleinräumige Geländegestaltung (Hecken, Feldgehölzen, Wäldern, etc.) vermeiden,
 - Mindestabstand vom Feldrand 20 m (besser doppelter Fahrgassenabstand),
 - keine ehemaligen Mietenplätze, Wege, Siedlungsplätze, Gräben etc.,
 - keine stauvernassten oder zeitweilig zur Stauvernässung neigende Flächen,
 - keine Auffälligkeiten im Wuchsbild der Vegetation.
- Bodenprofilansprache der Testflächenpaare (Bohrstock): Übereinstimmung bei folgenden gemeinsamen pedogenen Merkmalen:
 - Abfolge und Mächtigkeit der Horizonte,
 - horizontweise Bodenfarbe,
 - horizontweise Bodenart,
 - horizontweiser Carbonatgehalt (HCL-Test),
 - vergleichbare Durchwurzelungstiefe.

Auf eine möglichst enge räumliche Nähe zwischen den ökologischen und konventionellen Flächen wurde geachtet. Eine ideale Anordnung zeigt Abbildung 3.2-2.

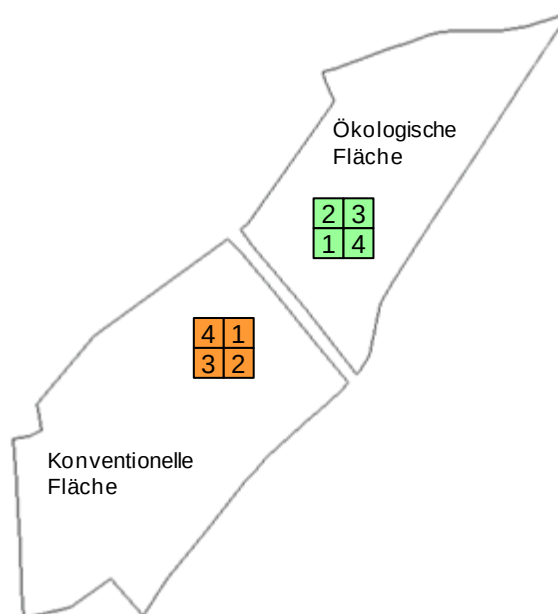


Abbildung 3.2-2: Ideale Anordnung von ökologischer und konventioneller Testfläche.

Um die Testflächen wurde ein Schutzstreifen von 3 bis 5 m vorgesehen. Außerhalb dieses Schutzstreifens sind die Flächen für destruktive Beprobungen, z. B. Profilgruben (Abbildung 3.2-3). Die Lage der jeweiligen Testflächen, Quadranten und Zusatzflächen wurde allen Projektbeteiligten zugänglich gemacht und wurde im Methodenhandbuch festgehalten. Jeder Quadrant erhielt eine eindeutige Kennzeichnung.

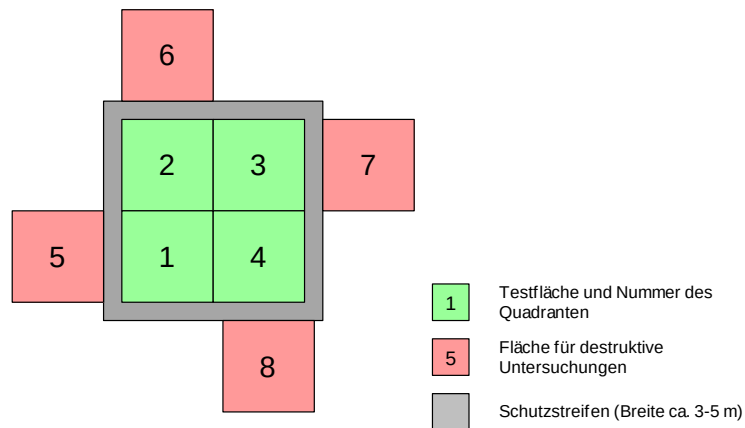


Abbildung 3.2-3: Anordnung der Testflächen und Zusatzflächen.

3.2.2 Analyse von Boden-, Pflanzen-, Futter- und Düngerproben

Die verwendeten Analysemethoden für die Untersuchung von Boden-, Pflanzen-, Futter- und Düngerproben sind im Forschungsbericht 2013 (Hülsbergen und Rahmann, 2013) detailliert beschrieben. Da im Untersuchungszeitraum 2014 bis 2021 andere Forschungsschwerpunkte bestanden, wird hier auf eine Darstellung dieser Methoden verzichtet.

3.2.3 Betriebsdaten

Auf den Pilotbetrieben wurden allgemeine Betriebs- und Standortdaten sowie jahresspezifische Bewirtschaftungsdaten erfasst. Die Datenaufnahme umfasste die Daten auf der untersten Bewirtschaftungsebene im Pflanzenbau (Schlag bzw. Teilschlag) und in der Tierhaltung (Stallbereich: Tiere gleicher Leistungs-, Alters-, Fütterungskategorie). Die erfassten Daten sind in Tabelle 3.2-1 aufgelistet.

Tabelle 3.2-1: Parameter der Betriebsdatenerfassung

Analyseschwerpunkt	Erfasste Betriebsdaten
Standortparameter	
Schlagdaten	Schlagnummer, -name, Größe, Entfernung zum Hof, Schlagkonturen (GIS)
Standort- und Bodendaten	Bodenart, Bodenzahl, Ackerzahl/Grünlandzahl, Zustandsstufe, Bodenform
Bodenchemie	Bodenuntersuchungsdaten (incl. Termin und Tiefe): pH, P, K,
Pflanzenbau	
Fruchtarten	Haupt-, Zwischenfrüchte, Untersaaten, Sorte
Saatguteinsatz	Herkunft, Termin, Menge, Art des Saatgutes
Düngung (mineralisch und organisch)	Mittel, Termin, Menge (optional Inhaltsstoffe) Zukauf und Verkauf (org. Dünger)
Pflanzenschutz	Mittel, Termin, Menge
Ertrags- und Qualitätskennzahlen	für Haupt-, Nebenprodukt, Zwischenfrüchte, Untersaaten Anzahl der Ernten (Schnitte bzw. Nutzungen); Leguminosenanteil Termin, Menge (optional Inhaltsstoffe)
Produktverwendung	für Haupt-, Nebenprodukt, Zwischenfrüchte, Untersaaten Verwendung: z. B. Gründüngung, Originalsubstanz, Silage, Heu, etc. Verbleib: z. B. Verkauf, Lager, Saatgut, Futter, Biogasanlage, etc.
Verfahren	Termin, Schlepper, Maschinen und Geräte Arbeitsbreite und -tiefe Leistung, Leergewicht, Nutzlast, Tankvolumen Bereifung, Luftdruck (optional Kraftstoffverbrauch)
Lagerhaltung	
Produktlager, PS-Lager, Düngemittellager	Ort, Grunddaten Lager, Lagerbeschreibung Termin, ein- und ausgelagerte Menge (Lagerprotokoll) Lagerung, Lagerbedingungen, Lagerdauer
Tierhaltung	
Tierbestand und Tierartenstruktur	Tierart und -rasse, Produktionsrichtung Aufstellungsart, Haltungssystem, Melksystem Auszüge aus der HIT-Datenbank
Tierleistung	Lebendgewicht, Anfangs- u. Endgewicht, Tageszunahme, Mastdauer Leistung bzgl. Milch, Eier, Wolle, Inhaltsstoffe, etc. Anzahl der Nachkommen, Durchgänge, Säuetage
Zu- und Verkauf, Verluste	Tiere und tierischer Produkte, Termin, Menge (optional Inhaltsstoffe)
Tiergesundheit	Gesundheitliche Probleme, Medikamenteneinsatz
Futtereinsatz	Weidesystem, Weidetage (Termin) Fütterungssystem, -verfahren, -technik, Futtereinsatz Weide und Stall, Futterrationen Eigen- und Zukaufsfutter (incl. Mineralfutter), Menge (optional Inhaltsstoffe)
Stallhaltungssystem	Aufstallung, Stallart, Bauart, Technik, Wirtschaftsdüngerlager, Lagerdauer, Zwischenlager, Stroheinsatz, Anfall organischer Dünger, Verarbeitung (Zwischenlager), Menge, (optional Inhaltsstoffe, TS)
Milchproduktion	Grunddaten, Melksystem, Milchlagerung, Kühlung

3.2.4 Klima- und Witterungsdaten

Die Klima- und Witterungsdaten wurden vom Deutschen Wetterdienst bereitgestellt.

Es wurden aktuelle Witterungsdaten, beispielsweise zur Modellierung der Bodenfeuchtedynamik auf ausgewählten Testflächen als Eingangsgrößen für das Modell zur Bodenschadverdichtung (Projektphase 1) sowie als Information zur Interpretation der Ertragsdaten benötigt.

- Langjährige Daten: Temperatur (°C)
 Niederschlag (mm)
 R-Faktoren und R-Faktorenverteilung
- Aktuelle Daten für die Bodenfeuchtedynamik (0 – 60 cm)
 FK (Vol%)
 PWP (Vol%)
 nFK (Vol%)
 nFK (%)
- Aktuelle Daten: Temperatur (°C)
 Niederschlag (mm)
 Luftfeuchtigkeit (%)
 Sonnenscheindauer (h) bzw. Globalstrahlung (J cm^{-2})
 Windgeschwindigkeit (m s^{-1})
 Potentielle und aktuelle Evapotranspiration (mm)

3.3 Kommunikationsstruktur in der Projektphase ab 2014

3.3.1 Einleitung

Im Projekt „Pilotbetriebe“ arbeiteten in der Projektphase ab 2014 vier Arbeitsgruppen mit unterschiedlichen Schwerpunkten: Pflanzenbau, gesamtbetriebliche Stoff- und Energieflüsse, Ressourceneffizienz (TUM), Tierhaltung, Tierwohl und Arzneimiteleinsatz, Datentransfer und Datenbank (Thünen), Betriebswirtschaft und Politikkonzepte (Thünen), Beratung, Datenaufnahme, Information der Betriebe, Beratungswerkzeuge (IfÖL). Die Zusammenarbeit zwischen den Arbeitspaketen, der Erkenntnisaustausch, die thematische Vernetzung, die konsistente Datenerhebung auf den Betrieben, der Datentransfer zwischen den Arbeitsgruppen, der Datenrückfluss auf die Betriebe und die Einbindung der Betriebsleiter mussten organisiert werden. Das Kapitel stellt die wesentlichen Grundzüge der Kommunikationsstruktur und der Datenhaltung im Projekt in kurzer Form dar.

3.3.2 Daten, Datenbank, Datenaustausch, Datenrechte

Im Projekt wurden Daten direkt auf Praxisbetrieben und aus vorhandenen Datenbanken erfasst. Aufgrund der Vielfalt der Fragestellungen mussten heterogene Datensätze aufgenommen, verarbeitet und bereitgestellt werden. Zu Beginn der ersten Phase des Projekts „Pilotbetriebe“ im Jahr 2009 sollte die Datenbank Nutriweb als universelles, zentrales Erfassungstool für die Betriebsdaten für die beteiligten Landwirte und die Mitarbeiter der Beratungs- und Forschungseinrichtungen dienen (Hülsbergen und Rahmann, 2013, 2015). Daten sollten von dort zentral für Forschungs- und Beratungszwecke eingegeben und abgerufen und Ergebnisse zur Nutzung in den Betrieben rückgespielt werden. Der Ansatz konnte sich aufgrund der unterschiedlicher Nutzerbedürfnisse jedoch in der Projektlaufzeit bis 2014 nicht durchsetzen. In Fortführung des Projekts wurde darauf reagiert und im Datenmanagement nur noch die Sicherung verschiedener Datentypen für eine nutzerspezifische Zusammenstellung angestrebt. Für die Projektfortführung ab 2014 waren für das Datenmanagement folgende Ziele definiert:

1. Schneller und unkomplizierter Datenaustausch zwischen den beteiligten Wissenschaftlern,
2. Aufbau einer Datenbank zur mittelfristigen Sicherung der Daten sowie zur Unterstützung von komplexeren Auswertungen,
3. Anpassung der Webseite des Projekts (www.pilotbetriebe.de) in der Fortführung des Projekts und Darstellung wichtiger Projektinformationen.

Das erste Ziel diente der operativen Unterstützung der beteiligten Wissenschaftler. Mit dem Aufbau einer eigenen Datenaustauschplattform als Cloudlösung ist dieses Ziel bereits früh in der Projektlaufzeit erreicht worden. Die Datenbank wurde erst später eingerichtet und für die Ablage von Daten bzw. für direkte Verknüpfungen verfügbar gemacht. Darüber hinaus waren zum Teil viele Transformationsschritte notwendig, um Datensätze zu homogenisieren bzw. für weitere Auswertungen nutzbar zu machen.

Im Folgenden werden die im Projekt anfallenden Datentypen und die angewandten technischen Verfahren zur Datenaufbereitung, Transformation und Speicherung beschrieben. Dabei wurden im Projekt verschiedene Datenfunktionen unterschieden. „Urdaten“ waren dabei, die vor Ort physisch erhobenen Daten, wie zum Beispiel händisch ausgefüllte Interviewbögen oder Fotos, die ggf. als Scan oder Datei in der Datenaustauschplattform oder in schriftlicher Form abgelegt wurden (Tabelle 3.3-1). Aus diesen Urdaten

werden durch die elektronische Erfassung „Rohdaten“. Dies erfolgte im Regelfall durch Abschreiben nach Excel. Wurden diese Daten vor der Weiterverwendung aufbereitet, z. B. bei der Zusammenfassung der Tierbestandsdaten zu Durchschnittsbeständen, waren dies „Zwischendaten“. Daten, die bei der Berechnung in eingesetzten Modellen entstanden waren „Ergebnisdaten“.

Tabelle 3.3-1: Datenquellen im Projekt Pilotbetriebe 2014-2020

Datenquellen	Urdaten aus
Erhebungsdaten auf Betrieben	
Flächenbewirtschaftungsdaten	Interview, vorliegende elektronische/schriftliche Aufzeichnungen
Tierwohl nach Welfare Quality®	händisch nach Protokoll
Betriebsleiterinterview	fragebogengestützt, händisch
Stallumgebung/-flächen	nach Leitfaden/Skizze
Tierarzneimittel	Stallbücher, AuA-Belege, z.T. aus Herdenmanagementsoftware
Betriebswirtschaftliche Daten	Interview, Jahresabschlüsse
Datenbanken	
Herkunfts- und Informationssystem Tier (HIT)	Bei Zustimmung zentraler Abruf
Milchleistungsprüfung	Abruf ADIS Dateien von LKV, VIT-Verden, Ausgabe an Excel über ITB Herdenmanagement

Tabelle 3.3-2: Software und Programmiersprachen zur Datenaufbereitung im Projekt Pilotbetriebe 2014-2020

Bezeichnung	Genutzt für
Power Query Formula Language (M)	Routineabfragen aus gleichartigen Dateien aus HIT, MLP-Daten, mit Fehlerdiagnose beim Auslesen aus REPRO
Python → Datenoperationen	komplexen Datentransformationen z: B. Interpolation täglicher Milchmenge pro Tier, Zuordnung zu Medikamentenanwendung und Wartezeiten
Data Analysis Expressions (DAX)	Generieren von Kennzahlen aus Datenbanken, z. B. Tagesgenaue Tierzahlen und Altersstrukturen aus HIT-Daten, MLP Herdenparameter
MySQL: AddIn für Excel, Data Wizard, WorkBench	Erstellen von Tabellen in der Datenbank, Datenupload, Administration in der MySQL-Datenbank
REPRO	Gesamtbetriebliche Stoff- und Energieflüsse, Bilanzen

Alle Daten wurden von den Arbeitsgruppen selbst verwaltet. Auf der serverbasierten Datenbank können geprüfte Roh-, Zwischen- und Ergebnisdaten durch die Arbeitsgruppen abgelegt und ggf. für die spätere Nutzung archiviert werden.

Hinsichtlich der *Datenrechte* unterschrieben die Betriebsleiter der Pilotbetriebe Einverständniserklärungen zur Nutzung aller erhobenen Daten für projektspezifische Auswertungen. Dabei wurde zugesichert,

dass Anonymität gewahrt wird und die Daten und Ergebnisse nicht einzelnen Betrieben zugeordnet werden können. Zusätzlich wurden Einverständniserklärungen für den Abruf von Daten zu Tierbeständen aus der HIT Tierdatenbank, zu den Ergebnissen der Milchleistungsprüfung von Landeskontrollverbänden und zur Übermittlung von Informationen und Daten von Tierärzten schriftlich eingeholt. Die die Pilotbetriebe betreffenden Daten sind durch diese Vereinbarungen nicht öffentlich frei verfügbar. Eine Datenherausgabe an externe Institutionen kann nur auf gezielte Anfragen an die Leitungen der Arbeitspakete und in anonymisierter Form für genau definierte Nutzungen unter Wahrung der Schutz- und Autorenrechte erfolgen. Dies ist zum Beispiel erfolgt für

- Einfließen von Daten des Projektes in Ergebnisse des Projektes BERAS Implementation,
- Einfließen der Daten des Projektes in die vom BÖLN geförderte Studie „Leistungen des ökologischen Landbaues für Umwelt und Gesellschaft“ (Kap. „Ressourcen-, Stickstoff- und Energieeffizienz“),
- die IFEU Studie „Ökologische Fußabdrücke von Lebensmitteln und Gerichten in Deutschland“ (Reinhardt et al., 2020),
- Einfließen der Daten des Projektes in die Studie „Entwicklung von Indikatoren zur Bewertung der Ertragsfähigkeit, Nutzungsintensität und Vulnerabilität genutzter Böden in Deutschland“ – SOIL-DE (FKZ: 281B301816).

Die *Webseite des Projekts* wurde in der Projektlaufzeit regelmäßig aktualisiert und enthält Informationen zum Projekt, die Veröffentlichungen in Zusammenhang mit dem Projekt und den Zugang zu den Online Beratungstools, dem „Tierwohl-Tool Milchvieh“ und dem Humus-, Nährstoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzrechner „Hunter“ (Abbildung 3.3-1).

Klimawirkungen und Nachhaltigkeit von Landbausystemen
Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben

Home Projekt Forschung Pilotbetriebe Wissenstransfer Partner Kontakt

Wissenstransfer

Beratungswerkzeuge

AKTUELL: HUNTER zum Download : Mit dem Rechner HUNTER können Sie sich auf die Jagd nach Schwachstellen im Pflanzenbau machen und sich mit anderen Betrieben vergleichen. Der Rechner basiert auf Excel und stammt vom wissenschaftlichen Programm REPRO ab. Sie können Bewirtschaftungsdaten eingeben und erhalten eine Übersicht zu Humus-, Nährstoff-, Treibhausgas- und Energiebilanzen Ihres Pflanzenbaus. Durch die Abänderung von Daten können Sie Optimierungsmöglichkeiten ermitteln. Das Programm richtet sich an Berater und versierte Landwirte. : [» Download](#)

AKTUELL: Tierwohl-Tool Milchvieh zum Download : Hier können Sie sich ein einfaches, selbsterklärendes Excel-Werkzeug herunterladen, mit dem Sie in kurzer Zeit eine erste Einschätzung des Tierwohls bei Ihren Milchkühen vornehmen können. Es basiert auf den aktuellsten Beratungsempfehlungen und Sie können sich mit den Ergebnissen von den Pilotbetrieben vergleichen. : [» Download](#)

Beraterworkshop : Excel-basierte Beratungswerkzeuge Humus-, Nährstoff-, Energie-, Treibhausgasbilanzrechner und Tierwohl-Tool Milchvieh, 12.04.2018 Braunschweig : [»](#)

Infoblatt Tierwohl-Tool-Milchvieh : [»](#)

Beiträge zur Abschlussstagung am 15. Januar 2019 in Braunschweig

Projektbezogene Veröffentlichungen

Schulz et al. (2020) Welfare of dairy cattle in summer and winter – a comparison of organic and conventional herds in a farm network in Germany. *Landbauforschung - J Sustainable Organic Agric Syst* 70(1):83–96, DOI:10.3220/LBF1608034952000 [Download](#)

Becker et al. (2020) Mit HUNTER gegen Schwachstellen. *B&B Agrar* 2/2020, 16–17. [Download](#)

Frank et al. (2019) Modelling greenhouse gas emissions from organic and conventional dairy farms. *Landbauforschung - J Sustainable Organic Agric Syst* 69(1):37–46, DOI:10.3220/LBF1584375588000 [Download](#)

Becker et al. (2019) POSTER. Optimierung von Nachhaltigkeitsindikatoren im Pflanzenbau mithilfe des Beratungstools HUNTER. *KTBL-Tagung Kühlen Kopf bewahren – Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel*, vom 20. bis 21. März 2019, Darmstadt [Download](#)

Becker et al. (2019) Optimierung von Nachhaltigkeitsindikatoren im Pflanzenbau mithilfe des Beratungstools HUNTER. In: *KTBL (2019) Kühlen Kopf bewahren – Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel*, KTBL-Tagung vom 20. bis 21. März 2019, Darmstadt, 330–334 [Download](#)

Schulz et al. (2018) Greenhouse gas emissions of organic and conventional dairy farms – results from a pilot farm network in Germany. In: Heidecke C, Montgomery H, Stalb H, Wollenberg L (Eds.) *International Conference on Agricultural GHG*

Abbildung 3.3-1: Reiter Wissenstransfer auf der Webseite www.pilotbetriebe.de.

3.3.3 Projekttreffen

Der direkte Austausch zwischen allen Projektpartnern fand zweimal jährlich in Projekttreffen statt. Zusätzlich trafen sich die Projektpartner für die Vorbereitung der Workshops auf und mit den Betrieben in der jeweiligen Region. Die Treffen mit den Betriebsangehörigen und ggf. deren externen Berater fanden auf den Betrieben selbst oder an zentralen Orten statt

3.3.4 Workshops

Zentrales Element der Beteiligung der Betriebsleiter waren die „Rückmeldeworkshops“, auf denen die Ergebnisse zu den Arbeitspaketen vorgestellt und diskutiert wurden. Auf den Workshops wurden für den Betrieb in Frage kommende Optimierungsansätze für die Verbesserung von Ressourceneffizienz, Tierwohl und Arzneimiteleinsatz diskutiert. Es wurde abgestimmt, welche Optimierungsansätze auf dem Betrieb denkbar wären. Diese Szenarien flossen sodann in die gesamtbetriebliche Bewertung der Stoff- und

Energieflüsse mit Repro ein und die Berechnung wurde neu vorgenommen. Die Ergebnisse zu den Auswirkungen der Umstellung wurden auf sogenannten „Optimierungsworkshops“ auf den Betrieben erneut vorgestellt.

Zusätzlich wurden – vorrangig auf den Betrieben, auf denen keine Workshops stattfinden konnten – Ergebnisse aus der Betriebsbewertung mit dem Modell Hunter bei Betriebsbesuchen präsentiert. Die Ergebnisse zur Tierwohlbewertung aus 2015 wurden allen Milchviehbetrieben ebenfalls bei Besuchen zur Datenaufnahme direkt übergeben und erläutert.

Ein weiteres Workshop-Format waren „Regionalworkshops“, auf denen die Ergebnisse der Einzelbetriebe vor dem Hintergrund der Ergebnisse aus der jeweiligen Region und dem des gesamten Projektraums erläutert wurden.

3.3.5 Literatur

Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2013) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme–Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 412 p, Thünen Rep 8

Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2015) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben: Forschungsergebnisse 2013-2014. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 175 p, Thünen Rep 29, DOI:10.3220/REP_29_2015

Reinhardt G, Gärtner S, Wagner T (2020) Ökologische Fußabdrücke von Lebensmitteln und Gerichten in Deutschland. Ifeu, Heidelberg, 22 p. <https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Reinhardt-Gaertner-Wagner-2020-Oekologische-Fußabdruecke-von-Lebensmitteln-und-Gerichten-in-Deutschland-ifeu-2020.pdf>

4 Forschungsberichte der Arbeitsgruppen

4.1 Analyse der ökologischen Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz mit Stoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzen

Harald Schmid, Lucie Chmelíková, Sandra Anke, Kurt-Jürgen Hülsbergen

Zusammenfassung

Im Forschungsprojekt Netzwerk der Pilotbetriebe wurden in 65 Pilotbetrieben, davon 32 ökologischen Betrieben (13 Marktfruchtbetrieben, 19 Milchviehbetrieben) und 33 konventionellen Betrieben (13 Marktfruchtbetrieben, 20 Milchviehbetrieben) im Untersuchungszeitraum von 2009 bis 2017 Energie-, Nährstoff- und Humusbilanzen auf unterschiedlichen Systemebenen analysiert. Auf dieser Grundlage wurden Treibhausgasbilanzen des Pflanzenbaus berechnet, die die N₂O-Emissionen, die CO₂-Emissionen durch den Einsatz fossiler Energie sowie die C-Sequestrierung der Böden umfassen. Ziel der Untersuchungen war die Aufklärung von Zusammenhängen zwischen Bewirtschaftungsform (ökologisch vs. konventionell), Betriebsform (Marktfruchtbau vs. Milchviehhaltung), den Stoff- und Energieflüssen sowie der ökologischen Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz. Als Nachhaltigkeitsindikatoren wurden Struktur- und Ertragskennzahlen, Nährstoff- und Humusbilanzsalden, die Nährstoff- und Energieeffizienz sowie flächen- und produktbezogene Treibhausgasemissionen bestimmt.

Die Analyse der Betriebsstrukturen der Pilotbetriebe zeigt systembedingte Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben sowie deutliche Einflüsse der Produktionsrichtungen und der Standortbedingungen. Der mittlere Tierbesatz in den konventionellen Milchviehbetrieben ist mit $\bar{x}$ 1,47 GV ha⁻¹ deutlich höher als in den ökologischen Milchviehbetrieben mit $\bar{x}$ 0,86 GV ha⁻¹. Die ökologischen Milchviehbetriebe haben höhere Kleeergasanteile ($\bar{x}$ 39 % des AL) als die ökologischen Marktfruchtbetriebe ($\bar{x}$ 19 % des AL). In den meisten konventionellen Marktfruchtbetrieben wird auf den Kleeergasanbau verzichtet. Die höhere Bodennutzungsintensität konventioneller Anbausysteme spiegelt sich in den relativ hohen Hackfrucht- und Silomaisanteilen wider.

Die Ertragsleistungen werden anhand fruchtartenspezifischer Erträge sowie der Getreideeinheitenerträge (GE) und der Energiebindung (GJ) bewertet. In den ökologischen Marktfruchtbetrieben betrug der Weizenertrag $\bar{x}$ 39 dt ha⁻¹ (44 % des Ertrages der konventionellen Marktfruchtbetriebe), in den Milchviehbetrieben $\bar{x}$ 38 dt ha⁻¹ (49 % des Ertrages der konventionellen Milchviehbetriebe). Die ökologischen Marktfruchtbetriebe erreichen 42 %, die Milchviehbetriebe 60 % der GE-Erträge der konventionellen Pilotbetriebe. Bei einer energetischen Bewertung der Ernteprodukte betragen die entsprechenden Ertragsrelationen 50 % und 64 %.

Die ökologischen Marktfruchtbetriebe weisen mit $\bar{x}$ 6,8 GJ ha⁻¹ LN (51 % des Energieinputs konventioneller Marktfruchtbetriebe) einen geringeren Energieinput auf als die ökologischen Milchviehbetriebe mit $\bar{x}$ 7,4 GJ ha⁻¹ (50 % des Energieinputs konventioneller Milchviehbetriebe). Im Vergleich zum mittleren Energieoutput im Pflanzenbau der konventionellen Milchviehbetriebe ($\bar{x}$ 184 GJ ha⁻¹) erreichen die konventionellen Marktfruchtbetriebe 82 %, die ökologischen Milchviehbetriebe 64 % und die ökologischen Marktfruchtbetriebe 40 %. Das Output/Input-Verhältnis (Energieeffizienz) der Pilotbetriebe beträgt 6,8 bis

25,0, wobei die ökologischen Milchviehbetriebe mit $\bar{x}$ 16,0 die höchste Energieeffizienz, die konventionellen Marktfruchtbetriebe mit $\bar{x}$ 11,4 die geringste Energieeffizienz erreichen.

Die Pilotbetriebe wirtschaften in Bezug auf den Stickstoffeinsatz auf sehr unterschiedlichen Intensitätsniveaus; es wird ein großer Bereich von Low-Input-Systemen ($< 100 \text{ kg N ha}^{-1}$) bis zu High-Input-Systemen ($> 300 \text{ kg N ha}^{-1}$) erfasst. Die N-Salden im Pflanzenbau der ökologisch wirtschaftenden Betriebe (Marktfruchtbetriebe: $\bar{x}$ 25 kg N ha^{-1} , Milchviehbetriebe: $\bar{x}$ 11 kg N ha^{-1}) sind geringer als die N-Salden der konventionellen Betriebe (Marktfruchtbetriebe: $\bar{x}$ 55 kg N ha^{-1} , Milchviehbetriebe: $\bar{x}$ 58 kg N ha^{-1}). Einzelne konventionelle Betriebe weisen sehr hohe N-Salden bis 124 kg N ha^{-1} auf.

Die Hoftorbilanzen zeigen, dass die ökologischen Milchviehbetriebe hinsichtlich der Stickstoffversorgung weitgehend autark wirtschaften. Der wichtigste N-Input in den Stickstoffkreislauf ist die symbiotische N_2 -Fixierung. In den konventionellen Milchviehbetrieben ist der Futterzukauf mit $\bar{x}$ 76 kg N ha^{-1} ein relevanter N-Input. In den ökologischen Milchviehbetrieben verlassen $\bar{x}$ 39 kg N ha^{-1} mit Marktprodukten den Stickstoffkreislauf, in den konventionellen Marktfruchtbetrieben werden $\bar{x}$ 151 kg N ha^{-1} mit Marktprodukten ausgeführt. Die N-Effizienz ist in den Marktfruchtbetrieben höher ($\bar{x}$ 73 %) als in den Milchviehbetrieben mit $\bar{x}$ 49 % (ökologisch) und 42 % (konventionell). Die N-Salden betragen $\bar{x}$ 33 kg N ha^{-1} (ökologische Marktfruchtbetriebe) bis $\bar{x}$ 124 kg N ha^{-1} (konventionelle Milchviehbetriebe).

Die P-Salden im Pflanzenbau sind in den konventionellen Milchviehbetrieben im Mittel ausgeglichen, in allen anderen Betriebstypen negativ. Die größten P-Defizite wurden in den konventionellen Marktfruchtbetrieben mit $\bar{x}$ -11 kg ha^{-1} festgestellt. Die Kaliumbilanzen zeigen in allen Betriebstypen im Mittel negative K-Salden. Auch beim Kalium sind die größten Nährstoffdefizite in den konventionellen Marktfruchtbetrieben (mit $\bar{x}$ -32 kg ha^{-1}) zu finden.

Die für das Ackerland berechneten Humusbilanzen zeigen einen höheren Humusbedarf in den konventionellen Betrieben, bedingt durch höhere Hackfrucht- und Silomaisanteile. Die größte Humusanreicherung (Humussaldo: $\bar{x}$ 260 $\text{kg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) ist in den ökologischen Milchviehbetrieben zu erwarten. Die Humuszufuhr erfolgt in diesen Betrieben durch Wirtschaftsdünger der Tierhaltung und Kleegrasanbau. Auch in den ökologischen Marktfruchtbetrieben ist die Humusbilanz im Mittel positiv, in diesen Betrieben wird den Böden organische Substanz überwiegend durch Stroh- und Gründüngung zugeführt. In den konventionellen Pilotbetrieben wurden im Mittel negative Humusbilanzsalden ermittelt.

Die anbaubedingten CO_2 -Emissionen der ökologischen Betriebe erreichen mit $\bar{x}$ 557 $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$ (Marktfruchtbetriebe) bzw. $\bar{x}$ 583 $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$ (Milchviehbetriebe) 50 % der CO_2 -Emissionen der konventionellen Betriebe ($\bar{x}$ 1117 $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$ (Marktfruchtbetriebe), $\bar{x}$ 1162 $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$ (Milchviehbetriebe)). Die höheren Emissionen der konventionellen Betriebe werden durch den Mineraldünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatz verursacht. Nach der Humusbilanz sind die Böden der ökologischen Betriebe im Mittel eine C-Senke, die Böden der konventionellen Marktfruchtbetriebe im Mittel eine C-Quelle. Die N_2O -Emissionen betragen in den ökologischen Marktfruchtbetrieben $\bar{x}$ 804 $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$, in den konventionellen Milchviehbetrieben $\bar{x}$ 1477 $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$. Die flächenbezogenen Treibhausgasemissionen betragen: ökologische Marktfruchtbetriebe: $\bar{x}$ 1223 $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$; ökologische Milchviehbetriebe: $\bar{x}$ 1041 $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$; konventionelle Marktfruchtbetriebe: $\bar{x}$ 2998 $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$; konventionelle Milchviehbetriebe: $\bar{x}$ 2799 $\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$, die produktbezogenen Emissionen: ökologische Marktfruchtbetriebe: $\bar{x}$ 16 $\text{kg CO}_2 \text{ eq GJ}^{-1}$; ökologische Milchviehbetriebe: $\bar{x}$ 9 $\text{kg CO}_2 \text{ eq GJ}^{-1}$; konventionelle Marktfruchtbetriebe: $\bar{x}$ 20 $\text{kg CO}_2 \text{ eq GJ}^{-1}$; konventionelle Milchviehbetriebe: $\bar{x}$ 15 $\text{kg CO}_2 \text{ eq GJ}^{-1}$.

Schlüsselwörter: Energiebilanz, Energieeffizienz, Humusbilanz, Kohlenstoffsequestrierung, Stickstoffbilanz, Stickstoffsaldo, Stickstoffeffizienz, Treibhausgasbilanz, Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz

Abstract

In the research project Pilot Farm Network, nutrient and humus budgets were analyzed at different system levels in 65 pilot farms, of which 32 were organic farms (13 arable farms, 19 dairy farms) and 33 conventional farms (13 arable farms, 20 dairy farms) during the study period from 2009 to 2017. Based on these budgets greenhouse gas footprints for crop production were calculated. These included N₂O emissions and CO₂ emissions from the use of fossil fuels and carbon sequestration in soil. The aim of the study was to clarify the links between the type of farming (organic versus conventional), the type of farm (arable versus dairy), the nutrient, humus and energy flows and ecological sustainability and resource efficiency. Structural metrics, yields, nutrient and humus budgets, nutrient and energy efficiency, and area- and product-related greenhouse gas emissions were determined as sustainability indicators.

The analysis of the operational organization of the pilot farms showed differences caused by the different types of farming system. The type of production and local site conditions also had an influence. The mean number of animals on the conventional dairy farms, 1.47 LU ha⁻¹, was significantly higher than on the organic dairy farms, 0.86 LU ha⁻¹. The organic dairy farms had a higher mean proportion of grass clover (39% of arable area) than the organic arable farms (19% of the arable area). Most conventional arable farms did not cultivate grass clover. The higher land-use intensity of the conventional cultivation systems was reflected in the relatively high proportions of root crops and silage maize.

Yield performance was assessed using crop-specific yields and grain units (GE), and energy accumulation (GJ). On the organic arable farms, wheat yield was 3.9 t ha⁻¹ (44% of the yield on the conventional arable farms), on the dairy farms 3.8 t ha⁻¹ (49% of the yield of the conventional dairy farms). The GE yields on the organic arable farms were 42% and on the dairy farms 60% of the GE yields of the conventional pilot farms. The corresponding yield ratios were 50% and 64% when an energetic evaluation of the harvested products was used.

The organic arable farms had a lower mean energy input (6.8 GJ ha⁻¹ of agricultural area, 51% of the energy input on conventional arable farms) than the organic dairy farms (7.4 GJ ha⁻¹, 50% of the energy input on conventional dairy farms). Compared to the average energy output in crop production on conventional dairy farms (184 GJ ha⁻¹), the energy output on conventional arable farms was 82%, on organic dairy farms 64% and on organic arable farms 40%. The output/input ratio (energy efficiency) of the pilot farms ranged from 6.8 to 25. The organic dairy farms had the highest mean energy efficiency (16.0) and the conventional arable farms had the lowest mean energy efficiency (11.4).

The pilot farms operated at very different intensity levels with regard to the use of nitrogen, ranging from low-input systems (<100 kg N ha⁻¹) to high-input systems (> 300 kg N ha⁻¹). The mean N surpluses in crop production on organic farms (arable farms: 25 kg N ha⁻¹, dairy farms: 11 kg N ha⁻¹) were lower than the mean N surpluses of the conventional farms (arable farms: 55 kg N ha⁻¹, dairy farms: 58 kg N ha⁻¹). Individual conventional farms showed very high N surpluses of up to 124 kg N ha⁻¹.

The farm-gate budgets showed that the organic dairy farms were largely self-sufficient in terms of nitrogen supply. The most important N input in the nitrogen cycle was symbiotic N₂ fixation. The purchase of feed, at 76 kg N ha⁻¹, was an important N input on the conventional dairy farms. On the organic dairy farms, 39 kg N ha⁻¹ left the farm's nitrogen cycle with products sold by the farm, the conventional arable farms exported 151 kg N ha⁻¹ with products sold by the farm. The N-efficiency was higher on the arable farms (73%) than on the dairy farms: 49% (organic) and 42% (conventional). Mean N surpluses ranged from 33 kg ha⁻¹ (organic arable farms) to 124 kg N ha⁻¹ (conventional dairy farms).

The P budgets in crop production were, on average, balanced on the conventional dairy farms, but all other types of farms showed P deficits. The largest P deficits were found on the conventional arable farms with -11 kg ha⁻¹. The potassium budgets showed, on average, K deficits on all types of farms. Conventional arable farms also had the largest mean potassium deficits (-32 kg ha⁻¹).

The humus budgets calculated for arable land showed that conventional farms had higher humus requirements due to the higher proportions of root crops and silage maize. The greatest accumulation of humus (humus surplus: 260 kg C ha⁻¹ a⁻¹) was found on organic dairy farms. This humus accumulation was due to manure from animal husbandry and grass clover cultivation. The organic arable farms also had, on average, a humus surplus; on these farms, organic matter was mainly added to the soil through straw and green manure. Humus deficits were determined, on average, for the conventional pilot farms.

At 557 kg CO₂eq ha⁻¹ (arable farms) and 583 kg CO₂eq ha⁻¹ (dairy farms), the cultivation-related CO₂ emissions of organic farms were 50% of the CO₂ emissions from the conventional farms (1117 kg CO₂eq ha⁻¹ (arable farms)), 1162 kg CO₂eq ha⁻¹ (dairy farms)). The higher emissions from conventional farms were due to the use of mineral fertilizers and pesticides. According to the humus budgets, on average the soils on organic farms acted as C sinks, whereas the soils on the conventional arable farms acted as C sources. The N₂O emissions on the organic arable farms were 804 kg CO₂eq ha⁻¹, on the conventional dairy farms 1477 kg CO₂eq ha⁻¹. Mean area-related greenhouse gas emissions were as follows: organic arable farms: 1223 kg CO₂eq ha⁻¹; organic dairy farms: 1041 kg CO₂eq ha⁻¹; conventional arable farms: 2998 kg CO₂eq ha⁻¹; conventional dairy farms: 2799 kg CO₂eq ha⁻¹. Mean product-related emissions were: organic arable farms: 16 kg CO₂eq GJ⁻¹; organic dairy farms: 9 kg CO₂eq GJ⁻¹; conventional arable farms: 20 kg CO₂eq GJ⁻¹; conventional dairy farms: 15 kg CO₂eq GJ⁻¹.

Keywords: energy footprint, energy efficiency, humus budget, carbon sequestration, nitrogen budget, nitrogen surplus, nitrogen efficiency, greenhouse gas footprint, sustainability, resource efficiency

4.1.1 Einleitung

4.1.1.1 Problemstellung und Forschungsbedarf

Klimawirkungen der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft trägt maßgeblich zur Emission klimaschädlicher Gase bei, vor allem durch Methanemissionen aus der Tierhaltung und Lachgasemissionen aus Böden. Im Jahr 2020 war die deutsche Landwirtschaft für 60,4 Mio t CO₂eq (8,2 % der Gesamtemissionen) verantwortlich (UBA, 2021). Das 2021 novellierte Klimaschutzgesetz legt fest, dass die Emissionen der Landwirtschaft bis 2030 auf 56 Mio. t

CO₂ Äquivalente reduziert werden müssen (UBA, 2021). Die Landwirtschaft ist aber nicht nur Verursacher von Treibhausgasemissionen, sie bietet auch Potenziale zur Treibhausgasminderung und Kohlenstoffspeicherung in Böden (Lal, 2004; Küstermann et al., 2008; Don et al., 2018).

Für landwirtschaftliche Unternehmen, Lebensmittelverarbeitung, Handel und Verbraucher ist es wichtig zu wissen, wie klimaverträglich landwirtschaftliche Produkte erzeugt werden. Unternehmen der ökologischen Lebensmittelbranche werben mit klimafreundlichen Produkten und Klimaschutzinitiativen, z. B. das Märkische Landbrot (2021) mit „Emissionsneutralität auf der Basis eines „Product Carbon Footprint“, die Andechser Molkerei (2021) mit dem Projekt „KlimaBauer“, in dem Milchbauern Maßnahmen zur Vermeidung CO₂ umsetzen. Von besonderem Interesse sind in diesem Zusammenhang die Klimawirkungen ökologischer und konventioneller Pflanzenbau- und Betriebssysteme. Bisherige Systemanalysen und -vergleiche (z. B. Flessa et al., 2002; Deike et al., 2008; Küstermann et al., 2008; Tuomisto et al., 2012) kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Dies ist Ausdruck der Vielfalt der Pflanzenbau- und Betriebssysteme, ist aber auch auf die eingeschränkte Vergleichbarkeit von Studien aufgrund unterschiedlicher Systemgrenzen und Methoden der Treibhausgasbilanzierung zurückzuführen.

Treibhausgasemissionen werden von den Stoffkreisläufen und Energieflüssen in Landwirtschaftsbetrieben geprägt (Küstermann et al., 2008; Frank, 2014; Böswirth, 2017). Die Untersuchung dieser Stoff- und Energieflüsse bietet daher Ansatzpunkte, die Ursachen von Treibhausgasemissionen aufzuklären und Maßnahmen zur Emissionsminderung abzuleiten. Hierauf sind die Untersuchungen im Netzwerk der Pilotbetriebe ausgerichtet. Auf der Grundlage langjähriger Betriebsdaten werden flächen- und produktbezogene Treibhausgasbilanzen des Pflanzenbaus berechnet, um folgende Fragen zu klären:

- Welche Faktoren bestimmen die Treibhausgasbilanz im Pflanzenbau?
- Wie ist der Zusammenhang zwischen Stickstoffbilanz, Energiebilanz und Treibhausgasflüssen?
- Ist die Bodenkohlenstoffsequestrierung eine relevante Größe in der Treibhausgasbilanz?
- Gibt es bei den Treibhausgasemissionen systembedingte Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben sowie zwischen Marktfrucht- und Milchviehbetrieben?
- Wie groß ist die einzelbetriebliche Variabilität der Treibhausgasflüsse?

Energiebilanz des Pflanzenbaus

Ein Grundprinzip des ökologischen Landbaus ist der schonende Umgang mit nicht erneuerbaren Ressourcen; hierzu zählt der sparsame Einsatz fossiler Energie. Durch den Energieeinsatz in landwirtschaftlichen Produktionsprozessen und den vorgelagerten Bereichen (z. B. zur Herstellung von Maschinen, Dünge- und Pflanzenschutzmitteln) kommt es zu relevanten CO₂-Emissionen. Die Überwindung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern durch Energieeinsparung und der Einsatz regenerativer Energie zur Minderung von CO₂-Emissionen sind wesentliche Aspekte der aktuellen Energiediskussion.

Eine Möglichkeit, die Energieeffizienz der Landwirtschaft zu untersuchen, besteht in der Berechnung von Energiebilanzen. Bereits Anfang der 1970er Jahre wurde die Energiebilanz der Landwirtschaft zu einem wichtigen Thema. Die Ölkrise demonstrierte die Abhängigkeit der Industriestaaten von fossilen Treibstoffen. Die Verknappung des Erdöls und der Anstieg des Ölpreises führten zu der Frage, ob die Landwirtschaft durch Technisierung, Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatz immer mehr fossile Energie verbraucht und ineffizienter wird (Pimentel et al., 1973). Seither ist die Analyse der Energieeffizienz von Agrarsystemen Gegenstand von Publikationen (Uhlin, 1999; Hülsbergen et al., 2001; Lin et al., 2017a).

Die Energiebilanz ökologischer und konventioneller Systeme wurde in verschiedenen Boden-Klimaregionen auf unterschiedlichen Skalenebenen (Fruchtart, Schlag, Fruchtfolge, Betrieb, Agrarregion) untersucht (Chmelíková und Hülsbergen, 2019). Dennoch sind die Zusammenhänge zwischen Anbausystemen und Energieeffizienz zum Teil noch unklar und die erzielten Untersuchungsergebnisse widersprüchlich. Das liegt auch an methodischen Problemen bei der Energiebilanzierung. Es gibt keine Standardmethode der Energiebilanzierung, wodurch übergreifende Auswertungen erschwert werden.

In den Pilotbetrieben werden auf der Grundlage detaillierter Prozessanalysen im Pflanzenbau Energiebilanzen auf unterschiedlichen Systemebenen berechnet, um folgende Fragen zu klären:

- Welche Faktoren bestimmen Energieinput, Energieoutput und Energieeffizienz im Pflanzenbau?
- Welchen Einfluss haben die Betriebsstruktur (Fruchtfolge, Tierbesatz) und die Bewirtschaftungsintensität (z. B. Düngereinsatz) auf die Energiebilanz?
- Welcher Zusammenhang besteht zwischen Energieinput und Treibhausgasbilanz?
- Gibt es systembedingte Unterschiede in der Energiebilanz und der Energieeffizienz zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben?
- Wie groß ist die einzelbetriebliche Variabilität der energetischen Parameter?

Stickstoffbilanz der Landwirtschaft

Ein wesentlicher Aspekt nachhaltiger Landwirtschaft ist eine ausgeglichene Stickstoffbilanz. Derzeit betragen die Stickstoffüberschüsse der deutschen Landwirtschaft etwa 90 kg N ha^{-1} ; sie liegen über dem in der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung angegebenen Zielwert von 70 kg ha^{-1} (UBA 2015). Stickstoffüberschüsse verursachen Nitratbelastungen des Grundwassers, Ammoniak- und Lachgasemissionen. Besonders kritisch ist die Situation in Gebieten mit hohem Tierbesatz, im Gemüsebau und bei intensiv gedüngten Kulturarten; hier treten regional hohe N-Überschüsse auf (Wiesler et al., 2016).

Der Stickstoffeinsatz der Landwirtschaft hat auch auf globaler Ebene herausragende ökologische Bedeutung. Derzeit werden die tolerierbaren ökologischen Grenzen des Stickstoffinputs überschritten (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015; Campbell et al., 2017); es gelangt zu viel reaktiver Stickstoff in die Umwelt. Die Minderung der Stickstoffüberschüsse gilt in Deutschland, der Europäischen Union und im globalen Maßstab als eine der vorrangigen Aufgaben der Agrarumweltpolitik (Eichler und Schulz, 1998; UBA, 2015). Als ein Schlüsselfaktor wird die Erhöhung der Stickstoffeffizienz angesehen (Tilman et al., 2002; Lin et al., 2016). Es besteht ein zudem enger Zusammenhang zwischen Stickstoff- und Treibhausgasbilanz: Je höher die Stickstoffinputs und die Stickstoffsalden, umso höher sind auch die Lachgasemissionen von Pflanzenbausystemen (van Groeningen et al., 2010).

Im Unterschied zum hohen N-Düngereinsatz in konventionellen Systemen (Hülsbergen et al., 2017) ist Stickstoff im ökologischen Landbau aufgrund der bestehenden Restriktionen ein knappes Gut und nicht selten der ertragsbegrenzende Faktor. Die wichtigsten Stickstoffzufuhren im ökologischen Pflanzenbau sind die N_2 -Fixierung der Leguminosen und der Einsatz von Wirtschaftsdüngern. Beide Faktoren stehen in engem Zusammenhang zur Betriebsstruktur (Lin, 2017, Chmelíková et al. 2021).

Die Stickstoffflüsse und -bilanzen werden in den Pilotbetrieben auf unterschiedlichen Skalenebenen im Pflanzenbau, in der Tierhaltung auf im Gesamtbetrieb untersucht, um folgende Fragen zu beantworten:

- Wie hoch sind die Stickstoffinputs, die Stickstoffsalden und die Stickstoffeffizienz der ökologischen und konventionellen Betriebe? Gibt es systembedingte Unterschiede?
- Wie hoch ist die einzelbetriebliche Variabilität der Stickstoffflüsse?
- Welchen Einfluss haben die Betriebsstruktur (Fruchtfolge, Tierbesatz, Biogasanlagen), die Produktionsrichtung und die Düngungsintensität auf die Stickstoffbilanz?
- Wie unterscheiden sich die Stickstoffbilanzen auf Ackerland und Grünland?
- In welchen Betriebssystemen treten negative, und in welchen Betriebstypen hohe N-Salden auf?
- Durch welche Maßnahmen können Stickstoffkreisläufe und -bilanzen optimiert werden?

Humusbilanz und Bodenkohlenstoffbindung

Die pflanzenbauliche und agrarökologische Bedeutung des Humus liegt in der positiven Beeinflussung zahlreicher Bodeneigenschaften und -prozesse. Durch Humusaufbau kann die Ertragsfähigkeit von Böden gesteigert werden. Zudem wird durch Humusaufbau Kohlenstoff in Böden gespeichert; Böden sind ein wichtiger C-Pool im globalen C-Kreislauf (Lal, 2004). Van Groeningen et al. (2017) empfehlen eine differenzierte Strategie zur THG-Minderung in der Landwirtschaft. In Böden mit geringem C-Sequestrierungspotenzial sollte der Fokus auf der Minderung von THG-Emissionen (z. B. N₂O-Emissionen) liegen. In Böden mit geringem C-Vorrat sollte eine C-Sequestrierung erfolgen, sofern auch andere zum Humusaufbau notwendige Nährstoffe, insbesondere Stickstoff ausreichend verfügbar sind.

Die Humusdynamik von Ackerböden hängen von vielen Faktoren ab, den Standortbedingungen, den Humusausgangshalten, der Fruchtfolge, der Düngung und Bodenbearbeitung. Zwei wesentliche Faktoren steuern die Humusmenge im Boden – die Zufuhr organischer Substanz (Menge und Qualität) sowie der Abbau organischer Bodensubstanz. Die Entwicklung des ökologischen Landbaus der letzten Jahre war mit Veränderungen der Betriebsstrukturen (z. B. Spezialisierung, Umstellung auf viehlosen Marktfruchtbau, Fruchtfolgen mit geringem Klee grasanteil) und der Düngung (z. B. Einsatz von Biogasgülle) verbunden. Welche Wirkungen ergeben sich auf die Humusversorgung der Ackerböden? Das Netzwerk der Pilotbetriebe bietet die Möglichkeit, die Humusversorgung von Ackerböden auf unterschiedlichen Standorten in ökologischen und konventionellen Betrieben zu untersuchen. In Bezug auf den Kohlenstoffkreislauf und Humusbilanz ergeben sich folgende Fragen:

- Wie ist die derzeitige Humusversorgung der Ackerböden? Unter welchen Bedingungen kann es zur Humusunterversorgung und zum Humusabbau kommen?
- Welchen Einfluss haben die Betriebsstrukturen (Fruchtfolge, Tierbesatz, Biogasanlagen) auf die Humusbilanz?
- Ist die Kohlenstoffbildung durch Humusaufbau eine relevante Größe in der Treibhausgasbilanz?
- Durch welche Maßnahmen kann die Humusversorgung optimiert werden?

4.1.1.2 Gegenstand und Ziel der Arbeit

Im vorliegenden Beitrag werden Energie-, Nährstoff- und Humusbilanzen sowie darauf basierende flächen- und produktbezogene Treibhausgasbilanzen der Pilotbetriebe untersucht. Hierbei geht es um eine systemare Betrachtung – im Fokus stehen die Zusammenhänge zwischen der Wirtschaftsweise (ökologisch, konventionell), der Betriebsform (Marktfruchtbau, Milchviehhaltung), der Bewirtschaftungsintensität (Stickstoffinput, Energieinput) und den Stoff- und Energieflüssen.

Mit den Untersuchungen im Netzwerk der Pilotbetriebe soll ein Beitrag geleistet werden, bestehende Wissenslücken bei der Systembewertung von Klima- und Umweltwirkungen ökologischer und konventioneller Betriebe zu schließen. Insbesondere interessiert die methodische Frage, ob und wie auf der Grundlage betrieblich verfügbarer Daten Aussagen zur Klimabilanz und ökologischen Nachhaltigkeit realer Betriebssysteme getroffen werden können. Die Untersuchungen auf Betriebsebene in den Pilotbetrieben ergänzen wissenschaftliche Arbeiten, die auf einzelne Fruchtarten und Fruchtfolgen fokussiert sind (Vinzent et al., 2018; Chmelíková und Hülsbergen, 2019), auf Feldversuchen beruhen (Bryzinski, 2020) oder in Versuchsstationen unter experimentellen Bedingungen (Hülsbergen, 2003; Lin et al., 2016; 2017a) durchgeführt wurden.

Eine zentrale Forschungsfrage ist, wie sich die Ressourceneffizienz (Nährstoff- und Energieeffizienz) und die Treibhausgasflüsse im ökologischen Landbau (überwiegend Low-Input-Systeme mit artenreichen Fruchtfolgen, N₂-Fixierung, Aufbau von Bodenfruchtbarkeit, betrieblichen Stoffkreisläufen, gezielter Nutzung von Ökosystemleistungen) von der im konventionellen Landbau (überwiegend High-Input-Systeme mit Stoff- und Energieinputs durch Dünge- und Pflanzenschutzmittel und hohen Ertragsleistungen) unterscheidet und welche Optionen zur Effizienzsteigerung im Pflanzenbau bestehen. Daher werden die betrieblichen Strukturen (Tierbesatz, Anbaustruktur, Fruchtartendiversität) und die Ertragsleistungen (GE-Ertrag, Energiebindung), die wesentlichen Einfluss auf die Energie- und Nährstoffeffizienz sowie die produktbezogenen Treibhausgasemissionen haben, detailliert untersucht.

Die Untersuchungen bauen methodisch auf vorangegangene Analysen im Netzwerk der Pilotbetriebe auf (vgl. Thünen-Report 8 und Thünen-Report 29), erweitern aber den Untersuchungsumfang durch eine höhere Anzahl von Untersuchungsbetrieben, einen längeren Untersuchungszeitraum sowie die detailliertere Auswertung auf unterschiedlichen Systemebenen. Die im Thünen-Report 8 (Hülsbergen und Rahmann, 2013) publizierten Ergebnisse beziehen sich auf die Initialphase des Projektes mit den Untersuchungsjahren 2009 und 2010 sowie 56 Pilotbetrieben (jeweils 12 Marktfrucht- und 16 Milchviehbetriebe mit ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung). Mit dem zweiten umfassenden Forschungsbericht von 2015 (Thünen-Report 29, Hülsbergen und Rahmann, 2015) wurden diese Untersuchungen fortgeführt. Die aktuellen Bilanzierungsergebnisse wurden auf Schlag- und Fruchtartenebenen ermittelt. Sie werden hier in aggregierter Form, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) der Betriebe, je nach Fragestellung zusätzlich bezogen auf das Ackerland (AL) und das Grünland (GL) präsentiert. Die Stickstoffbilanzen sind auf den Pflanzenbau ausgerichtet, des Weiteren werden Stickstoffbilanzen der Tierhaltung (Stallbilanz) und des Gesamtbetriebes (Hoftorbilanz) berechnet. Ergänzend werden Phosphor- und Kaliumbilanzen (Flächen- und Hoftorbilanzen) analysiert.

Die im Rahmen des Netzwerks der Pilotbetriebe entwickelte Methodik der Energie- und Treibhausgasbilanzierung der Milchviehhaltung sowie die Ergebnisse der Energie- und Treibhausgasbilanzierung der Milchviehhaltung sind in Kapitel 4.3 beschrieben.

4.1.2 Material und Methoden

4.1.2.1 Datenerfassung und Modellierung

In den Pilotbetrieben wurden in enger Zusammenarbeit mit den Betriebsleitern umfangreiche Daten zu Standortbedingungen, Betriebsstruktur (Tierbesatz, Anbaustruktur, Fruchtfolge), Anbauverfahren (Arbeitsgänge und Termine), Betriebsmitteleinsatz (Dünge- und Pflanzenschutzmittel), Erträgen und Ertragsverwendung schlagbezogen erhoben bzw. aus Ackerschlagkarteien übernommen. Die Datenerfassung erfolgte einheitlich nach einem abgestimmten Schema. Die landwirtschaftlichen Primärdaten wurden auf Plausibilität geprüft, in der zentralen Datenbank gespeichert (vgl. Abschnitt 3.3. Kommunikationsstruktur) und in das Modell REPRO übernommen.

Mit dem Modell REPRO wurden schlag- und fruchtartenbezogene Humus-, Nährstoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzen berechnet; die Bilanzierungsergebnisse wurden für Ackerland, Grünland und den Gesamtbetrieb aggregiert. Unter Verwendung der verfügbaren Standortinformationen, Betriebsdaten, Modellparameter (z. B. Futter- und Düngereinhaltsstoffe, Nährstoffgehalte der Biomasse, Humusbilanzkoeffizienten, Energieäquivalente etc.) und modellinterner Algorithmen wurden die Stoff- und Energieflüsse der Betriebssysteme analysiert. Alle für einen Pilotbetrieb berechneten Stoff- und Energiebilanzen basieren auf den gleichen Betriebsdaten, da diese Daten in REPRO nur einmal erfasst werden und dann für alle Module nutzbar sind. Die besondere Herausforderung bei der Modellierung der Betriebssysteme bestand darin, die umfangreichen Betriebsdaten für einen langen Untersuchungszeitraum vollständig zu erfassen. Die in Abschnitt 4.1.3 präsentierten Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf den Untersuchungszeitraum von 2009 bis 2017 und 65 Pilotbetriebe, davon 32 ökologische Betriebe (13 Marktfruchtbetriebe, 19 Milchviehbetriebe) und 33 konventionelle Betriebe (13 Marktfruchtbetriebe, 20 Milchviehbetriebe)¹. Während des Untersuchungszeitraums blieben die Bilanzierungsmethoden unverändert. Somit sind die Ergebnisse mit denen früherer Auswertungen (Hülsbergen und Rahmann 2013; 2015) vergleichbar.

Anhand der Bilanzergebnisse werden betriebsbezogene und generalisierende Bewertungen vorgenommen. Der Systemvergleich (ökologisch vs. konventionell) erfolgt bei allen Parametern differenziert nach Marktfrucht- und Milchviehbetrieben. Es werden Schlussfolgerungen zur Aussagekraft der gewählten Methodik, zu betrieblichen Optimierungspotenzialen und Treibhausgas-Minderungsstrategien sowie zur Nutzbarkeit der Methoden und Forschungsergebnisse in der Betriebsberatung gezogen.

4.1.2.2 Energiebilanzierung im Pflanzenbau

Die Energiebilanzierung erfolgte in den Pilotbetrieben als Prozessanalyse mit dem Modell REPRO. In Prozessanalysen werden die Inputs fossiler Energie bilanziert, die Sonnenenergie und menschliche Arbeitskraft bleiben unberücksichtigt (Hülsbergen et al., 2001). Abbildung 4.1-1 zeigt ein Energieflusseschema für Analysen von Pflanzenbausystemen mit den relevanten Energieinputs- und Energieoutputs.

¹ In einigen Pilotbetrieben konnten die landwirtschaftlichen Primärdaten nur für einen kürzeren Untersuchungszeitraum (2009 bis 2015) erfasst werden. Es wurden nur Betriebe und Untersuchungsjahre in die Auswertungen einbezogen, für die die Betriebsdaten vollständig und in hoher Qualität vorliegen.

In Pflanzenproduktionssystemen wird beim Einsatz fossiler Energie unterschieden in den

- direkten Energieinput (Kraftstoffe, Brennstoffe, Strom, ...) innerhalb der Systemgrenze „Betrieb“, also unmittelbar im Produktionsprozess zur Verrichtung von Arbeit,
- indirekten Energieinput (Dünge- und Pflanzenschutzmittel, Maschinen und Geräte, ...) im Vorleistungsbereich (Industrie, Handel, Transportwesen, ...) zur Herstellung der für den Produktionsprozess notwendigen Betriebsmittel und Investitionsgüter.

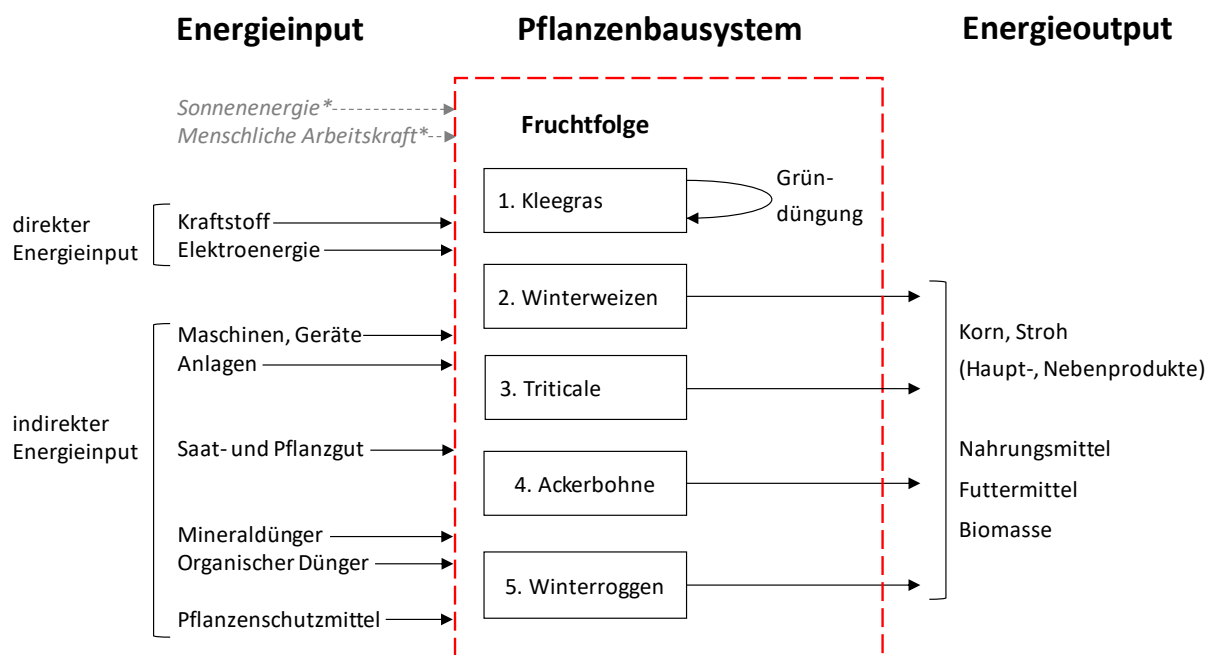


Abbildung 4.1-1: Energieflussschema im Pflanzenbau, Systemgrenzen und Energieflüsse. Beispiel für ein Pflanzenbausystem mit fünffeldriger Fruchtfolge (Chmelíková und Hülbsbergen, 2019).

* in der Prozessanalyse unberücksichtigte Energieflüsse

Die zur Berechnung der Energiebilanz verwendeten Indikatoren und Algorithmen sowie deren Ableitung und wissenschaftliche Begründung sind bei Hülbsbergen et al. (2001, 2002) publiziert. Der Betriebsmittel- und Technikeinsatz wird mit Energieäquivalenten in den Primärenergieeinsatz umgerechnet: Diesel: 39,6 MJ l⁻¹, Mineral-N: 35,3 MJ kg⁻¹, Mineral-P: 36,2 MJ kg⁻¹, Mineral-K: 11,2 MJ kg⁻¹, Pflanzenschutzmittel: 196 bis 288 MJ kg⁻¹ (aktive Wirksubstanz), Saatgut: 1,3 bis 98 MJ kg⁻¹ (je nach Fruchtart), Maschinen und Geräte: 108 MJ kg⁻¹, Transport: 6,3 MJ t⁻¹ km⁻¹. Die Energieäquivalente entsprechen dem Stand der Technik² (Küstermann et al., 2008; Frank et al., 2014).

² Die zur Energiebilanzierung der Pilotbetriebe verwendeten Energieäquivalente blieben während der Projektlaufzeit unverändert, um die Vergleichbarkeit der Bilanzierungsergebnisse zu wahren. Grundsätzlich sollten Energieäquivalente dem jeweiligen Stand der Technik entsprechen und daher von Zeit zu Zeit angepasst werden. Eine Anpassung dieser Modellparameter ist notwendig, wenn sich im Vorleistungsbereich der Primärenergieeinsatz je Produkteinheit ändert, z. B. durch den verstärkten Einsatz regenerativer Energie.

Der Energieoutput entspricht der Energiebindung der pflanzlichen Ernteprodukte (Brennwert) abzüglich des Saatguteinsatzes (Brennwert). Die Energiebindung wird aus dem Trockenmasseertrag und den Inhaltsstoffen (stoffliche Zusammensetzung der Ernteprodukte) abgeleitet (Hülsbergen, 2003). Der Netto-Energieoutput entspricht dem Energieoutput abzüglich des Energieinputs (Hülsbergen, 2003). Die Energieintensität kennzeichnet den Energieinput je Produkteinheit. Als Energieeffizienz ist als Verhältnis von Bruttoenergie im landwirtschaftlichen Produkt (Energieoutput) und Energieinput (Einsatz fossiler Energie im Produktionsverfahren) definiert (Lin et al., 2017a).

4.1.2.3 Nährstoffbilanzierung

Die Analyse von betrieblichen Nährstoffflüssen und -kreisläufen (Stickstoff, Phosphor und Kalium) der Pilotbetriebe erfolgt mit dem Modell REPRO. Nachfolgend werden die methodischen Grundlagen und Prinzipien der Nährstoffbilanzierung am Beispiel der Stickstoffbilanzierung dargestellt. Die im Modell REPRO abgebildeten N-Flüsse und N-Pools, die verwendeten Algorithmen und N-Bilanzparameter sind detailliert beschrieben bei Abraham (2001), Hülsbergen (2003) und Küstermann et al. (2010), so dass hier nur die grundlegenden Zusammenhänge dargestellt werden.

REPRO ist hierarchisch aufgebaut. Niedere Systemebenen (Schläge, Pflanzenbestände, Produkte) werden als Elemente höherer Systemebenen (Fruchtfolgen, Betrieb) aufgefasst. Analog zur Energiebilanz werden daher auch die Nährstoffflüsse im Pflanzenbau auf Schlagebene fruchtartenspezifisch analysiert und dann auf höheren Systemebenen (z. B. Ackerland, Grünland) aggregiert. Die Interaktionen zwischen den Betriebsteilen, z. B. Pflanzenbau und Tierhaltung, werden als verknüpfte Stoffflüsse dargestellt (Abbildung 4.1-2). Bei der Modellierung der innerbetrieblichen Nährstoffflüsse gilt, dass die Nährstoffoutputs eines Subsystems den Nährstoffinputs der anderen Subsysteme entsprechen. Dies ermöglicht die konsistente Modellierung von Betriebssystemen. Abbildung 4.1-2 verdeutlicht das Grundprinzip, ist aber eine Vereinfachung der im Modell erfassten Nährstoffflüsse; nicht dargestellt sind marginale Nährstoffflüsse und diverse Nährstoffpools (z. B. die Futter- und Düngerlager).

Das Modell REPRO enthält zwar eine Hoftorbilanz, das Modellkonzept unterscheidet sich aber von „Black Box“-Ansätzen und Stoffstrombilanzen, die nur die Nährstoffinputs und Nährstoffoutputs über die Betriebsgrenze analysieren. Die Auflösung der innerbetrieblichen Stoffflussbeziehungen und die prozessorientierte Analyse ermöglichen Aussagen zu den Ursachen und zum Entstehungsort von Nährstoffverlusten. Dieser Ansatz bildet auch die Grundlage für Schwachstellenanalysen und die Ableitung von Optimierungsstrategien (siehe Kapitel 4.11 Gesamtbetriebliche Optimierung).

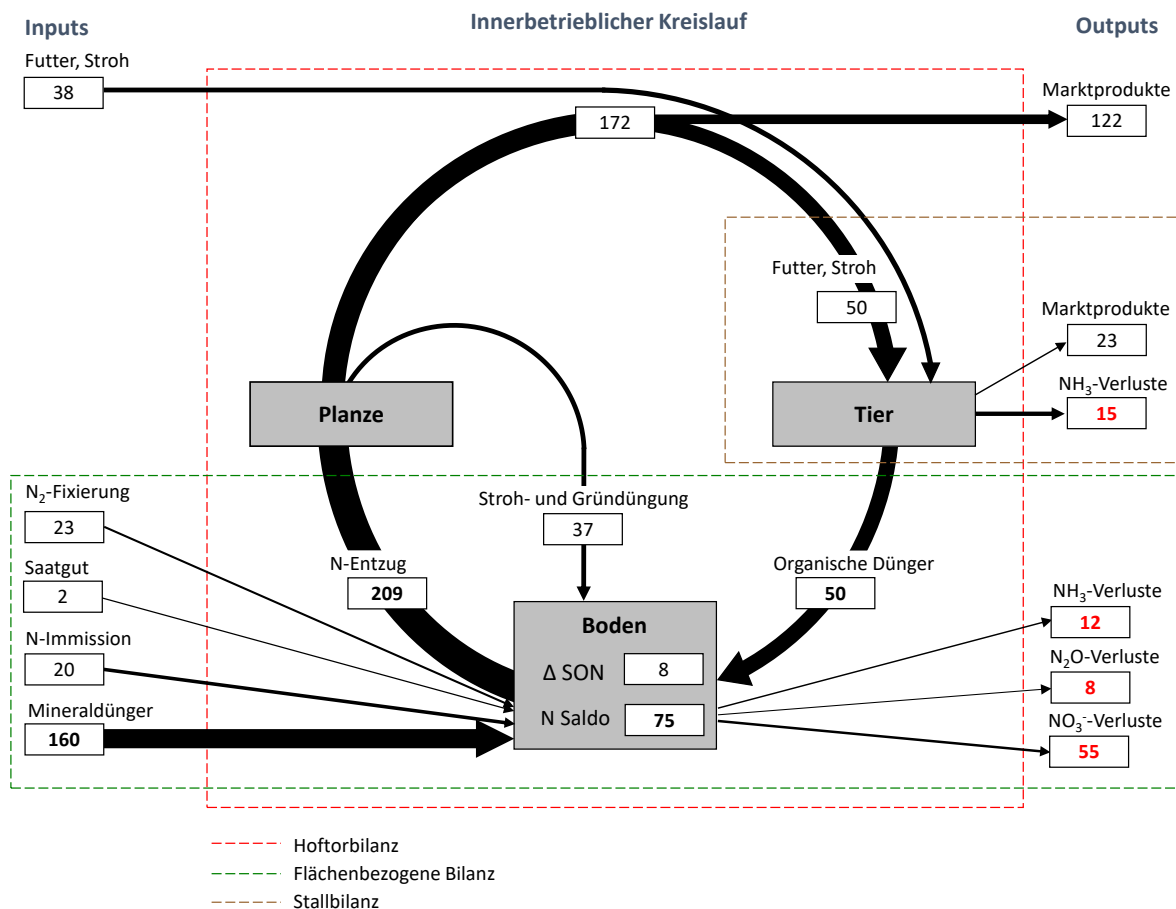


Abbildung 4.1-2: Stickstoffkreislauf eines konventionellen Betriebes mit Tierhaltung, berechnet mit dem Modell REPRO. Darstellung der Stickstoffflüsse und Systemgrenzen der Hoftorbilanz, der flächenbezogenen Bilanz und der Stallbilanz.

Das Modell REPRO enthält Methoden, um Stickstoffflüsse auf der Basis relativ einfach zu erfassender Standort- und Betriebsdaten zu berechnen. So werden beispielsweise die N-Anfallmengen der Wirtschaftsdünger anhand des Tierbestandes, der Fütterung (Proteinversorgung), der Tierleistungen, der Aufstallungsart sowie der Wirtschaftsdüngerlagerung und -aufbereitung kalkuliert.

Insbesondere für die Bewertung der N-Flüsse ökologischer Betriebssysteme ist die Berechnung der symbiotischen N₂-Fixierung von Leguminosen sehr bedeutsam. Im Modell gilt die Annahme, dass die Fixierleistung mit dem Ertrag steigt. Für jede Leguminosenart wird ein spezifischer N_{dfa}-Wert (N_{dfa} = Nitrogen derived from the atmosphere) angenommen, der je nach Bedingungen, u. a. dem Gehalt an pflanzenaufnehmbarem Stickstoff im Boden angepasst wird (z. B. Klee gras im ökologischen Anbau: N_{dfa} = 0,90, Klee gras im konventionellen Anbau: N_{dfa} = 0,80). Die in Wurzeln, Ernterückständen und Rhizodeposition enthaltenen N-Mengen werden über fruchtartenspezifische Parameter geschätzt. Beim Gemengeanbau geht der Leguminosenanteil (Masse %) als Mess- oder Schätzwert in die Berechnung ein (Küstermann et al., 2010).

Mit dem Modell werden die Indikatoren N-Saldo (kg N ha⁻¹) und N-Effizienz (%) berechnet:

$$\text{N-Saldo} = \sum \text{N-Input} - \sum \text{N-Output}$$

$$\text{N-Effizienz} = \sum \text{N-Output} \cdot (\sum \text{N-Input})^{-1} \cdot 100$$

Der N-Saldo kennzeichnet die Höhe der potenziellen N-Verluste ohne Spezifizierung der N-Verlustpfade. Im N-Umsatzmodul des Modells REPRO werden unter Berücksichtigung des Witterungsverlaufs, der Bodeneigenschaften, des Bodenprofilaufbaus sowie relevanter Managementmaßnahmen (z. B. Menge und Zeitpunkt einer N-Düngung, Termin eines Kleegrasumbruchs) die N-Mineralisierung sowie die N-Verluste quantifiziert (Abraham, 2001). Die Modellierung der N-Verluste³ mit dem N-Umsatzmodul erfordert umfangreiche schlag- bzw. teilschlagspezifische Modelleingangsdaten (z. B. bodenphysikalische Parameter, Bodenprofilaufbau, Witterungsverlauf in Tagesschritten). Die Nitratverluste können nur im Zusammenhang mit den jeweiligen Standortparametern, z. B. nutzbare Feldkapazität, Verdunstung, Sickerwasserrate, Austauschrate, interpretiert werden. Daher werden in den nachfolgend dargestellten N-Bilanzen der Pilotbetriebe keine spezifischen N-Verluste, sondern das Verlustpotenzial als N-Saldo ausgewiesen. Dargestellt wird aber die zu erwartende Boden-N_{org}-Vorratsänderung (Netto-N-Mineralisation bzw. N-Immobilisierung durch Humusabbau bzw. Humusaufbau), berechnet durch die Verknüpfung mit der dynamischen Humusbilanz (vgl. Kapitel 4.1.2.4).

Im Pflanzenbau wird als N-Effizienz das Verhältnis von N-Output und N-Input verstanden, wobei der N-Output dem N-Entzug in der geernteten pflanzlichen Biomasse (Trockenmasseertrag x N-Gehalt in der Trockenmasse), der N-Input der N-Zufuhr (Gesamt-N im organischen und mineralischen Dünger, N₂-Fixierleistung der Leguminosen, N-Deposition, N im Saatgut) entspricht.

4.1.2.4 Humusbilanzierung

Im Modell REPRO kommt die dynamische Humuseinheiten-(HE)-Methode nach Leithold et al. (1997) in einer weiterentwickelten Form zur Anwendung (Hülsbergen 2003). Die Humuseinheit ist als eine Tonne Humus mit 50 kg N und 580 kg C definiert. Das Prinzip der Humusbilanzierung besteht darin, dass dem durch den Anbau humuszehrender Fruchtarten (Hackfrüchte, Silomais, ...) verursachten Humusbedarf die Zufuhren durch den Anbau humusmehrender Fruchtarten (Leguminosen, Feldgras, ...) und organische Dünger (Stroh, Stalldung, Kompost, Gülle, ...) gegenübergestellt werden. Die Bilanzparameter der HE-Methode⁴ wurden in Dauerfeldversuchen experimentell abgeleitet und validiert.

Die Berechnung des Humusbedarfs erfolgt ertragsabhängig (dynamisch) auf der Grundlage von Stickstoffbilanzen (Brock et al., 2012; Leithold et al., 2015). Hierbei wird die Netto-N-Mineralisation in Abhängigkeit von zahlreichen Einflussfaktoren (Ertrag, N-Gehalt, N-Entzug, N-Verwertung, Mineral-N-Düngung) kalkuliert. Von der Boden-N-Aufnahme wird auf die Humusvorratsänderung geschlossen. Stick-

³ Die Analyse der N-Verluste mit dem N-Umsatzmodul wurde aufgrund des hohen Aufwandes nur für ausgewählte Schläge und Betriebe durchgeführt.

⁴ Die auf den Prinzipien der HE-Methode basierende HUMOD-Methode ist bei Brock et al. (2012) detailliert beschreiben und wissenschaftlich begründet. Eine Übersicht der in Mitteleuropa verwendeten Humusbilanzierungsmethoden geben Brock et al. (2013).

stoff- und Kohlenstoffumsatz im Boden sind bei dieser Methode eng gekoppelt (analog zu Bodenprozessmodellen). Bei gleichem Ertragsniveau einer Fruchtart (z. B. Winterweizen) ergibt sich unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus meist ein höherer Humusbedarf (gegenüber konventionellen Systemen) aufgrund der intensiveren Bodenbearbeitung und mechanischen Unkrautregulierung und des höheren Anteils des Boden-N an der Ertragsbildung, da kein Mineraldüngerstickstoff eingesetzt wird (Leithold et al., 2015).

Die Parameter für humusmehrende Fruchtarten (z. B. Luzerne, Rotklee, Ackergras, Klee-Luzerne-Gras-Gemenge) wurden in Dauerfeldversuchen anhand der gemessenen und modellierten langjährigen C_{org} - und N_{org} -Akkumulation im Boden ermittelt. Auch bei diesen Parametern erfolgt eine ertragsabhängige Differenzierung – je höher der Ertrag, umso höher ist die Humusersatzleistung. Sie beziehen sich überwiegend auf den Ap-Horizont, wodurch der humusanreichernde Effekt tiefwurzender Pflanzen (z. B. Luzerne) unterschätzt wird (Hülsbergen, 2003; Braun et al., 2010). Die organischen Dünger werden nach ihrer stofflichen Zusammensetzung (TM-Gehalt, C:N-Gehalt, Ligningehalt, Rottegrad) bewertet. Die Bilanzparameter stammen ebenfalls aus Feldexperimenten sowie aus Inkubationsversuchen. Bei organischen Düngern der Tierhaltung erfolgt eine Differenzierung nach Tierarten, Lagerungs- und Aufbereitungsverfahren (Hülsbergen, 2003). Größere Unsicherheiten bei der Bilanzierung ergeben sich durch die nur ungenaue Bestimmung der zugeführten organischen Primärschubstanz (die Stroh- und Gründüngung wird unter Praxisbedingungen nicht genau erfasst), auch die Applikationsmengen und Inhaltsstoffe der Wirtschaftsdünger werden nur näherungsweise bestimmt.

Mit Hilfe der HE-Methode können auf der Grundlage verfügbarer Standort- und Bewirtschaftungsdaten Humusvorratsänderungen in Abhängigkeit vom Bewirtschaftungssystem geschätzt werden. Die Humussalden (angegeben in kg Humus-C) kennzeichnen die zu erwartenden Boden- C_{org} - und N_{org} -Vorratsänderungen. Die Humussalden können nach VDLUFA (2014) in Versorgungsklassen eingestuft werden. Zusätzlich gibt der Humusversorgungsgrad Auskunft, ob Humusbedarf und Humuszufuhr übereinstimmen oder Anpassungen im Management erforderlich sind.

4.1.2.5 Treibhausgasbilanzierung und Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit

In die Treibhausgasbilanz gehen Ergebnisse der Humusbilanz (C-Sequestrierung), der Energiebilanz (anbaubedingte CO_2 -Emissionen) und der Stickstoffbilanz (N_2O -Emissionen) ein. Die Emissionen werden unter Nutzung der spezifischen Treibhauspotenziale in CO_2 -Äquivalente [CO_2_{eq}] umgerechnet, die den relativen Beitrag eines Gases zum Treibhauseffekt charakterisieren. Abhängig von der Absorption der infraroten Strahlung und der Verweildauer in der Atmosphäre beträgt das Treibhauspotential von Methan 23, das von Lachgas 296, bezogen auf die Wirksamkeit von CO_2 (= 1), (IPCC, 2001).

Die Treibhausgasbilanzierung des Pflanzenbaus erfolgt nach der im Modell REPRO implementierten Methode (Küstermann et al., 2008) auf Grundlage der analysierten Stoff- und Energieflüsse, in direkter Verbindung mit der Energiebilanzierung, der Stickstoffbilanzierung und der Humusbilanzierung. Alle Stoff-, Energie- und Treibhausgasflüsse werden schlag- und fruchtartenbezogen analysiert und je nach Fragestellung auf unterschiedlichen Systemebenen zusammengefasst (z. B. je ha landwirtschaftlicher Nutzfläche des Betriebes). Besonderheiten der Treibhausgasbilanzierung mit REPRO sind, dass die mit dem direkten und indirekten Einsatz fossiler Energie verbundenen CO_2 -Emissionen sowie die durch Humusbilanzierung ermittelten Potenziale der Bodenkohlenstoffveränderung als relevante Treibhausgasflüsse

einbezogen werden. Die Methode ist für Systemvergleiche ökologischer und konventioneller Betriebe geeignet. Sie wurde unverändert seit Beginn des Projektes Netzwerk der Pilotbetriebe (Hülsbergen und Rahmann, 2013) verwendet⁵, um die Vergleichbarkeit mit früheren Auswertungen zu wahren sowie betriebliche Entwicklungs- und Optimierungsprozesse analysieren zu können (vgl. Kapitel 4.11).

Zur Ermittlung der prozessbedingten Treibhausgasemissionen durch den Einsatz fossiler Energie im Pflanzenbau werden folgende Emissionsfaktoren verwendet: Diesel: 3,44 kg CO_{2eq} l⁻¹, Biodiesel: 0,78 kg CO_{2eq} MJ l⁻¹, Strom: 0,72 kg CO_{2eq} kWh⁻¹, Maschinen: 7,76 CO_{2eq} kg⁻¹, Saatgut Mais: 0,91 CO_{2eq} kg⁻¹, Mineral-N-Dünger: 6,95 CO_{2eq} kg⁻¹, Mineral-P-Dünger: 0,70 CO_{2eq} kg⁻¹, Herbizide: 8,33 CO_{2eq} kg⁻¹, Fungizide: 5,34 CO_{2eq} kg⁻¹, Insektizide: 10,05 CO_{2eq} kg⁻¹ (Datenquellen: Kaltschmitt und Reinhardt, 1997; Kalk und Hülsbergen, 1997; Hülsbergen, 2003; Küstermann et al., 2008; Öko-Institut, 2010; Saling und Kölsch, 2008; Frank, 2014). Die CO₂-Emissionen bzw. die CO₂-Sequestrierung durch Humusvorratsänderungen werden auf der Grundlage der dynamischen Humusbilanzierungsmethode (vgl. Abschnitt 4.1.2.4) in Abhängigkeit von Standortbedingungen, Kulturpflanzen, Anbauverfahren, Erträgen und Düngung mit dem Modell REPRO berechnet (Hülsbergen, 2003; Küstermann et al., 2008).

Die Berechnung der N₂O-Emissionen erfolgt unter Verwendung des IPCC-Ansatzes (IPCC, 1997). Stark vereinfachend wird unterstellt, dass 1,25 % des den Böden durch organische und mineralische Düngung, N₂-Fixierung und N-Deposition zugeführten Stickstoffs als N₂O-N emittiert werden³. In die Berechnung fließen die Ergebnisse der Stickstoffbilanzierung ein, z. B. die ertragsabhängige Schätzung der N₂-Fixierleistung (vgl. Abschnitt 4.1.2.3).

Die Treibhausgasemissionen werden flächenbezogen und produktbezogen (je t GE bzw. je GJ Ernteprodukt) ermittelt, um Systemvergleiche unter Berücksichtigung der Ertragsleistungen zu ermöglichen. Als Einflussfaktoren auf die Treibhausgasflüsse werden der Energieinput und C-Sequestrierung geprüft.

Die Gesamtbewertung der ökologischen Nachhaltigkeit erfolgt mit Strukturkennzahlen (Anbaustruktur, Fruchtartendiversität), Ertragskennzahlen (Getreideeinheitenertrag, Energiebindung), Nährstoff- und Humusbilanzsalden, Parametern zur Nährstoff- und Energieeffizienz sowie flächen- und produktbezogene Treibhausgasemissionen. Hierbei werden jeweils Relationen gebildet zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben sowie zwischen Marktfruchtbetrieben und Milchviehbetrieben. Die systembedingten Unterschiede werden durch Netzdiagramm veranschaulicht.

⁵ Auf eine Anpassung des REPRO-Moduls zur Treibhausgasbilanzierung an überarbeitete IPCC-Algorithmen oder aktualisierte Emissionsfaktoren wurde verzichtet, um einen kompletten Datensatz zu erstellen, der ohne methodische Brüche für die gesamte Projektlaufzeit auswertbar ist.

4.1.3 Ergebnisse

4.1.3.1 Standortbedingungen und Betriebssysteme

Die Pilotbetriebe repräsentieren ein breites Spektrum an Standortbedingungen (Tabelle 4.1-1). Es sind Betriebe mit mittleren Höhenlagen von 0 m (Küstenregionen) bis 780 m NN (Alpenvorland), Jahresniederschlagsmengen von 536 mm (mitteldeutsches Trockengebiet) bis 1507 mm (Allgäu) und Jahresdurchschnittstemperaturen von 6,9 °C bis 10,8 °C in die Untersuchungen einbezogen. Die Flächen der Marktfruchtbetriebe weisen im Mittel etwas höhere Bodenwertzahlen auf (öko: 56, konv: 59) als die der Milchviehbetriebe (öko: 41, konv: 46); die Flächen der konventionellen Pilotbetriebe im Mittel etwas höhere Bodenwertzahlen als die der ökologischen Pilotbetriebe. Es ist davon auszugehen, dass die Betriebspaare (bestehend aus nahegelegenen bzw. direkt angrenzenden ökologischen und konventionellen Betrieben) unter nahezu gleichen Standortbedingungen wirtschaften.

Tabelle 4.1-1: Standortbedingungen der Pilotbetriebe

Kennzahl	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktfrucht	Milchvieh	Marktfrucht	Milchvieh
Höhenlage	n	13	19	13	20
	m	197	254	198	281
		(0 - 588)	(3 - 780)	(0 - 588)	(1 - 780)
Niederschlag	mm a ⁻¹	757	847	764	882
		(589 - 1109)	(536 - 1507)	(591 - 1109)	(536 - 1507)
Jahresdurchschnittstemperatur	°C	8,5	8,5	8,5	8,5
		(7,5 - 9,7)	(6,9 - 10,8)	(7,5 - 9,7)	(6,9 - 10,8)
Bodenwertzahl		56	41	59	46
		(41 - 75)	(19 - 54)	(40 - 78)	(25 - 68)

In den konventionellen Marktfruchtbetrieben werden keine Tiere gehalten (Tabelle 4.1-2), in den ökologischen Marktfruchtbetrieben nur in so geringem Umfang (im Mittel 0,02 GV ha⁻¹), dass es für die betrieblichen Stoffkreisläufe, Energieflüsse und Emissionen von untergeordneter Bedeutung ist. Der mittlere Tierbesatz in den konventionellen Milchviehbetrieben ist mit 1,47 GV ha⁻¹ deutlich höher als in den ökologischen Milchviehbetrieben mit 0,86 GV ha⁻¹.

Tabelle 4.1-2: Tierbesatz der Pilotbetriebe

Kennzahl	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktfrucht	Milchvieh	Marktfrucht	Milchvieh
Tierbesatz	GV ha ⁻¹	0,02 (0 - 0,17)	0,87 (0,25 - 1,81)	0,00 (0 - 0)	1,48 (0,64 - 2,72)
Rinder	GV ha ⁻¹	0,02 (0 - 0,17)	0,86 (0,25 - 1,81)	0,00 (0 - 0)	1,47 (0,64 - 2,72)

Die Anbaustruktur der Pilotbetriebe unterscheidet sich deutlich (Tabelle 4.1-3). Der flächenmäßig kleinste Betrieb bewirtschaftet 30 ha, der größte Betrieb 1299 ha landwirtschaftliche Nutzfläche. Die Marktfruchtbetriebe nutzen überwiegend bis ausschließlich Ackerland, die tierhaltenden Betriebe haben Grünlandanteile bis 100 % der LN (z. B. auf den Grünlandstandorten im Allgäu).

Tabelle 4.1-3: Anbaustruktur der Pilotbetriebe

Fruchtart	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktfrucht	Milchvieh	Marktfrucht	Milchvieh
Landw. Nutzfläche (LN)	ha	237 (57 - 742)	178 (35 - 1299)	267 (65 - 1224)	149 (30 - 973)
Ackerland (AL)	% der LN	93 (73 - 100)	53 (0 - 96)	97 (81 - 100)	59 (0 - 90)
Grünland (GL)	% der LN	7 (0 - 27)	47 (4 - 100)	3 (0 - 19)	41 (10 - 100)
Getreide	% des AL	57 (36 - 76)	40 (0 - 68)	66 (44 - 95)	42 (0 - 73)
Winterweizen	% des AL	16 (0 - 32)	11 (0 - 43)	36 (0 - 72)	26 (0 - 56)
Körnerleguminosen	% des AL	11 (0 - 17)	6 (0 - 17)	0 (0 - 0)	1 (0 - 8)
Ölfrüchte	% des AL	0 (0 - 3)	2 (0 - 11)	17 (0 - 36)	8 (0 - 28)
Hackfrüchte und Mais	% des AL	10 (0 - 32)	9 (0 - 24)	13 (0 - 47)	37 (11 - 100)
Silomais	% des AL	0 (0 - 5)	6 (0 - 20)	6 (0 - 35)	35 (11 - 100)
Futterpflanzen ^a	% des AL	19 (6 - 28)	39 (17 - 62)	2 (0 - 16)	11 (0 - 46)
Untersaaten	% des AL	7 (0 - 24)	8 (0 - 34)	0 (0 - 0)	0 (0 - 9)
Zwischenfrüchte	% des AL	18 (0 - 38)	13 (0 - 39)	11 (0 - 42)	14 (0 - 59)
Fruchtartendiversität	Index	2,36 (1,78 - 3,01)	2,08 (1,01 - 3,20)	1,56 (0,86 - 2,51)	1,57 (0,84 - 2,19)

^a überwiegend Klee gras und andere Futterleguminosen-Gras-Gemenge (Luzerne-Klee gras) sowie Acker gras

Die Analyse der Anbaustrukturen der Pilotbetriebe zeigt systembedingte Unterschiede zwischen den ökologischen und konventionellen Betrieben sowie deutliche Einflüsse der Produktionsrichtungen und der Standortbedingungen. In den ökologischen Pilotbetrieben werden Körnerleguminosen auf $\bar{x}$ 11 % des AL (Marktfruchtbetriebe) bzw. $\bar{x}$ 6 % des AL (Milchviehbetriebe) angebaut. In den konventionellen Marktfruchtbetrieben fand im Untersuchungszeitraum kein Anbau von Körnerleguminosen statt, in den konventionellen Milchviehbetrieben nur auf 1 % des AL.

Wegen der Futternutzung haben die ökologischen Milchviehbetriebe deutlich höhere Feldfutter- und Klee grasanteile ($\bar{x}$ 39 % des AL) als die Marktfruchtbetriebe ($\bar{x}$ 19 % des AL). In den konventionellen Milchviehbetrieben wurden Feldfutteranteile von $\bar{x}$ 11 % des AL ermittelt; einige konventionelle Milchviehbetriebe haben sehr hohe Feldfutteranteile (bis 46 % des AL) auf futterwüchsigen Standorten, z. B. im Voralpenraum. Hingegen wird auf den Klee grasanbau in den meisten konventionellen Marktfruchtbetrieben gänzlich verzichtet. Die Getreideanteile der Marktfruchtbetriebe sind im Mittel höher als die der Milchviehbetriebe; in einzelnen Betrieben wurden sehr hohe Getreideanteile festgestellt. Der Anbauanteil von Winterweizen ist in den konventionellen Pilotbetrieben im Mittel mehr als doppelt so hoch wie in den ökologischen Pilotbetrieben. Ein deutlicher systembedingter Unterschied zeigt sich auch bei den Ölpflanzen. In den ökologischen Betrieben sind Ölpflanzen wie Winterraps eine Nischenkultur, die nur auf wenigen Standorten anbauwürdig ist. In den konventionellen Marktfruchtbetrieben hingegen werden Ölfrüchte (fast ausschließlich Winterraps) auf 17 % des AL angebaut.

Die hohe Bodennutzungsintensität konventioneller Anbausysteme spiegelt sich in den Hackfrucht- und Silomaisanteilen wider ($\bar{x}$ 37 % des AL in den Milchviehbetrieben). Mais wird in den ökologischen Milchviehbetrieben auf $\bar{x}$ 6 % des AL angebaut zur Produktion von Maissilage für die Milchviehfütterung. In den ökologischen Betrieben werden im Mittel auf $\bar{x}$ 7 % des AL (Marktfruchtbetriebe) bzw. $\bar{x}$ 8 % des AL (Milchviehbetriebe) Untersaaten etabliert, allerdings mit einer hohen einzelbetrieblichen Variabilität (von 0 bis 34 % des AL je nach Standortbedingungen und Fruchtfolge). In den konventionellen Pilotbetrieben werden kaum Untersaaten angebaut, aber in relativ hohem Umfang Sommer- und Winterzwischenfrüchte. Im Mittel übertrifft die Fruchtartendiversität (Shannon-Weaver-Index) der ökologischen Betriebe (2,36 bzw. 2,08) die der konventionellen Pilotbetriebe (1,56 bzw. 1,57). Die höhere Anbauvielfalt der ökologischen Pilotbetriebe zeigt sich in artenreichen, Leguminosen basierten Fruchtfolgen, während in konventionellen Fruchtfolgen häufig hohe Anbaukonzentrationen von Getreide und Silomais auftreten.

Tabelle 4.1-4 zeigt anhand von Indikatoren die Landnutzungsintensität ökologischer und konventioneller Pilotbetriebe. Gemäß den Anbaurichtlinien werden in den ökologischen Pilotbetrieben keine chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel (PSM) eingesetzt. Die Intensität des Pflanzenschutzes der konventionellen Marktfruchtbetriebe übertrifft die der konventionellen Milchviehbetriebe ganz erheblich. Dies zeigen übereinstimmend alle Indikatoren – die PSM-Applikationshäufigkeit, der Behandlungsindex⁶ und der Anteil nicht behandelter Flächen. Als wesentliche Ursache ist anzuführen, dass auf dem Grünland weitgehend auf den Einsatz von PSM verzichtet wird, oder nur wenige Behandlungen mit Herbiziden durchgeführt werden. Auch in den konventionellen Produktionsverfahren von Silomais finden vergleichsweise

⁶ Als Behandlungsindex (BI) wird die Anzahl der angewandten Pflanzenschutzmittel bezogen auf die zugelassene Aufwandmenge und die Anbaufläche bezeichnet. Der Behandlungsindex dient als quantitatives Maß zur Beschreibung der Intensität der Anwendung von zugelassenen Pflanzenschutzmitteln (JKI, 2021).

wenige PSM-Applikationen statt. Ein hoher Behandlungsindex (Einsatz von Wachstumsregulatoren, Herbiziden, Fungiziden, Insektiziden) wurde beim Winterweizen festgestellt.

Bei der Bodenbearbeitungsintensität zeigt sich eine außerordentlich große Variabilität – je nach Standortbedingungen (Boden, Klima), Fruchtfolge, ökologischer oder konventioneller Bewirtschaftung sowie der Betriebsform (Marktfreuchtbau vs. Milchviehhaltung) werden unterschiedliche Verfahren der Grundbodenbearbeitung bevorzugt (z. B. pfluglose Bodenbearbeitung, Tabelle 4.1-4). Ökologische Marktfreuchtbetriebe können oft auf die unkrautregulierende und nährstoffmobilisierende Wirkung des Pfluges nicht verzichten. Der Flächenanteil mit pflugloser Bodenbearbeitung ist daher in den konventionellen Marktfreuchtbetrieben mehr als doppelt so hoch als in den ökologischen Marktfreuchtbetrieben. In den konventionellen Pilotbetrieben wurde eine höhere Anzahl von Arbeitsgängen und höhere Überrollhäufigkeit festgestellt, aber auch bei diesen Parametern zeigen sich erhebliche betriebliche Unterschiede. Der Stickstoff- und Energieeinsatz belegt ebenfalls die unterschiedliche Landnutzungsintensität. Die Kennzahl Energieinput fasst alle Aufwendungen im Produktionsverfahren zusammen – vom direkten Energieeinsatz (Dieselkraftstoff) bis zum Technik- und Betriebsmitteleinsatz. Die ökologischen Pilotbetriebe erreichen im Mittel nur etwa 50 % des Energieinputs der konventionellen Betriebe.

Tabelle 4.1-4: Intensitätskennzahlen im Pflanzenbau der Pilotbetriebe

Kennzahl	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktfrucht	Milchvieh	Marktfrucht	Milchvieh
Pflanzenschutzintensität					
PSM-Applikationshäufigkeit ^a	Anzahl	0,00	0,00	4,39 (1,85 – 7,12)	1,37 (0 – 3,98)
Behandlungsindex, Gesamt ^b		0,00	0,00	6,55 (3,77 – 9,90)	2,05 (0 – 4,44)
Behandlungsindex, Weizen ^b		0,00	0,00	5,84 (3,29 – 8,41)	2,82 (0 – 7,43)
Unbehandelte Fläche ^c	% LN	100,0	100,0	5,6 (0 – 21)	44,5 (1 – 100)
Bearbeitungsintensität					
Pfluglose Bodenbearbeitung	% AL	25 (1 – 51)	46 (11 – 100)	57 (0 – 100)	34 (0 – 100)
Arbeitsgänge ^d	Anzahl	9,5 (6,2 – 12,2)	13,2 (7,9 – 19,4)	20,7 (12,6 – 30,5)	17,8 (12,2 – 23,7)
Überrollhäufigkeit ^e	Anzahl	8,6 (5,2 – 11,3)	10,8 (5,8 – 17,2)	12,9 (9,7 – 17,0)	14,7 (9,6 – 23,5)
Stoff- und Energieinput					
Stickstoffinput ^f	kg N ha ⁻¹	141 (97 - 196)	172 (101 - 273)	245 (177 - 313)	280 (204 - 335)
Energieinput ^g	GJ ha ⁻¹	6,8 (3,9 - 10,7)	7,4 (4,8 - 12,1)	13,3 (10,0 - 15,1)	14,7 (10,4 - 18,9)

^a Applikationshäufigkeit von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln (PSM)

^b Behandlungsindex: Anzahl eingesetzter PSM, bezogen auf die zugelassene Aufwandmenge und Anbaufläche

^c Unbehandelte Fläche: Fläche ohne Einsatz chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel

^d Arbeitsgänge: Anzahl der Arbeitsgänge in einem Produktionsverfahren im Pflanzenbau

^e Überrollhäufigkeit: Anzahl der Überrollungen in einem Produktionsverfahren im Pflanzenbau

^f Gesamtzufuhr von Stickstoff im Pflanzenbau je ha landwirtschaftlicher Nutzfläche (vgl. Tabelle 4.1-10)

^g Einsatz fossiler Energie im Pflanzenbau je ha landwirtschaftlicher Nutzfläche (vgl. Tabelle 4.1-8)

4.1.3.2 Ertragsleistungen im Pflanzenbau

Die Ertragsleistungen werden nach verschiedenen Kriterien bewertet (Tabelle 4.1-5 bis Tabelle 4.1-7). Beim Winterweizenertrag und allen anderen Ertragsparametern (Getreideeinheiten, Energiebindung) zeigen sich bedeutende Unterschiede zwischen ökologischem und konventionellem Landbau, zugleich aber auch eine enorme einzelbetriebliche Variabilität, bedingt durch Standort-, Witterungs- und Managementeinflüsse. In ökologischen Marktfruchtbetrieben betrug der Weizenertrag $\bar{x}$ 39 dt ha⁻¹ (44 % des Ertrages der konventionellen Marktfruchtbetriebe), in den Milchviehbetrieben $\bar{x}$ 38 dt ha⁻¹ (49 % des Ertrages der konventionellen Milchviehbetriebe). Zu beachten ist, dass standortbedingt nicht in allen Pilotbetrieben

Weizen angebaut wurde. Im Vergleich zum Winterweizen (Ertragsrelation⁷: 0,44 und 0,49) sind die Ertragsrelationen bei anderen Getreidearten etwas enger, z. B. bei Wintergerste mit 0,47 und 0,51, bei Triticale mit 0,50 bzw. 0,55 (Tabelle 4.1-7). Hierbei wird das Verhältnis der mittleren Erträge ökologischer und konventioneller Betriebe analysiert, jeweils bezogen auf Marktfruchtsysteme und Milchviehsysteme. Innerhalb der Gruppe der ökologischen und der konventionellen Pilotbetriebe wird das Ertragsverhältnis zwischen Marktfruchtbetrieben und Milchviehbetrieben betrachtet.

Tabelle 4.1-5: Ertragskennzahlen (Frischmasseerträge ^{a)} im Pflanzenbau der Pilotbetriebe

Fruchtart	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktfrucht	Milchvieh	Marktfrucht	Milchvieh
Winterweizen	dt FM ha ⁻¹	39 (30 - 52)	38 (18 - 51)	89 (71 - 100)	77 (54 - 97)
Wintergerste	dt FM ha ⁻¹	36 (30 - 41)	38 (29 - 50)	76 (48 - 99)	75 (53 - 101)
Winterroggen	dt FM ha ⁻¹	40 (38 - 46)	31 (17 - 46)	64 (42 - 78)	68 (64 - 72)
Triticale	dt FM ha ⁻¹	38 (30 - 52)	41 (27 - 65)	76 (67 - 86)	75 (71 - 80)
Hafer	dt FM ha ⁻¹	35 (27 - 48)	37 (25 - 52)		
Raps	dt FM ha ⁻¹		32 (21 - 42)	45 (40 - 49)	46 (31 - 56)
Mais (Silo)	dt FM ha ⁻¹	250 (250 - 250)	348 (200 - 456)	501 (355 - 580)	507 (425 - 613)
Luzerne-Klee gras	dt FM ha ⁻¹	385 (260 - 521)	398 (285 - 511)	265 (240 - 290)	482 (282 - 656)
Ackergras	dt FM ha ⁻¹	357 (357 - 357)	336 (250 - 477)	383 (350 - 440)	455 (402 - 510)
Grünland	dt FM ha ⁻¹	217 (150 - 275)	364 (230 - 499)	253 (150 - 360)	486 (353 - 605)

^a TS-Gehalte: Getreide 86 %, Silomais 28 %, Raps 91 %, Luzerne-Klee gras, Ackergras, Grünland 20 %

Die Silomaiserträge erreichten in den ökologischen Pilotbetrieben 50 % (Marktfruchtbetriebe) bzw. 69 % (Milchviehbetriebe) der Erträge der konventionellen Pilotbetriebe. Somit ist die Ertragsrelation im Futterbau enger als beim Druschgetreide. Beim Klee gras wurde in den Milchviehbetrieben eine Ertragsrelation von 0,83 (ökologisch/konventionell) festgestellt (Tabelle 4.1-7). Die Klee graserträge der ökologischen Marktfruchtbetriebe übertrafen die der konventionellen Marktfruchtbetriebe aufgrund der unterschiedlichen Ertragsverwendung. Oftmals wird in Marktfruchtbetrieben Klee gras zur Gründüngung, N₂-Fixierung, Humusakkumulation und Unkrautregulierung genutzt. Zum Teil werden einzelne Klee grasaufwüchse gemulcht, andere geschnitten und futterbaulich verwertet. Die angeführten Erträge beziehen sich auf die geerntete Biomasse, nicht auf den Biomasseaufwuchs.

⁷ Die Ertragsrelation (Ertrag ökologisch / Ertrag konventionell) hat sich als wichtiger Indikator beim Vergleich ökologischer und konventioneller Pflanzenbausysteme etabliert (Seuffert et al., 2012; Lin und Hülsbergen, 2017b).

Tabelle 4.1-6: Energiebindung, Kohlenstoffbindung und Getreideeinheitenertrag im Pflanzenbau der Pilotbetriebe

Kennzahl	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktfrucht	Milchvieh	Marktfrucht	Milchvieh
Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN)					
Energiebindung (HP + NP) ^a	GJ ha ⁻¹	76 (54 - 117)	118 (70 - 186)	152 (115 - 197)	185 (129 - 217)
Energiebindung (HP)	GJ ha ⁻¹	65 (40 - 104)	110 (63 - 186)	142 (112 - 197)	169 (124 - 214)
Getreideeinheiten (HP + NP)	GE ha ⁻¹	37 (27 - 50)	43 (24 - 63)	89 (71 - 99)	72 (57 - 89)
Getreideeinheiten (HP)	GE ha ⁻¹	36 (26 - 50)	42 (24 - 62)	89 (69 - 99)	71 (56 - 87)
C-Bindung (HP + NP)	kg C ha ⁻¹	1864 (1316 - 2884)	2962 (1718 - 4682)	3574 (2647 - 4590)	4537 (3192 - 5441)
C-Bindung (HP)	kg C ha ⁻¹	1606 (969 - 2546)	2750 (1567 - 4682)	3311 (2647 - 4241)	4145 (2949 - 5365)
Ackerland (AL)					
Energiebindung (HP + NP)	GJ ha ⁻¹	77 (54 - 118)	121 (69 - 213)	154 (116 - 201)	201 (128 - 294)
Energiebindung (HP)	GJ ha ⁻¹	66 (43 - 104)	103 (53 - 213)	143 (112 - 201)	176 (124 - 284)
Getreideeinheiten (HP + NP)	GE ha ⁻¹	38 (28 - 50)	43 (23 - 63)	91 (75 - 103)	82 (62 - 98)
Getreideeinheiten (HP)	GE ha ⁻¹	37 (27 - 50)	42 (22 - 63)	90 (75 - 103)	81 (61 - 96)
Grünland (GL)					
Energiebindung (HP) ^b	GJ ha ⁻¹	57 (0 - 91)	117 (76 - 162)	57 (0 - 114)	155 (99 - 195)
Getreideeinheiten (HP) ^b	GE ha ⁻¹	19 (0 - 31)	40 (26 - 55)	19 (0 - 39)	53 (34 - 66)

^a HP = Hauptprodukt, NP = Nebenprodukt^b = Erträge von 0 GJ ha⁻¹ bzw. 0 GE ha⁻¹ auf dem Grünland bedeuten, dass auf diesen Extensiv-Grünlandflächen keine Biomasseernte stattfand, sondern nur Grünlandpflege (Schnitt zur Offenhaltung der Landschaft)

In Tabelle 4.1-6 werden die Energiebindung, die Kohlenstoffbindung und der Getreideeinheitenertrag im Pflanzenbau der Pilotbetriebe auf Ebene der landwirtschaftlichen Nutzfläche (Gesamtbetrieb), des Acker- und Grünlands dargestellt. Die Ergebnisse sind mit und ohne Nebenprodukt ausgewiesen.

Die Energiebindung in der geernteten pflanzlichen Biomasse (GJ ha^{-1}) fasst alle Ernteprodukte (auch Nebenprodukte, z. B. Stroh) nach ihrem physikalischen Brennwert⁸ zusammen. Auf die Höhe der Energiebindung hat nicht nur der Biomasseertrag (Netto-Primärproduktion), sondern auch der Harvestindex entscheidenden Einfluss; dieser ist u. a. abhängig vom Korn:Stroh-Verhältnis, der Strohverwendung (Strohdüngung oder Strohernte), der Klee grasverwendung (Klee grasmulch oder Klee grasernte). Dies erklärt, warum die ökologischen Milchviehbetriebe beim Parameter „Energiebindung“ die ökologischen Marktf Fruchtbetriebe so deutlich übertreffen ($\bar{x}$ 118 GJ ha^{-1} im Vergleich zu 76 GJ ha^{-1}).

Tabelle 4.1-7: Ertragsrelationen im Pflanzenbau der Pilotbetriebe

Kennzahl	Ertragsrelation		Ertragsrelation	
	Marktf Frucht ^a öko/konv	Milchvieh ^b öko/konv	ökologisch ^c Marktf Frucht/Milchvieh	konventionell ^d Marktf Frucht/Milchvieh
Winterweizen	0,44	0,49	1,03	1,16
Wintergerste	0,47	0,51	0,95	1,01
Winterroggen	0,63	0,46	1,29	0,94
Triticale	0,50	0,55	0,93	1,01
Mais	0,50	0,69	0,72	0,99
Klee gras	1,45	0,83	0,97	0,55
Energiebindung ^e	0,50	0,64	0,64	0,82
Getreideeinheiten ^f	0,42	0,60	0,86	1,24
C-Bindung ^g	0,52	0,65	0,63	0,79

^a Ertragsrelation: Ertrag ökologischer Marktf Fruchtbau / Ertrag konventioneller Marktf Fruchtbau

^b Ertragsrelation: Ertrag ökologischer Milchviehbetrieb / Ertrag konventioneller Milchviehbetrieb

^c Ertragsrelation: Ertrag ökologischer Marktf Fruchtbau / Ertrag ökologischer Milchviehbetrieb

^d Ertragsrelation: Ertrag konventioneller Marktf Fruchtbau / Ertrag konventioneller Milchviehbetrieb

^e Energiebindung (Hauptprodukt + Nebenprodukt) auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche (GJ ha^{-1})

^f Getreideeinheitenertrag (Hauptprodukt + Nebenprodukt) auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche (GE ha^{-1})

^g C-Bindung (Hauptprodukt + Nebenprodukt) auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche (kg ha^{-1})

⁸ Entsprechend der stofflichen Zusammensetzung (Rohnährstoffe und deren spezifischer Brennwert) wird z. B. Weizenstroh im Mittel mit $17,7 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ TM}$ im Vergleich zu Weizenkorn ($18,6 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ TM}$) relativ hoch bewertet, unabhängig von der Nutzung (Einstreu, Futtermittel, energetische Verwertung).

Mit Hilfe des Maßstabs „Getreideeinheiten“ (GE) werden alle Ernteprodukte nach ihrem Wert für die Human- und Tierernährung bewertet und aggregiert. Beim Vergleich der GE-Erträge zeigen sich bei den ökologischen Marktfruchtbetrieben ähnliche Ertragsrelationen wie beim Weizen. Sie erreichen 42 % des konventionellen GE-Ertrages, die Milchviehbetriebe hingegen 60 % der GE-Ertragsleistungen der konventionellen Pilotbetriebe (Tabelle 4.1-7). Bei einer energetischen Bewertung der Ernteprodukte schneiden die ökologischen Betriebe im Systemvergleich besser ab als bei der Bewertung mit Getreideeinheiten. Die entsprechenden Ertragsrelationen betragen 0,50 und 0,64 im Vergleich zu 0,42 und 0,60. Die Ertragsrelation ist beim Maßstab C-Bindung (C-Gehalt der geernteten Biomasse) nahezu identisch mit der energetischen Ertragsrelation.

Die ökologischen Milchviehbetriebe sind bei allen Ertragsparametern (Energiebindung, GE-Ertrag, C-Bindung) den ökologischen Marktfruchtbetrieben deutlich überlegen, obwohl die Bodenwertzahlen im Mittel niedriger sind (vgl. Tabelle 4.1-1). Die ökologischen Marktfruchtbetriebe erreichen im Mittel der landwirtschaftlichen Nutzfläche nur 63 bis 86 % der Ertragsleistungen der ökologischen Milchviehbetriebe. Ursachen sind die unterschiedlichen Anbaustrukturen (höhere Anteile ertragreicher Fruchtarten wie Silomais und Klee gras, fast ausschließliche Biomasseernte beim Klee grasanbau sowie höheres Düngenniveau durch Stallmist- und Gülle in den Milchviehbetrieben).

In den konventionellen Betrieben hingegen übertreffen die mittleren GE-Erträge der Marktfruchtbetriebe die der Milchviehbetriebe um 24 %. Neben den etwas günstigeren Standortbedingungen ist der Anbau von Fruchtarten mit hohem GE-Ertragspotenzial (Zuckerrüben, Kartoffeln, Feldgemüse) als Ursache zu nennen. Die begrenzte Verfügbarkeit organischer Dünger wird in den konventionellen Marktfruchtbetrieben durch den Mineraldüngereinsatz ausgeglichen (Abschnitt 4.1.3.4). Dennoch ist auch in den konventionellen Marktfruchtbetrieben die Energiebindung und C-Bindung⁹ (0,82 und 0,79) geringer als den Milchviehbetrieben.

Insgesamt ist zu konstatieren, dass bei vergleichbaren Standortbedingungen die Erträge in den ökologischen Pilotbetrieben deutlich niedriger als in den konventionellen Betrieben sind, wobei eine große einzelbetriebliche Variabilität der Erträge nachgewiesen wurde. Systembedingt schneiden die ökologischen Milchviehbetriebe bei den Ertragsleistungen besser ab als die ökologischen Marktfruchtbetriebe. Das Ertragsniveau im ökologischen Landbau hängt also in hohem Maße von den Betriebsstrukturen (Tierbesatz, Fruchtfolge, Grünlandanteil), den betrieblichen Nährstoffkreisläufen und der Düngungsintensität ab (Abschnitt 4.1.3.4).

⁹ Die Unterschiede bei der Bewertung mit unterschiedlichen Aggregationsmaßstäben ist auch auf methodische Probleme zurückzuführen. So wird mit den GE-Faktoren die Futterbiomasse nur sehr niedrig bewertet (gemessen am tatsächlichen Energiegehalt), bei der energetischen Bewertung nach Bruttoenergiegehalten bleibt die Verdaulichkeit der organischen Substanz unberücksichtigt. Weitere Aspekte zur Ertragsbewertung mit diesen Maßstäben sind bei Lin et al. (2017a) und Bryzinski (2020) erläutert.

4.1.3.3 Energiebilanzen

In der Energiebilanz des Pflanzenbaus (Tabelle 4.1-8 und 4.1-9) wird der Einsatz fossiler Energie in den Produktionsverfahren in einer Prozessanalyse ermittelt, der alle Arbeitsgänge umfasst.

Die ökologischen Marktfruchtbetriebe weisen mit $\bar{x}$ 6,8 GJ ha⁻¹ (51 % des Energieinputs konventioneller Marktfruchtbetriebe) einen etwas geringeren flächenbezogenen Energieinput auf als die ökologischen Milchviehbetriebe mit $\bar{x}$ 7,4 GJ ha⁻¹ (50 % des Energieinputs konventioneller Milchviehbetriebe). Der Energieinput ist ein Indikator zur Kennzeichnung der Bewirtschaftungsintensität, und damit auch der Regulations- und Eingriffsintensität in Agrarökosystemen, weil in den derzeitigen Anbausystemen praktisch jeder Arbeitsgang und jeder Betriebsmitteleinsatz mit dem Einsatz fossiler Energie verbunden ist.

Tabelle 4.1-8: Energiebilanz des Pflanzenbaus der Pilotbetriebe, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche

Kennzahl	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktfrucht	Milchvieh	Marktfrucht	Milchvieh
Energieinput	GJ ha ⁻¹	6,8 (3,9 - 10,7)	7,4 (4,8 - 12,1)	13,3 (10,0 - 15,1)	14,7 (10,4 - 18,9)
Saatgut (Erzeugung)	GJ ha ⁻¹	1,1 (0,6 - 1,9)	0,4 (0 - 0,9)	0,8 (0,5 - 2,1)	0,4 (0 - 0,8)
Organische Dünger	GJ ha ⁻¹	1,2 (0,1 - 4,2)	3,5 (1 - 7,4)	0,8 (0 - 3,5)	5,5 (2 - 9,1)
Mineraldünger ^a	GJ ha ⁻¹	0,1 (0 - 0,7)	0,0 (0 - 0,4)	6,5 (4,2 - 9)	3,6 (0 - 8,3)
Pflanzenschutz ^a	GJ ha ⁻¹	0,1 (0 - 0,5)	0,0 (0 - 0)	1,4 (0,8 - 2,3)	0,5 (0 - 1,1)
Investitionsgüter	GJ ha ⁻¹	0,7 (0,4 - 1,1)	0,6 (0,3 - 1,0)	0,6 (0,5 - 0,8)	0,9 (0,4 - 1,5)
Kraftstoff	GJ ha ⁻¹	3,7 (2,2 - 5,5)	2,8 (1,6 - 3,9)	3,3 (2,7 - 4,7)	3,7 (2,5 - 5,8)
Energieoutput ^b	GJ ha ⁻¹	74 (52 - 115)	117 (68 - 186)	150 (114 - 195)	184 (127 - 217)
Netto-Energieoutput	GJ ha ⁻¹	67 (47 - 104)	110 (62 - 174)	137 (100 - 182)	169 (116 - 200)
Energieintensität	MJ GE ¹	192 (135 - 287)	181 (120 - 223)	152 (123 - 187)	208 (154 - 249)
Output/Input-Verhältnis		11,5 (6,8 - 15,9)	16,0 (11,7 - 25,0)	11,4 (8,4 - 14,7)	12,6 (10,5 - 14,5)

^a Einsatz von Gesteinsmehlen, weicherdigen Rohphosphaten, Kainit, Kieserit und Präparaten in den ökologischen Pilotbetrieben

^b Energieoutput = Energiebindung – Saatgut (Brennwert)

Der nach einzelnen Prozessen aufgeschlüsselte Energieinput zeigt systembedingte Unterschiede:

- der Energieaufwand zur Saatguterzeugung ist in den Marktfruchtbetrieben höher als in den Milchviehbetrieben, da die Milchviehbetriebe einen viel höheren Grünlandanteil haben (weitestgehend ohne Saatguteinsatz).
- die organischen Dünger stellen in den Milchviehbetrieben mit $\bar{x}$ 3,5 GJ ha⁻¹ (ökologische Pilotbetriebe) bzw. $\bar{x}$ 5,5 GJ ha⁻¹ (konventionelle Pilotbetriebe) den höchsten Energieinput dar¹⁰.
- der Mineraldünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatz sind wichtige Energieinputs in den konventionellen Betrieben, aber energetisch unbedeutend in den ökologischen Betrieben. Bei diesen Inputgrößen bestehen die größten Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen Systemen.
- der geringste Kraftstoffeinsatz ($\bar{x}$ 2,8 GJ ha⁻¹) wurde in den ökologischen Milchviehbetrieben ermittelt. Der Kraftstoffeinsatz variiert einzelbetrieblich sehr stark in Abhängigkeit von der Anbaustruktur und der Verfahrensgestaltung, z. B. der Schnitthäufigkeit auf dem Grünland.
- die Investitionsgüter (im Pflanzenbau eingesetzte Maschinen und Geräte) haben einen Anteil von etwa 8 bis 10 % am Gesamt-Energieinput der ökologischen Betriebe sowie 5 bis 6 % der konventionellen Betriebe.

Der Energieoutput (= Brennwert der geernteten Biomasse) ist nicht nur abhängig von der ökologischen oder konventionellen Bewirtschaftung, sondern von der Betriebsstruktur. Im Vergleich zum mittleren Energieoutput im Pflanzenbau der konventionellen Milchviehbetriebe ($\bar{x}$ 184 GJ ha⁻¹) erreichen die konventionellen Marktfruchtbetriebe nur $\bar{x}$ 150 GJ ha⁻¹ (82 %), die ökologischen Milchviehbetriebe $\bar{x}$ 117 GJ ha⁻¹ (64 %), und die ökologischen Marktfruchtbetriebe $\bar{x}$ 74 GJ ha⁻¹ (40 %).

Der Netto-Energieoutput („Energiegewinn“ der Pflanzenproduktion, = Energieoutput – Energieinput) steht in enger Beziehung zum Ertrag bzw. zur Energiebindung. Die konventionellen Betriebssysteme sind hinsichtlich des Netto-Energieoutputs den ökologischen Betriebssystemen überlegen, die Milchviehbetriebe erzielen im Pflanzenbau einen höheren Netto-Energieoutput als die Marktfruchtbetriebe.

Zur Beurteilung der Energieeffizienz werden die Indikatoren Energieintensität und Output/Input-Verhältnis verwendet. Die niedrigste mittlere Energieintensität wurde im Pflanzenbau konventioneller Marktfruchtbetriebe ermittelt ($\bar{x}$ 152 MJ GE⁻¹), die höchste im Pflanzenbau konventioneller Milchviehbetriebe ($\bar{x}$ 208 MJ GE⁻¹). Die systembedingten Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellem Pflanzenbau sind bei diesem Indikator relativ gering, die einzelbetriebliche Variabilität ist aber hoch.

¹⁰ Die organischen Dünger sind nach ihrem Nährstoffgehalt (Substitutionswert) energetisch bewertet. Die Methodik ist bei Hülsbergen (2003) beschrieben. Es ist umstritten, ob die im Pflanzenbau eingesetzten organischen Dünger energetisch zu bewerten sind, vor allem dann, wenn sie innerbetrieblich erzeugt und verwendet werden. Bei zugekauften organischen Düngern ist eine energetische Bewertung immer zu empfehlen, bei eigenbetrieblich erzeugten organischen Düngern ist eine Doppelbewertung zu vermeiden, z. B. durch ein entsprechendes Allokationsverfahren in der Tierhaltung.

Die Ergebnisse zum Output/Input-Verhältnis zeigen, dass im Pflanzenbau generell deutlich mehr Energie im Ernteertrag gebunden als mit fossiler Energie zugeführt wird. Das Output/Input-Verhältnis der Pilotbetriebe beträgt 6,8 bis 25,0, wobei die ökologischen Milchviehbetriebe im Mittel mit 16,0 bei diesem Indikator am besten bewertet sind.

Tabelle 4.1-9: Energiebilanz im Pflanzenbau der Pilotbetriebe, bezogen auf Ackerland und Grünland

	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktfrucht	Milchvieh	Marktfrucht	Milchvieh
Ackerland					
Energieinput	GJ ha ⁻¹	7,1 (4,0 - 10,6)	7,7 (4,8 – 13,0)	13,6 (11,1 - 15,9)	14,6 (10,6 - 18,6)
Energieoutput	GJ ha ⁻¹	74 (52 - 116)	119 (67 - 212)	152 (115 - 200)	200 (126 - 293)
Netto-Energieoutput	GJ ha ⁻¹	67 (48 - 105)	111 (61 - 199)	138 (101 - 186)	185 (114 - 279)
Energieintensität	MJ GE ¹	197 (135 - 287)	191 (123 - 312)	152 (123 - 188)	180 (150 - 225)
Output/Input-Verhältnis		11,0 (6,8 - 14,8)	15,6 (10,2 - 26,3)	11,3 (8,4 - 14,7)	13,9 (10,3 - 21)
Grünland					
Energieinput	GJ ha ⁻¹	2,2 (0,5 - 7,2)	6,9 (2,8 - 11,3)	2,1 (0,2 – 5,0)	14,2 (8 – 21,0)
Energieoutput ^a	GJ ha ⁻¹	57 (0 - 91)	117 (76 - 162)	57 (0 - 114)	155 (99 - 195)
Netto-Energieoutput	GJ ha ⁻¹	54 (-1 - 84)	110 (73 - 151)	55 (0 - 108)	141 (91 - 182)
Energieintensität	MJ GE ¹	86 (0 - 229)	168 (111 - 216)	55 (0 - 133)	271 (200 - 382)
Output/Input-Verhältnis		32,8 (0 - 69,6)	18,4 (13,6 - 26,9)	21,1 (0 - 37,3)	11,2 (7,8 - 14,8)

^a = Energieoutputs von 0 GJ ha⁻¹ auf dem Grünland bedeuten, dass auf diesen Extensiv-Grünlandflächen keine Biomasseernte stattfand, sondern nur Grünlandpflege (Schnitt zur Offenhaltung der Landschaft)

Die Analyse der Energiebilanz, bezogen auf Ackerland und Grünland (Tabelle 4.1-9), bestätigt im Wesentlichen die zuvor für die landwirtschaftliche Nutzfläche getroffenen Aussagen, es zeigen sich aber auch einige Besonderheiten. So sind der Energieinput und der Energieoutput auf dem Grünland von Marktfruchtbetrieben auffallend niedrig. Dieses Grünland wird überwiegend extensiv genutzt, teilweise nur zur Landschaftspflege im Rahmen von Extensivierungsprogramm (Vertragsnaturschutz), da es in diesen Betrieben keine futterbauliche Verwertung der Grünlandaufwüchse gibt. Die Nutzungsintensität des Grünlands ist in den Milchviehbetrieben deutlich höher; ein besonders hoher Energieinput wurde mit $\bar{x}$ 14,2 GJ ha⁻¹ (bis maximal 21,0 GJ ha⁻¹) auf dem Grünland konventioneller Milchviehbetriebe ermittelt.

Besonders hohe Energieinputs resultieren aus einer hohen Schnittfrequenz mit vielen Ernte- und Transportprozessen sowie einer intensiven organischen und mineralischen Düngung zu den einzelnen Schnitten. Bei extensivem Weidegang ohne zusätzliche Düngung werden nur geringe Energieinputs ermittelt. Bei extensiver Grünlandnutzung kann sich eine sehr hohe Energieeffizienz ergeben Output/Input-Relation von $\bar{x}$ 32,8 (ökologische Marktf Fruchtbetriebe) bzw. von $\bar{x}$ 21,1 (konventionelle Marktf Fruchtbetriebe), allerdings bei geringen Netto-Energieoutputs. Insgesamt zeigen diese Ergebnisse, dass auf einigen Grünlandstandorten und zum Teil auch beim Klee-grasanbau Potenziale zur Intensivierung und Ertragssteigerung bestehen, die derzeit oft ungenutzt bleiben (siehe hierzu auch Kapitel 4.11 zur gesamtbetrieblichen Optimierung).

Sowohl in den ökologischen als auch in den konventionellen Pilotbetrieben besteht ein linearer Zusammenhang zwischen dem Energieinput und Energieoutput im Pflanzenbau (Abbildung 4.1-3). So steigt der Energieoutput in den ökologischen Betrieben mit jedem GJ ha^{-1} Energieinput um $9,50 \text{ GJ ha}^{-1}$, in den konventionellen Betrieben um $7,17 \text{ GJ ha}^{-1}$.

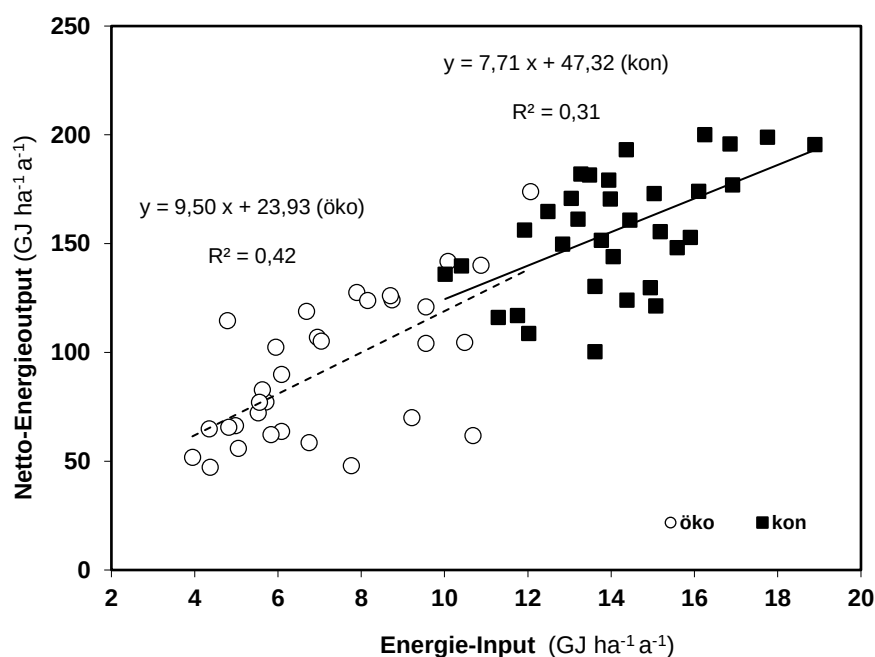


Abbildung 4.1-3: Zusammenhang zwischen Energieinput und Energieoutput im Pflanzenbau, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche (mit energetischer Bewertung organischer Dünger).

Die ökologischen Betriebe setzen $3,9$ bis $12,1 \text{ GJ ha}^{-1}$ fossile Energie in und erzeugen damit einen Ertrag (Netto-Energieoutput) von 47 bis 174 GJ ha^{-1} , die konventionellen Betriebe produzieren mit einem Energieinput von $10,0$ bis $18,9 \text{ GJ ha}^{-1}$ einen Netto-Energieoutput von 100 bis 200 GJ ha^{-1} .

Die ökologischen Betriebe sind somit überwiegend als Low-Input-Systeme (Energieinput $< 10 \text{ GJ ha}^{-1}$), die konventionellen Betriebe als High-Input-Systeme (Energieinput $> 10 \text{ GJ ha}^{-1}$) zu klassifizieren. Es gibt

ökologische Pilotbetriebe, die auf sehr geringem Intensitätsniveau (mit sehr geringem Energieinput) wirtschaften, aber damit auch geringe Energieerträge erzielen. Es gibt aber auch ökologische Pilotbetriebe, die ein hohes Intensitätsniveau aufweisen und Erträge erzielen, die zum Teil die Erträge konventioneller Betriebe übersteigen. Aus diesen Ergebnissen ist zu schlussfolgern, dass eine Ertragssteigerung (in bisher extensiven Systemen) eine Intensivierung und zusätzliche Energieinputs erfordern würde.

4.1.3.4 Nährstoffbilanzen

Flächenbezogene Stickstoffbilanzen

Die ökologischen Marktfruchtbetriebe weisen mit 97 bis 196 ($\bar{x}$ 141) kg N ha⁻¹ die geringsten N-Inputs im Betriebsvergleich auf (Tabelle 4.1-10). Ökologische Milchviehbetriebe führen den Böden, abhängig vom Tierbesatz und der symbiontischen N₂-Fixierung, 101 bis 273 ($\bar{x}$ 172) kg N ha⁻¹ zu und erreichen zum Teil so hohe N-Inputs wie die konventionellen Betriebe (Marktfruchtbetriebe: $\bar{x}$ 245 kg N ha⁻¹, Milchviehbetriebe: $\bar{x}$ 280 kg N ha⁻¹). Während in den konventionellen Marktfruchtbetrieben die N-Zufuhr mit Mineralstickstoff überwiegt ($\bar{x}$ 161 kg ha⁻¹ Mineral-N, $\bar{x}$ 20 kg ha⁻¹ Wirtschaftsdünger-N), dominiert in den Milchviehbetrieben die organische Düngung ($\bar{x}$ 94 kg ha⁻¹ Mineral-N, $\bar{x}$ 133 kg ha⁻¹ Wirtschaftsdünger-N). Im ökologischen Marktfruchtbaubetrag die N₂-Fixierung und der Wirtschaftsdünger-N jeweils $\bar{x}$ 41 kg ha⁻¹, in den ökologischen Milchviehbetrieben sind die Wirtschaftsdünger die wichtigste N-Zufuhr. In den Pilotbetrieben treten somit sehr unterschiedliche Intensitäts- und Düngungsniveaus auf.

Tabelle 4.1-10: Stickstoffbilanz im Pflanzenbau der Pilotbetriebe, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche

Kennzahl	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktf Frucht	Milchvieh	Marktf Frucht	Milchvieh
N-Zufuhr ^a	kg N ha ⁻¹	141 (97 - 196)	172 (101 - 273)	245 (177 - 313)	280 (204 - 335)
Saatgut	kg N ha ⁻¹	3 (2 - 6)	1 (0 - 4)	2 (1 - 8)	1 (0 - 2)
N ₂ -Fixierung	kg N ha ⁻¹	41 (17 - 58)	50 (25 - 71)	3 (0 - 13)	20 (5 - 64)
Stroh-/Gründüngung	kg N ha ⁻¹	36 (14 - 72)	11 (1 - 31)	38 (18 - 58)	12 (0 - 37)
Wirtschaftsdünger	kg N ha ⁻¹	41 (3 - 105)	89 (27 - 186)	20 (0 - 79)	133 (54 - 214)
Mineraldünger	kg N ha ⁻¹	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	161 (105 - 222)	94 (0 - 218)
N-Entzug	kg N ha ⁻¹	116 (94 - 148)	161 (93 - 252)	190 (155 - 212)	222 (162 - 297)
N-Saldo	kg N ha ⁻¹	25 (-4 - 72)	11 (-24 - 33)	55 (14 - 110)	58 (-37 - 124)
N-Verwertung	%	84 (61 - 104)	94 (80 - 113)	79 (62 - 94)	80 (61 - 114)
Δ N Boden	kg N ha ⁻¹	4 (-25 - 17)	12 (-5 - 42)	-13 (-58 - 19)	-4 (-30 - 32)
N-Saldo (mit Δ N Boden)	kg N ha ⁻¹	21 (-1 - 62)	-1 (-39 - 38)	69 (24 - 111)	62 (-37 - 122)

^a einschließlich einer N-Immission von 20 kg ha⁻¹

Die N-Entzüge der Betriebsgruppen unterscheiden sich deutlich. Die ökologischen Marktf Fruchtbetriebe erreichen 61 %, die ökologischen Milchviehbetriebe 73 % der N-Entzüge der entsprechenden konventionellen Pilotbetriebe. Die N-Entzüge der ökologischen Milchviehbetriebe übertreffen im Mittel die N-Entzüge der ökologischen Marktf Fruchtbetriebe um 45 kg ha⁻¹. Ursachen sind die hohen Klee grasanteile (hoher TM-Ertrag und hoher N-Gehalt im Erntegut) und das höhere N-Düngungsniveau; der Wirtschaftsdünger-N-Einsatz ist etwa doppelt so hoch wie in den ökologischen Marktf Fruchtbetrieben.

Um die N-Salden und N-Verlustpotenziale möglichst genau zu bestimmen, sind in den N-Bilanzen die Boden-N-Vorratsänderungen¹¹ (Δ N_{org}) einbezogen. Es wurden Veränderungen der Boden-N_{org}-Vorräte

¹¹ Die Boden-N-Vorratsänderungen wurden mit Hilfe der dynamischen Humusbilanz (REPRO) berechnet (Hülsbergen 2003).

von $-58 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (in einem konventionellen Marktfruchtbetrieb) bis $42 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (in einem ökologischen Milchviehbetrieb) berechnet. In der ökologischen Milchviehhaltung besteht ein Potenzial zur N-Speicherung in der organischen Bodensubstanz ($\bar{x}$ $12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$), während im konventionellen Marktfruchtbau mit einer Abnahme der Boden-N-Vorräte ($\bar{x}$ $-13 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) zu rechnen ist. Bei den beiden anderen Betriebsgruppen wurden geringere N_{org} -Vorratsänderungen berechnet.

Die N-Salden der ökologisch wirtschaftenden Betriebe (Marktfruchtbau: $\bar{x}$ 25 kg ha^{-1} , Milchviehbetriebe: $\bar{x}$ 11 kg ha^{-1}) sind deutlich geringer als die N-Salden der konventionellen Betriebe (Marktfruchtbau: $\bar{x}$ 55 kg N ha^{-1} , Milchviehbetriebe: $\bar{x}$ 58 kg N ha^{-1}). Einzelne konventionelle Betriebe weisen sehr hohe N-Salden bis 124 kg N ha^{-1} auf. Die mittleren flächenbezogenen N-Salden der Milchviehbetriebe sind (bei Berücksichtigung der Boden-N-Vorratsänderungen) etwas niedriger als die der Marktfruchtbetriebe, was auf eine gute N-Ausnutzung der applizierten organischen Dünger sowie bei den konventionellen Betrieben auf eine dem N-Bedarf der Kulturpflanzen und dem Wirtschaftsdüngeraufkommen angepasste Mineral-N-Düngung hinweist. Negative N-Salden können u.U. durch die Unterschätzung einzelner N-Zufuhren (z. B. der N-Deposition oder der N_2 -Fixierleistung) oder die Überschätzung der N-Entzüge (z. B. Proteingehalte) zustande kommen. Sie können aber auch durch jahresspezifische Effekte entstehen (Ausnutzung von Residual- N_{min} aus Vorjahren). Treten langjährig negative N-Salden auf, so ist dies als nicht nachhaltige Wirtschaftsweise einzustufen. Unter diesen Bedingungen ist eine Verminderung der Boden-N-Vorräte zu erwarten.

Auf dem Grünland zeigt sich ein sehr differenziertes Bild (Tabelle 4.1-11). In den ökologischen und den konventionellen Marktfruchtbetrieben sind die N-Zufuhren relativ gering und die N-Salden negativ ($\bar{x}$ -20 kg ha^{-1}). Hier ist mit einer Nährstoff-Aushagerung der Flächen zu rechnen. Besonders hohe N-Inputs auf dem Grünland wurden in den konventionellen Milchviehbetrieben nachgewiesen. Sie erreichen $\bar{x}$ 298 kg ha^{-1} , zurückzuführen auf den hohen Wirtschaftsdünger-N-Einsatz ($\bar{x}$ 164 kg ha^{-1}) und zusätzliche Mineral-N-Gaben. Im Betrieb mit dem höchsten N-Düngungsniveau werden dem Grünland im Mittel 378 kg N ha^{-1} zugeführt. Es gibt konventionelle Betriebe, die auf dem Grünland auf den Einsatz von Mineraldüngerstickstoff verzichten (z. B. im Allgäu). Die N-Entzüge des Grünlands übertreffen in den Milchviehbetrieben die N-Entzüge des Ackerlands.

Tabelle 4.1-11: Stickstoffbilanz im Pflanzenbau der Pilotbetriebe, bezogen auf Ackerland und Grünland

Kennzahl	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktf Frucht	Milchvieh	Marktf Frucht	Milchvieh
Ackerland					
N-Zufuhr ^a	kg N ha ⁻¹	144 (103 - 197)	169 (115 - 284)	248 (188 - 313)	262 (201 - 344)
Saatgut	kg N ha ⁻¹	3 (2 - 6)	2 (1 - 4)	2 (1 - 9)	2 (1 - 3)
N ₂ -Fixierung	kg N ha ⁻¹	42 (18 - 59)	65 (36 - 102)	2 (0 - 12)	13 (0 - 98)
Stroh-/Gründüngung	kg N ha ⁻¹	37 (11 - 72)	17 (0 - 36)	39 (18 - 62)	18 (0 - 43)
Wirtschaftsdünger	kg N ha ⁻¹	41 (0 - 104)	64 (25 - 172)	20 (0 - 79)	97 (49 - 166)
Mineraldünger	kg N ha ⁻¹	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	164 (105 - 222)	112 (35 - 225)
N-Entzug	kg N ha ⁻¹	116 (96 - 148)	149 (90 - 262)	190 (148 - 213)	196 (158 - 244)
N-Saldo	kg N ha ⁻¹	27 (-4 - 72)	20 (3 - 43)	58 (14 - 110)	66 (-18 - 134)
N-Verwertung	%	82 (61 - 103)	88 (68 - 98)	78 (62 - 94)	76 (58 - 108)
Δ N Boden	kg N ha ⁻¹	4 (-27 - 19)	24 (-7 - 67)	-14 (-62 - 19)	-6 (-39 - 63)
N-Saldo (mit Δ N Boden)	kg N ha ⁻¹	23 (1 - 62)	-4 (-50 - 48)	72 (24 - 111)	72 (-16 - 143)
Grünland					
N-Zufuhr ^a	kg N ha ⁻¹	85 (35 - 184)	173 (60 - 263)	105 (48 - 144)	298 (188 - 378)
Saatgut	kg N ha ⁻¹	0 (0 - 0)	0 (0 - 1)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
N ₂ -Fixierung	kg N ha ⁻¹	22 (14 - 32)	34 (21 - 51)	22 (15 - 30)	31 (25 - 36)
Gründüngung	kg N ha ⁻¹	23 (0 - 101)	2 (0 - 8)	33 (0 - 81)	3 (0 - 29)
Wirtschaftsdünger	kg N ha ⁻¹	20 (0 - 135)	116 (16 - 198)	15 (0 - 89)	164 (39 - 273)
Mineraldünger	kg N ha ⁻¹	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	15 (0 - 87)	80 (0 - 187)
N-Entzug	kg N ha ⁻¹	105 (63 - 142)	171 (96 - 243)	124 (73 - 183)	246 (157 - 297)
N-Saldo	kg N ha ⁻¹	-20 (-80 - 45)	1 (-36 - 34)	-20 (-74 - 38)	52 (-37 - 148)
N-Verwertung	%	155 (70 - 328)	103 (81 - 160)	135 (66 - 256)	84 (58 - 115)

^a einschließlich einer N-Immission von 20 kg ha⁻¹

Die Pilotbetriebe wirtschaften in Bezug auf den Stickstoffeinsatz auf sehr unterschiedlichen Intensitätsniveaus; es wird ein großer Bereich von Low-Input-Systemen ($< 100 \text{ kg N ha}^{-1}$) bis zu High-Input-Systemen ($> 300 \text{ kg N ha}^{-1}$) erfasst (Abbildung 4.1-4). Bis zu einem N-Einsatz von ca. $250 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ liegen die N-Salden meist unter 50 kg N ha^{-1} ; bei noch höheren N-Zufuhren steigen die N-Salden zum Teil deutlich an und erreichen Werte bis zu 124 kg N ha^{-1} . Einzelne Betriebe erzielen auf futterwüchsigen Standorten (hohe Grünland- und Feldfuttererträge mit hohen Proteingehalten) so hohe N-Entzüge, dass selbst N-Zufuhren über 300 kg N ha^{-1} effizient verwertet werden.

Die ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe erreichen überwiegend N-Salden zwischen 0 und 50 kg N ha^{-1} , für einige Betriebe sind aber auch negative N-Salden ausgewiesen (bis -50 kg N ha^{-1}). Anbausysteme mit deutlich negativen N-Salden sind als nicht nachhaltig einzuschätzen, weil mit der Abnahme der Boden- N_{org} -Vorräte und der Ertragsfähigkeit zu rechnen ist. Anbausysteme mit sehr hohen N-Überschüssen ($> 100 \text{ kg N ha}^{-1}$) gefährden die Umwelt durch Stickstoffeinträge.

Der Zusammenhang zwischen N-Input und N-Salden, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche, ist in Abbildung 4.1-4 dargestellt. Bei den konventionellen Betrieben ist ein Anstieg der N-Salden mit steigenden N-Inputs zu erkennen, wobei sich auch eine enorme einzelbetriebliche Variabilität zeigt. Bei gleichem N-Input treten sehr unterschiedliche N-Salden auf, auch bedingt durch unterschiedliche Standort- und Ertragspotenziale der Betriebe. Bei den ökologischen Betrieben ist der Zusammenhang zwischen N-Input und N-Salden nur schwach ausgeprägt.

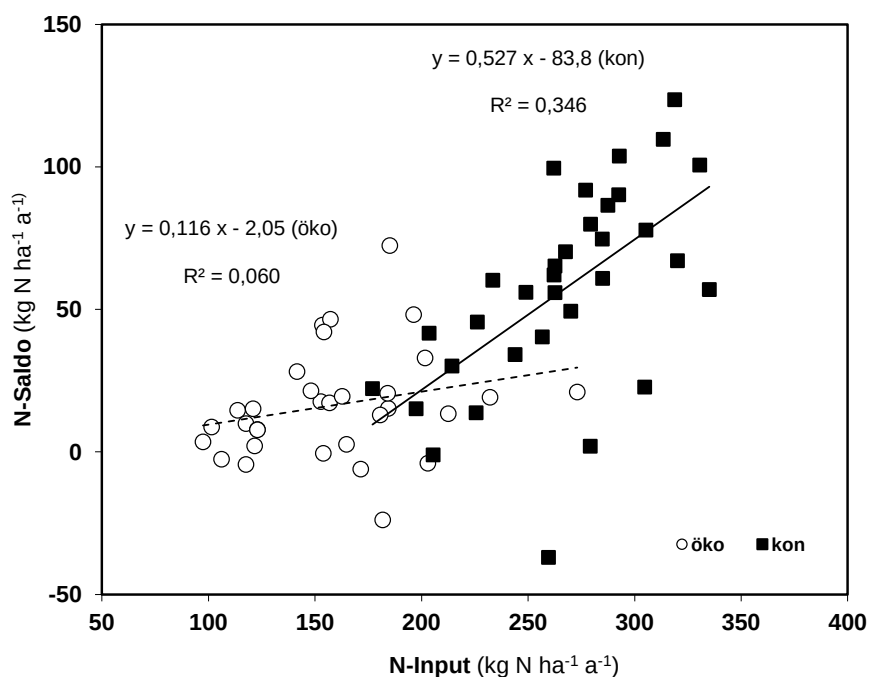


Abbildung 4.1-4: Zusammenhang zwischen Stickstoffinput und Stickstoffsaldo im Pflanzenbau, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche (N-Salden ohne ΔN_{org}).

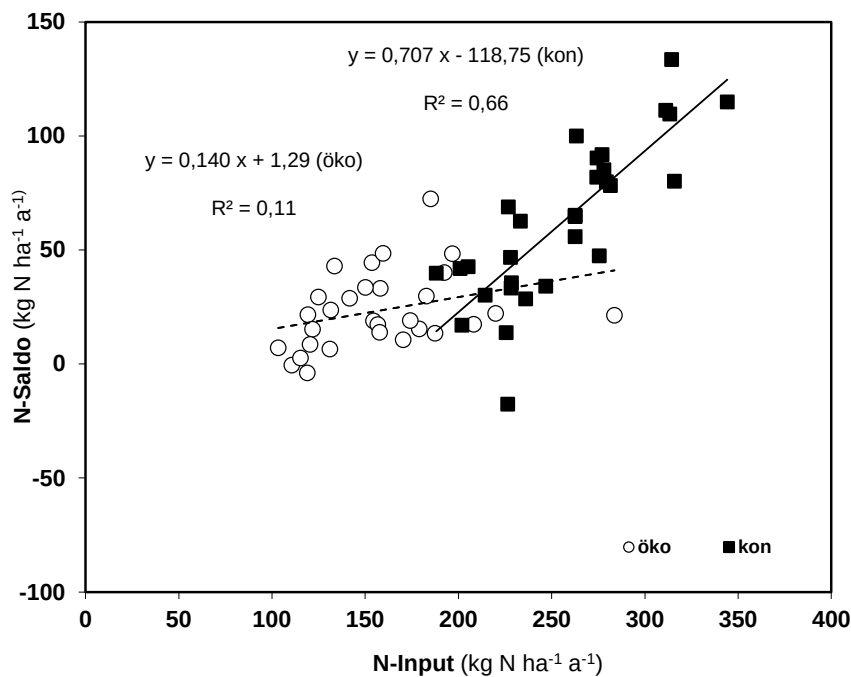


Abbildung 4.1-5: Zusammenhang zwischen Stickstoffinput und Stickstoffsaldo, bezogen auf das Ackerland, dargestellt sind die Mittelwerte der Pilotbetriebe im Untersuchungszeitraum (N-Salden ohne ΔN_{org}).

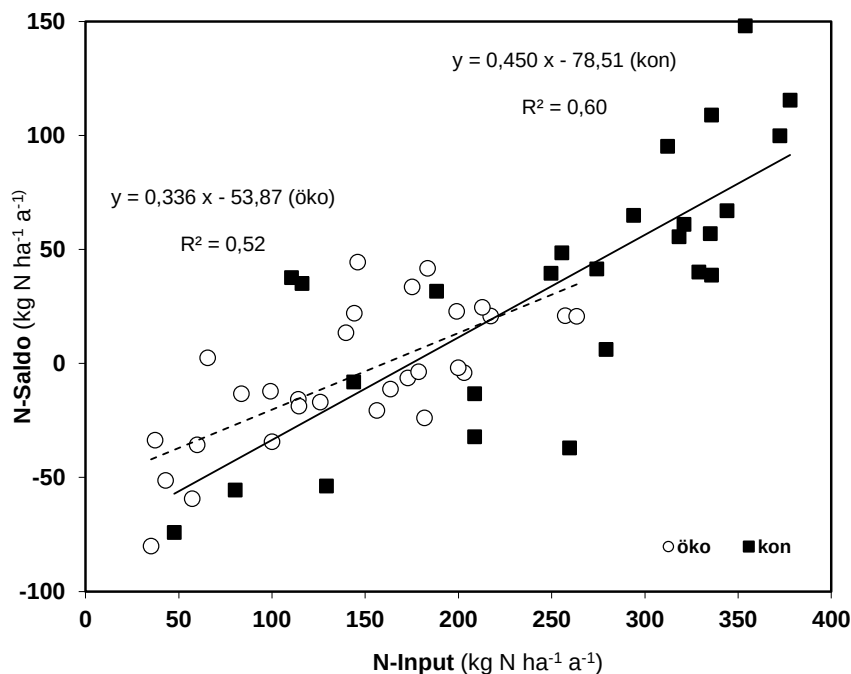


Abbildung 4.1-6: Zusammenhang zwischen Stickstoffinput und Stickstoffsaldo, bezogen auf das Grünland, dargestellt sind die Mittelwerte der Pilotbetriebe im Untersuchungszeitraum (N-Salden ohne ΔN_{org}).

Die Abbildung 4.1-5 zeigt die Beziehung zwischen N-Input und N-Saldo auf dem Ackerland, Abbildung 4.1-6 diese Beziehung auf dem Grünland. Im Mittel des Untersuchungszeitraum und der Pilotbetriebe betragen die N-Zufuhren auf dem Ackerland 103 bis 344 kg ha⁻¹, die N-Salden -18 bis 134 kg ha⁻¹, die N-Zufuhren auf dem Grünland 35 bis 378 kg ha⁻¹, die N-Salden -80 bis 148 kg ha⁻¹. Somit ist auf dem Grünland der Unterschied zwischen sehr extensiver und hoch intensiver Flächennutzung stärker ausgeprägt als auf dem Ackerland. Sehr hohe N-Inputs (> 300 kg ha⁻¹) und N-Salden (> 75 kg ha⁻¹) sind nur in den konventionellen Pilotbetrieben zu verzeichnen. N-Salden über 50 kg ha⁻¹ treten in den ökologischen Pilotbetrieben nur vereinzelt auf, somit ist das N-Verlustpotenzial relativ gering.

Stickstoff-Stallbilanz

Die Stallbilanz (Tabelle 4.1-12) kennzeichnet die Stickstoffinputs, Stickstoffoutputs, die innerbetrieblichen Stickstoffflüsse sowie die Stickstoffeffizienz der Nutztierhaltung. In den Pilotbetrieben handelt es ausschließlich um Rinderhaltung (Milchviehhaltung und Jungrinderaufzucht). Die Gegenüberstellung der Stickstoffflüsse in der ökologischen und konventionellen Milchviehhaltung zeigt deutliche Unterschiede, die im Zusammenhang mit der Intensität und Produktivität der Nutztierhaltung stehen. In den ökologischen Milchviehbetrieben beträgt der Tierbesatz $\bar{x}$ 0,86 GV ha⁻¹ und die Milchleistung $\bar{x}$ 6.491 kg ECM je Kuh, in den konventionellen Milchviehbetrieben $\bar{x}$ 1,47 GV ha⁻¹ und $\bar{x}$ 8.555 kg ECM je Kuh (Tabelle 4.1-2 und Tabelle 4.3-1). Hieraus resultieren Unterschiede beim Futter-N-Einsatz je ha ($\bar{x}$ 130 kg ha⁻¹ in ökologischen, $\bar{x}$ 239 kg ha⁻¹ in konventionellen Milchviehbetrieben), bei der Erzeugung tierischer Marktprodukte ($\bar{x}$ 24 kg ha⁻¹ in ökologischen, $\bar{x}$ 53 kg ha⁻¹ in konventionellen Milchviehbetrieben) und beim Dunganfall ($\bar{x}$ 85 kg ha⁻¹ in ökologischen, $\bar{x}$ 134 kg ha⁻¹ in konventionellen Milchviehbetrieben). Somit sind die Stickstoffflüsse der konventionellen Betriebe intensiver als die der ökologischen Betriebe.

Mit der Stallbilanz wird die Stickstoffeffizienz der Tierhaltung ermittelt. Bei der Berechnung des N-Inputs werden die relevanten Zukäufe (Färsen, Futtermittel, Stroh) und die eigenerzeugten Futtermittel berücksichtigt. In den tierischen Produkten (Milch, Kälber) der Untersuchungsbetriebe sind 13 bis 32 % des eingesetzten Futter-N gebunden (= N-Effizienz I). Die N-Effizienz I ist u. a. abhängig von der Milchleistung (Anteil des Erhaltungs- und Leistungsbedarfs), dem Futterregime (Grobfutter oder Kraftfutter orientiert), den Milchviehrassen. Auch Proteinüberschüsse in der Fütterung und das Verhältnis von Milchproduktion und Nachzucht haben Einfluss auf die N-Effizienz. Im Mittel erreichen die konventionellen Milchviehbetriebe ($\bar{x}$ 21) eine etwas höhere N-Effizienz als die ökologischen Milchviehbetriebe ($\bar{x}$ 18).

In der Stallbilanz werden die anfallenden Exkreme und Wirtschaftsdünger nach Menge und Qualität detailliert in Abhängigkeit von der Leistung, der Fütterung, dem Haltungssystem (Weidegang, Festmist oder Flüssigmistsystem, der Lagerung organischer Dünger) berechnet. Die Daten zum Wirtschaftsdünger (aufkommen) sind wichtige Inputgrößen für die Flächenbilanz. In einem erweiterten Bilanzierungsansatz (N-Effizienz II) werden die anfallenden organischen Dünger als „Produkte“ der Tierhaltung (neben Milch und Fleisch) in den N-Output und die Effizienzberechnung einbezogen. Für diese Vorgehensweise sprechen (a) der Nährstoffwert der Wirtschaftsdünger und (b) die bessere Charakterisierung der N-Verluste der Tierhaltung. Die N-Effizienz II beträgt in der konventionellen Milchviehhaltung $\bar{x}$ 74 %, in der ökologischen Milchviehhaltung $\bar{x}$ 80 %.

Tabelle 4.1-12: Stickstoff-Stallbilanz der Milchviehbetriebe, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche

Kennzahl	ME	ökologische Milchviehbetriebe	konventionelle Milchviehbetriebe
N-Input	kg N ha ⁻¹	134 (45 - 293)	245 (134 - 393)
Tierzukauf	kg N ha ⁻¹	2 (0 - 12)	2 (0 - 17)
Futterzukauf	kg N ha ⁻¹	9 (0 - 57)	74 (1 - 239)
Einstreuzukauf	kg N ha ⁻¹	1 (0 - 3)	1 (0 - 7)
Futterproduktion	kg N ha ⁻¹	122 (36 - 222)	165 (107 - 240)
Einstreuproduktion	kg N ha ⁻¹	2 (0 - 4)	3 (0 - 20)
Futtereinsatz	kg N ha ⁻¹	130 (45 - 279)	239 (131 - 373)
Einstreueinsatz	kg N ha ⁻¹	2 (0 - 5)	4 (1 - 20)
N-Output Marktprodukte	kg N ha ⁻¹	24 (9 - 60)	53 (19 - 107)
Milch	kg N ha ⁻¹	19 (6 - 50)	39 (14 - 67)
Fleisch	kg N ha ⁻¹	5 (1 - 13)	14 (3 - 65)
Dunganfall	kg N ha ⁻¹	85 (26 - 184)	134 (61 - 206)
N-Effizienz I ^a	%	18 (13 - 22)	21 (14 - 32)
N-Effizienz II ^b	%	80 (62 - 90)	74 (54 - 93)

^a N-Effizienz I = N-Output Produkte / Futtereinsatz * 100

^b N-Effizienz II = (N-Output Produkte + Dunganfall) / (Futtereinsatz + Einstreueinsatz) * 100

Stickstoff-Hoftorbilanz

Die Hoftorbilanz (Tabelle 4.1-13) kennzeichnet die Stickstoffinputs und Stickstoffoutputs über die Betriebsgrenze sowie die Stickstoffsalden und die Stickstoffeffizienz auf Betriebsebene. Die Analyse der N-Inputs zeigt, dass die ökologischen Milchviehbetriebe hinsichtlich der Stickstoffversorgung weitgehend autark wirtschaften. Der wichtigste N-Input in den betrieblichen Stickstoffkreislauf ist die symbiotische N₂-Fixierung. Der Futterzukauf ist in den ökologischen Milchviehbetrieben gering, das Futter für die Milchviehhaltung wird eigenbetrieblich erzeugt. In den konventionellen Milchviehbetrieben ist der Futterzukauf mit $\bar{x}$ 76 kg N ha⁻¹ ein relevanter N-Input.

Tabelle 4.1-13: Stickstoff-Hoftorbilanz^a der Pilotbetriebe, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche

Kennzahl	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktfrucht	Milchvieh	Marktfrucht	Milchvieh
N-Input ^b	kg N ha ⁻¹	107 (71 - 187)	87 (48 - 174)	212 (154 - 272)	220 (126 - 394)
Saatgut	kg N ha ⁻¹	3 (1 - 6)	1 (0 - 4)	2 (1 - 6)	1 (0 - 2)
N ₂ -Fixierung	kg N ha ⁻¹	43 (30 - 58)	49 (25 - 71)	3 (0 - 13)	20 (5 - 64)
Mineraldünger	kg N ha ⁻¹	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	167 (105 - 239)	93 (0 - 218)
Organische Dünger	kg N ha ⁻¹	40 (3 - 118)	5 (0 - 91)	20 (0 - 79)	8 (0 - 146)
Futter, Einstreu	kg N ha ⁻¹	0 (0 - 2)	10 (0 - 59)	0 (0 - 0)	76 (1 - 239)
Tiere	kg N ha ⁻¹	0 (0 - 0)	2 (0 - 12)	0 (0 - 0)	2 (0 - 17)
N-Output	kg N ha ⁻¹	74 (42 - 106)	42 (14 - 103)	151 (126 - 179)	96 (44 - 266)
Pflanzliche Marktprodukte	kg N ha ⁻¹	73 (42 - 100)	14 (0 - 42)	151 (126 - 179)	33 (0 - 101)
Tierische Marktprodukte	kg N ha ⁻¹	0 (0 - 1)	25 (9 - 69)	0 (0 - 0)	54 (18 - 123)
Organische Dünger	kg N ha ⁻¹	0 (0 - 6)	4 (0 - 68)	0 (0 - 0)	9 (0 - 159)
N-Saldo	kg N ha ⁻¹	33 (0 - 81)	44 (12 - 89)	50 (0 - 112)	124 (74 - 204)
N-Effizienz	%	73 (48 - 99)	49 (24 - 75)	73 (55 - 89)	42 (28 - 67)

^a In der Hoftorbilanz ergeben sich geringfügige Abweichungen zur flächenbezogenen N-Bilanz (vgl. Tabelle 4.1-10), da bei der Berechnung der Hoftorbilanz in zwei Pilotbetrieben weniger Betriebsdaten zur Verfügung standen (in zwei Untersuchungsjahren fehlen Daten, daher wurden diese Jahre nicht in die Auswertungen einbezogen).

^b einschließlich einer N-Immission von 20 kg ha⁻¹

Die ökologischen Marktfruchtbetriebe setzen zugekaufte organische Dünger ($\bar{x}$ 40 kg N ha⁻¹) ein, um die Nährstoffversorgung zu verbessern. In den konventionellen Marktfruchtbetrieben dominiert der Mineraldüngerkauf ($\bar{x}$ 167 kg N ha⁻¹). Die Gesamt-N-Inputs der analysierten Betriebssysteme unterscheiden sich gravierend. Die niedrigsten N-Inputs wurden in den ökologischen Milchviehbetrieben ermittelt ($\bar{x}$ 87 kg ha⁻¹), die höchsten N-Inputs in den konventionellen Milchviehbetrieben ($\bar{x}$ 220 kg ha⁻¹).

Allerdings sind auch die N-Outputs sehr differenziert. In den ökologischen Milchviehbetrieben verlassen mit den pflanzlichen und tierischen Marktprodukten $\bar{x}$ 39 kg N ha⁻¹ den betrieblichen Stickstoffkreislauf, in den konventionellen Marktfruchtbetrieben werden $\bar{x}$ 151 kg N ha⁻¹ mit den pflanzlichen Marktprodukten

ausgeführt. Die N-Effizienz ist in den Marktfruchtbetrieben deutlich höher ($\bar{x}$ 73 %) als in den Milchviehbetrieben mit $\bar{x}$ 49 % (ökologisch) und 42 % (konventionell). Aus den beschriebenen N-Flüssen resultieren sehr unterschiedliche gesamtbetriebliche N-Salden von $\bar{x}$ 33 kg N ha⁻¹ (ökologische Marktfruchtbetriebe) bis zu sehr hohen N-Salden ($\bar{x}$ 124 kg N ha⁻¹) in den konventionellen Milchviehbetrieben. Die betrieblichen N-Salden kennzeichnen das Verlustpotenzial im Pflanzenbau und der Tierhaltung. Im N-Saldo enthalten sind unter anderem die N-Emissionen aus den Ställen, beim Weidegang, bei der Lagerung und Aufbereitung organischer Dünger sowie die im Pflanzenbau auftretenden N-Verluste.

Phosphorbilanzen

Auch die flächenbezogene Phosphorbilanz zeigt systembedingte Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen sowie Marktfrucht- und Milchviehbetrieben (Tabelle 4.1-14). So sind die P-Zufuhren in den konventionellen Betrieben im Mittel deutlich höher als in den ökologischen Betrieben, bedingt durch den Einsatz von P-Mineraldünger und dem höheren Wirtschaftsdüngeranfall aufgrund des höheren Tierbesatzes. In den ökologischen Marktfruchtbetrieben werden im Mittel nur 2 kg P ha⁻¹ als Mineraldünger eingesetzt, die meisten ökologische Betriebe verzichten auf eine mineralische P-Düngung.

Tabelle 4.1-14: Phosphorbilanz der Pilotbetriebe, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche

Kennzahl	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktfrucht	Milchvieh	Marktfrucht	Milchvieh
P-Zufuhr	kg P ha ⁻¹	17 (6 - 32)	18 (10 - 32)	29 (10 - 56)	38 (21 - 51)
Saatgut	kg P ha ⁻¹	1 (0 - 1)	0 (0 - 1)	0 (0 - 1)	0 (0 - 1)
Stroh-/Gründüngung	kg P ha ⁻¹	5 (2 - 10)	2 (0 - 5)	8 (4 - 11)	2 (0 - 6)
Wirtschaftsdünger	kg P ha ⁻¹	8 (2 - 22)	16 (5 - 31)	9 (0 - 47)	30 (13 - 48)
Mineraldünger	kg P ha ⁻¹	2 (0 - 20)	0 (0 - 3)	12 (0 - 38)	6 (0 - 21)
P-Entzug	kg P ha ⁻¹	19 (16 - 23)	24 (14 - 35)	39 (33 - 43)	39 (31 - 49)
P-Saldo	kg P ha ⁻¹	-2 (-10 - 16)	-6 (-12 - 1)	-11 (-33 - 20)	0 (-14 - 10)

Ertragsbedingt liegen auch die P-Entzüge der ökologischen Pilotbetriebe weit unter denen der konventionellen Betriebe. Die P-Entzüge variieren in den ökologischen Pilotbetrieben zwischen 14 und 35 kg ha⁻¹, in den konventionellen Betrieben zwischen 31 und 49 kg ha⁻¹. Die P-Salden sind in den konventionellen Milchviehbetrieben im Mittel ausgeglichen, in allen anderen Betriebstypen negativ. Die größten P-Defizite wurden in den konventionellen Marktfruchtbetrieben mit $\bar{x}$ -11 kg ha⁻¹ festgestellt.

Auch die Hoftorbilanz (Tabelle 4.1-15) zeigt zum Teil deutlich negative P-Salden an. Es gibt Pilotbetriebe, in denen aufgrund langjährig negativer P-Bilanzen abnehmende Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor auf Acker- und Grünlandflächen festgestellt wurden, und Betriebe, die in den vergangenen Jahren die P-Versorgung von Böden und Pflanzen verbessert haben, um eine ausgeglichene P-Bilanz zu erreichen (vgl. Kapitel 4.11 Betriebsoptimierung).

Der Zukauf organischer Dünger ($\bar{x}$ 9 kg ha⁻¹) ist eine relevante P-Zufuhr in den ökologischen und konventionellen Marktfruchtbetrieben. Beim Einsatz von Mineraldünger-P wird in den Pilotbetrieben eine unterschiedliche Strategie verfolgt. Es gibt auch ökologische Betriebe mit hohem Mineral-P-Einsatz (bis 21 kg ha⁻¹), während andere Betriebe ganz auf die mineralische P-Düngung verzichten.

Tabelle 4.1-15: Phosphor-Hoftorbilanz ^a der Pilotbetriebe, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche

Kennzahl	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktfrucht	Milchvieh	Marktfrucht	Milchvieh
P-Input	kg P ha ⁻¹	12 (2 - 30)	5 (0 - 23)	21 (0 - 52)	24 (7 - 69)
Saatgut	kg P ha ⁻¹	1 (0 - 1)	0 (0 - 1)	0 (0 - 1)	0 (0 - 0)
Mineraldünger	kg P ha ⁻¹	3 (0 - 21)	0 (0 - 3)	11 (0 - 38)	6 (0 - 21)
Organische Dünger	kg P ha ⁻¹	9 (2 - 22)	1 (0 - 20)	9 (0 - 47)	2 (0 - 31)
Futter, Einstreu	kg P ha ⁻¹	0 (0 - 0)	3 (0 - 12)	0 (0 - 0)	15 (0 - 39)
Tiere	kg P ha ⁻¹	0 (0 - 0)	0 (0 - 3)	0 (0 - 0)	1 (0 - 4)
P-Output	kg P ha ⁻¹	13 (9 - 17)	8 (3 - 19)	31 (26 - 34)	20 (9 - 58)
Pflanzliche Marktprodukte	kg P ha ⁻¹	13 (9 - 17)	3 (0 - 7)	31 (26 - 34)	7 (0 - 20)
Tierische Marktprodukte	kg P ha ⁻¹	0 (0 - 0)	5 (2 - 15)	0 (0 - 0)	11 (4 - 26)
Organische Dünger	kg P ha ⁻¹	0 (0 - 1)	1 (0 - 11)	0 (0 - 0)	2 (0 - 36)
P-Saldo	kg P ha ⁻¹	0 (-10 - 18)	-4 (-9 - 4)	-10 (-33 - 18)	4 (-9 - 14)

^a In der Hoftorbilanz ergeben sich geringfügige Abweichungen zur flächenbezogenen P-Bilanz (vgl. Tabelle 4.1-14), da bei der Berechnung der Hoftorbilanz in zwei Pilotbetrieben weniger Betriebsdaten zur Verfügung standen (in zwei Untersuchungsjahren fehlen Daten, daher wurden diese Jahre nicht in die Auswertungen einbezogen).

Kaliumbilanzen

In den Milchviehbetrieben erfolgt die K-Zufuhr überwiegend durch die Wirtschaftsdünger der Tierhaltung (Tabelle 4.1-16). Mit der Stroh- und Gründüngung werden den Böden erhebliche K-Mengen zugeführt, insbesondere in den Marktfruchtbetrieben. Bei der Strohdüngung hat neben dem Getreideanteil und dem Strohertrag auch die Strohverwertung (Düngung, Einstreu, Verkauf) wesentlichen Einfluss auf die K-Zufuhr. Die mineralische K-Düngung ist in den Pilotbetrieben auf erstaunlich niedrigem Niveau. In allen untersuchten Betriebstypen sind Betriebe zu finden, die ganz auf die mineralische K-Düngung verzichten.

In den Milchviehbetrieben sind höhere K-Entzüge als in den Marktfruchtbetrieben zu verzeichnen, zurückzuführen auf die unterschiedliche Anbaustruktur der Betriebe (Fruchtarten mit unterschiedlichem K-Gehalt). Hohe K-Entzüge können im Ackerfutterbau und auf dem Intensiv-Grünland auftreten. Die flächenbezogenen Kaliumbilanzen zeigen in allen Betriebstypen im Mittel negative Salden. Beim Kalium sind die größten Nährstoffdefizite in den konventionellen Marktfruchtbetrieben (mit $\bar{x}$ -32 kg ha⁻¹) zu finden. Allerdings sind die K-Salden (ebenso wie die P-Salden) nur im Kontext der Nährstoffversorgung der Böden zu bewerten (siehe Kapitel 4.2 Humus- und Nährstoffgehalte der Böden).

Tabelle 4.1-16: Kaliumbilanz der Pilotbetriebe, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche

Kennzahl	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktfrucht	Milchvieh	Marktfrucht	Milchvieh
K-Zufuhr	kg K ha ⁻¹	96 (49 - 168)	132 (63 - 221)	130 (50 - 184)	189 (113 - 276)
Saatgut	kg K ha ⁻¹	2 (0 - 6)	0 (0 - 1)	1 (0 - 7)	0 (0 - 1)
Stroh-/Gründüngung	kg K ha ⁻¹	53 (26 - 95)	16 (1 - 52)	84 (43 - 121)	23 (0 - 64)
Wirtschaftsdünger	kg K ha ⁻¹	37 (0 - 109)	113 (29 - 220)	12 (0 - 47)	155 (61 - 268)
Mineraldünger	kg K ha ⁻¹	4 (0 - 32)	2 (0 - 32)	33 (0 - 80)	10 (0 - 64)
K-Entzug	kg K ha ⁻¹	112 (81 - 156)	153 (91 - 230)	162 (127 - 217)	208 (145 - 305)
K-Saldo	kg K ha ⁻¹	-16 (-52 - 46)	-21 (-63 - 7)	-32 (-87 - 40)	-19 (-48 - 23)

Die Hoftorbilanz (Tabelle 4.1-17) zeigt die K-Inputs und Outputs über die Betriebsgrenze und die entsprechenden K-Salden. Der K-Input ist im ökologischen Marktfruchtbau, konventionellen Marktfruchtbau und der konventionellen Milchviehhaltung mit $\bar{x}$ 44 bis 47 kg ha⁻¹ auf etwa gleichem Niveau. In die ökologischen Milchviehbetrieben hingegen wird nur wenig K ($\bar{x}$ 15 kg ha⁻¹) eingeführt, überwiegend mit dem zugekauften Futter. Allerdings unterscheiden sich auch die K-Outputs deutlich zwischen den Marktfrucht- und den Milchviehbetrieben. Mit den pflanzlichen Produkten wird weitaus mehr K aus dem betrieblichen

Stoffkreislauf ausgeführt als mit den tierischen Produkten. Nur die konventionellen Milchviehbetriebe erzielen im Mittel eine positive K-Bilanz.

Tabelle 4.1-17: Kalium-Hoftorbilanz ^a der Pilotbetriebe, bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche

Kennzahl	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktfrucht	Milchvieh	Marktfrucht	Milchvieh
K-Input	kg K ha ⁻¹	47 (3 - 153)	15 (0 - 109)	47 (1 - 83)	44 (12 - 184)
Saatgut	kg K ha ⁻¹	2 (0 - 4)	0 (0 - 1)	1 (0 - 4)	0 (0 - 1)
Mineraldünger	kg K ha ⁻¹	4 (0 - 32)	2 (0 - 32)	34 (0 - 80)	10 (0 - 63)
Organische Dünger	kg K ha ⁻¹	42 (0 - 150)	5 (0 - 99)	11 (0 - 47)	8 (0 - 141)
Futter, Einstreu	kg K ha ⁻¹	0 (0 - 1)	7 (0 - 31)	0 (0 - 0)	26 (0 - 70)
Tiere	kg K ha ⁻¹	0 (0 - 0)	0 (0 - 1)	0 (0 - 0)	0 (0 - 1)
K-Output	kg K ha ⁻¹	53 (23 - 86)	18 (5 - 108)	74 (41 - 134)	32 (11 - 189)
Pflanzliche Marktprodukte	kg K ha ⁻¹	52 (23 - 78)	7 (0 - 32)	74 (41 - 134)	12 (0 - 41)
Tierische Marktprodukte	kg K ha ⁻¹	0 (0 - 0)	6 (2 - 16)	0 (0 - 0)	12 (4 - 19)
Organische Dünger	kg K ha ⁻¹	1 (0 - 9)	5 (0 - 96)	0 (0 - 0)	9 (0 - 153)
K-Saldo	kg K ha ⁻¹	-6 (-44 - 66)	-3 (-34 - 19)	-27 (-80 - 40)	12 (-32 - 41)

^a In der Hoftorbilanz ergeben sich geringfügige Abweichungen zur flächenbezogenen K-Bilanz (vgl. Tabelle 4.1-16), da bei der Berechnung der Hoftorbilanz in zwei Pilotbetrieben weniger Betriebsdaten zur Verfügung standen (in zwei Untersuchungsjahren fehlen Daten, daher wurden diese Jahre nicht in die Auswertungen einbezogen).

4.1.3.5 Humusbilanzen

Die für das Ackerland berechneten Humusbilanzen zeigen einen höheren Humusbedarf in den konventionellen Betrieben, vor allem bedingt durch höhere Hackfrucht- und Silomaisanteile in der Fruchtfolge. Die Humusbilanzergebnisse belegen, dass nicht nur deutliche Unterschiede zwischen konventionellen und ökologischen Betrieben bestehen; auch die Betriebsstruktur (viehlos vs. viehhaltend, Anbaustruktur und Fruchtfolge) hat erheblichen Einfluss auf die Humusversorgung (Tabelle 4.1-18).

Die größte Humusanreicherung (Humussaldo: $\bar{x}$ 260 kg C ha⁻¹ a⁻¹) ist nach den Bilanzierungsergebnissen in den ökologischen Milchviehbetrieben zu erwarten. Die Humuszufuhr erfolgt in diesen Betrieben überwiegend durch Wirtschaftsdünger der Tierhaltung (mittlerer Tierbesatz von 0,86 GV ha⁻¹) sowie über die

positiven Humuseffekte des Kleegrasanbaus ($\bar{x}$ 39 % der Ackerfläche). Auch in den ökologischen Marktfruchtbetrieben ist die Humusbilanz im Mittel positiv, allerdings wird in diesen Betrieben den Böden organische Substanz überwiegend durch Stroh- und Gründüngung zugeführt. In beiden ökologischen Betriebsgruppen sind aber auch Pilotbetriebe mit negativen Humusbilanzsalden anzutreffen. In den konventionellen Pilotbetrieben wurden im Mittel negative Humusbilanzsalden ermittelt. Neben dem im Vergleich zu den ökologischen Betrieben höheren Humusbedarf sind auch geringere Humusersatzleistungen berechnet worden, die geringsten in den konventionellen Marktfruchtbetrieben.

Tabelle 4.1-18: Humusbilanz¹² der Pilotbetriebe, bezogen auf Ackerland, in kg Humus-C

Kennzahl	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktfrucht	Milchvieh	Marktfrucht	Milchvieh
Humusbedarf	kg C ha ⁻¹	-515 (-752 - -329)	-438 (-738 - -219)	-636 (-942 - -403)	-667 (-1177 - -279)
Humusersatzleistung	kg C ha ⁻¹	557 (412 - 728)	678 (256 - 1234)	490 (270 - 911)	555 (186 - 955)
Humusmehrer	kg C ha ⁻¹	196 (79 - 336)	344 (116 - 708)	17 (0 - 68)	103 (0 - 532)
Stroh- und Gründüngung	kg C ha ⁻¹	208 (92 - 315)	89 (0 - 224)	382 (187 - 551)	128 (0 - 316)
Wirtschaftsdünger	kg C ha ⁻¹	153 (0 - 557)	263 (68 - 520)	91 (0 - 644)	324 (150 - 648)
Humussaldo	kg C ha ⁻¹	42 (-282 - 200)	260 (-78 - 712)	-144 (-648 - 200)	-126 (-992 - 666)
Versorgungsgrad	%	112 (60 - 146)	172 (88 - 359)	81 (30 - 128)	89 (0 - 315)

In einigen Pilotbetrieben wurden sehr positive Humussalden (bis 712 kg C ha⁻¹) berechnet, in anderen Betrieben extrem negative Humussalden (bis -992 kg ha⁻¹). Nach diesen Modellergebnissen müsste es in den Betrieben je nach Bewirtschaftung zum Humusaufbau oder Humusabbau bzw. zur Erhöhung oder Verminderung der Bodenkohlenstoffvorräte kommen (vgl. hierzu auch Ergebnisse der Bodenuntersuchungen in Kapitel 4.2).

¹² Die Humusbilanzen wurden mit der dynamischen (ertragsabhängigen) Humusbilanzmethode des Modells REPRO (Hülsbergen, 2003) berechnet.

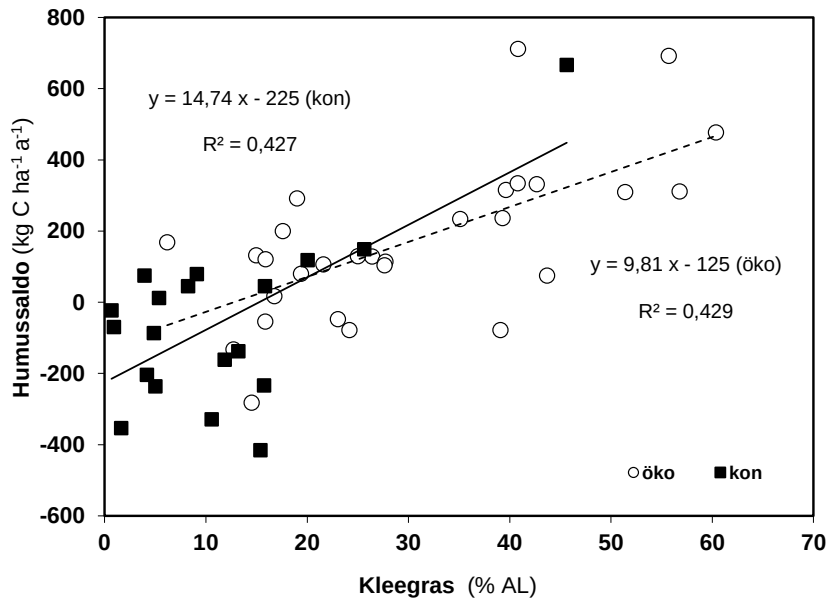


Abbildung 4.1-7: Zusammenhang zwischen Kleegrasanteil am Ackerland und Humussaldo.

Zwischen dem Kleegrasanteil und dem Humussaldo besteht ein positiver Zusammenhang – sowohl in den ökologischen als auch in den konventionellen Betrieben (Abbildung 4.1-7). Die Anbaustruktur hat somit neben dem Tierbesatz und dem Wirtschaftsdüngeranfall deutlichen Einfluss auf die Humusversorgung der Ackerböden.

4.1.3.6 Treibhausgasbilanzen

Die flächen- und produktbezogenen Treibhausgasbilanzen des Pflanzenbaus (Tabelle 4.1-19 und 4.1-20) integrieren die Aussagen der zuvor dargestellten Stoff- und Energiebilanzen (Stickstoff-, Humus- und Energiebilanzen).

Die anbaubedingten CO₂-Emissionen der ökologischen Betriebe erreichen mit $\bar{x}$ 557 kg CO₂ eq ha⁻¹ (Marktfreuchtbau) bzw. $\bar{x}$ 583 kg CO₂ eq ha⁻¹ (Milchviehhaltung) nur etwa 50 % der CO₂-Emissionen der konventionellen Betriebe ($\bar{x}$ 1117 kg CO₂ eq ha⁻¹ (Marktfreuchtbau), $\bar{x}$ 1162 kg CO₂ eq ha⁻¹ (Milchviehhaltung)). Die höheren Emissionen der konventionellen Betriebe werden vor allem durch den Mineraldünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatz verursacht. Die Milchviehbetriebe weisen höhere Emissionen durch den Einsatz organischer Dünger¹³ auf. Die Investitionsgüter sind hinsichtlich des THG-Emissionspotenzials

¹³ In der Bilanz sind die Treibhausgasemissionen der organischen Dünger einbezogen, d.h. die in der Tierhaltung und bei der Düngerlagerung und -aufbereitung auftretenden Emissionen werden anteilig dem Dünger zugeordnet. Vereinfachend werden hierzu die organischen Dünger nach ihrem Nährstoffgehalt und ihrer Nährstoffwirkung (Substitutionswert) bewertet (analog zur energetischen Bewertung, vgl. Hülsbergen, 2003).

von untergeordneter Bedeutung. Beim Kraftstoffeinsatz gibt es nur eine geringe Differenzierung zwischen den Systemen.

Tabelle 4.1-19: Flächenbezogene Treibhausgasbilanz des Pflanzenbaus der Pilotbetriebe

Kennzahl	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktf Frucht	Milchvieh	Marktf Frucht	Milchvieh
CO ₂ -Emissionen Anbau ^a	kg CO ₂ eq ha ⁻¹	557 (341 - 896)	583 (370 - 931)	1117 (830 - 1263)	1162 (846 - 1484)
Saatgut	kg CO ₂ eq ha ⁻¹	103 (44 - 192)	40 (0 - 86)	76 (46 - 211)	42 (0 - 82)
Organische Dünger	kg CO ₂ eq ha ⁻¹	84 (7 - 269)	259 (70 - 558)	56 (0 - 258)	411 (145 - 680)
Mineraldünger	kg CO ₂ eq ha ⁻¹	9 (0 - 53)	2 (0 - 24)	519 (330 - 713)	290 (0 - 666)
Pflanzenschutz	kg CO ₂ eq ha ⁻¹	7 (0 - 60)	0 (0 - 0)	140 (88 - 225)	47 (0 - 92)
Investitionsgüter	kg CO ₂ eq ha ⁻¹	41 (16 - 210)	29 (14 - 43)	26 (20 - 37)	40 (20 - 76)
Kraftstoff	kg CO ₂ eq ha ⁻¹	313 (83 - 493)	253 (145 - 348)	299 (241 - 415)	332 (222 - 520)
C-Sequestrierung	kg CO ₂ eq ha ⁻¹	-138 (-622 - 970)	-463 (-1771 - 181)	508 (-736 - 2234)	160 (-1239 - 1186)
N ₂ O-Emissionen	kg CO ₂ eq ha ⁻¹	804 (562 - 1071)	922 (558 - 1396)	1373 (964 - 1689)	1477 (1050 - 1799)

^a Angaben in kg CO₂-Äquivalent (CO₂ eq)

Die C-Sequestrierung wurde aus den Ergebnissen der Humusbilanz abgeleitet. Demnach sind die Böden der ökologischen Betriebe im Mittel eine C-Senke, die Böden der konventionellen Marktf Fruchtbetriebe im Mittel eine C-Quelle. Die Milchviehbetriebe haben nach diesen Ergebnissen ein höheres C-Sequestrierungspotenzial als die Marktf Fruchtbetriebe. Allerdings ist gerade bei diesem Parameter auf die enorme einzelbetriebliche Variabilität der Bilanzergebnisse hinzuweisen.

Die N₂O-Emissionen sind aus der Stickstoffbilanz abgeleitet; sie korrelieren mit dem N-Input. Die N₂O-Emissionen erreichen in den ökologischen Marktf Fruchtbetrieben mit $\bar{x}$ 804 kg CO₂ eq ha⁻¹ die geringsten, in den konventionellen Milchviehbetrieben mit $\bar{x}$ 1477 kg CO₂ eq ha⁻¹ die höchsten Werte.

Tabelle 4.1-20: Flächen- und produktbezogene Treibhausgasbilanz der Pilotbetriebe

Kennzahl	ME	ökologische Pilotbetriebe		konventionelle Pilotbetriebe	
		Marktf Frucht	Milchvieh	Marktf Frucht	Milchvieh
Treibhausgasemissionen mit Berücksichtigung organischer Dünger					
THG-Emissionen Gesamt ^a	kg CO ₂ eq ha ⁻¹	1223 (595 - 2172)	1041 (-431 - 2070)	2998 (1863 - 4616)	2799 (1297 - 4057)
THG-Emissionen (HP + NP) ^b	kg CO ₂ eq GE ⁻¹	33 (20 - 51)	25 (-11 - 47)	33 (19 - 51)	39 (23 - 55)
THG-Emissionen (HP)	kg CO ₂ eq GE ⁻¹	33 (20 - 52)	25 (-12 - 48)	34 (20 - 52)	40 (23 - 56)
THG-Emissionen (HP + NP)	kg CO ₂ eq GJ ⁻¹	16 (9 - 30)	9 (-4 - 15)	20 (11 - 30)	15 (8 - 22)
THG-Emissionen (HP)	kg CO ₂ eq GJ ⁻¹	19 (9 - 35)	10 (-4 - 17)	21 (13 - 33)	17 (8 - 23)
Treibhausgasemissionen ohne Berücksichtigung organischer Dünger					
THG-Emissionen Gesamt	kg CO ₂ eq ha ⁻¹	1139 (519 - 2153)	782 (-554 - 1747)	2941 (1738 - 4613)	2388 (790 - 3575)
THG-Emissionen (HP + NP)	kg CO ₂ eq GE ⁻¹	30 (17 - 50)	19 (-15 - 40)	33 (18 - 48)	33 (149 - 49)
THG-Emissionen (HP)	kg CO ₂ eq GE ⁻¹	31 (172 - 51)	19 (-16 - 41)	33 (19 - 49)	34 (14 - 49)
THG-Emissionen (HP + NP)	kg CO ₂ eq GJ ⁻¹	15 (8 - 30)	7 (-5 - 13)	19 (10 - 30)	13 (5 - 20)
THG-Emissionen (HP)	kg CO ₂ eq GJ ⁻¹	18 (8 - 35)	7 (-5 - 14)	21 (12 - 33)	14 (5 - 22)

^a Angaben in kg CO₂-Äquivalent (CO₂ eq) je ha und je Produkteinheit^b HP = Hauptprodukt, NP = Nebenprodukt

Die Gesamtauswertung (Tabelle 4.1-20) zeigt, dass die Milchviehbetriebe im Pflanzenbau etwas geringere flächenbezogene CO₂ eq-Emissionen als die Marktf fruchtbetriebe aufweisen. Bleiben die CO₂ eq-Emissionen der organischen Dünger unberücksichtigt, so sind die Unterschiede zwischen den Betriebssystemen noch deutlicher ausgeprägt. Es wurden folgende Emissionen ermittelt: ökologischer Marktf fruchtbau: $\bar{x}$ 1223 kg CO₂ eq ha⁻¹; ökologische Milchviehhaltung: $\bar{x}$ 1041 kg CO₂ eq ha⁻¹; konventioneller Marktf fruchtbau: $\bar{x}$ 2998 kg CO₂ eq ha⁻¹; konventionelle Milchviehhaltung: $\bar{x}$ 2799 kg CO₂ eq ha⁻¹.

Produktbezogen betragen die Emissionen: ökologischer Marktf fruchtbau: $\bar{x}$ 16 kg CO₂ eq GJ⁻¹; ökologische Milchviehhaltung: $\bar{x}$ 9 kg CO₂ eq GJ⁻¹; konventioneller Marktf fruchtbau: $\bar{x}$ 20 kg CO₂ eq GJ⁻¹; konventionelle Milchviehhaltung: $\bar{x}$ 15 kg CO₂ eq GJ⁻¹. Werden die erzeugten pflanzlichen Produkte nicht energetisch mit dem Maßstab GJ bewertet, sondern mit Getreideeinheiten, so verschieben sich die Relationen zwischen

den Betriebssystemen etwas. Die konventionellen Milchviehbetriebe weisen dann die höchsten produktbezogenen Emissionen auf ($\bar{x}$ 39 kg CO₂ eq GE⁻¹), ökologische und konventionelle Marktfruchtbetriebe erreichen den gleichen Wert von $\bar{x}$ 33 kg CO₂ eq GE⁻¹).

Es wird aber auch deutlich, dass die Schwankungen innerhalb der Betriebsgruppen größer sind als die Unterschiede zwischen den Betriebsgruppen. Dies weist darauf hin, dass die THG-Emissionen in erster Linie einzelbetrieblich zu bewerten sind. Die Vielfalt der Standort- und Managementeinflüsse spiegelt sich in den THG-Bilanzen wider und macht generalisierende Aussagen zu systembedingten Unterschieden (z. B. ökologisch vs. konventionell, viehlos vs. viehhaltend) schwierig. Daher ist es auch notwendig, Optimierungsstrategien zur Minderung von THG-Emissionen nicht pauschal, sondern standort- und betriebsbezogen abzuleiten (siehe Kapitel 4.11).

Der Zusammenhang zwischen Energieinput und Treibhausgasemissionen ist in Abbildung 4.1-8 dargestellt. Mit steigenden Energieinputs steigen auch die flächenbezogenen Emissionen, wenngleich die Beziehung nur schwach ausgeprägt ist ($R^2 = 0,165$ bzw. $R^2 = 0,286$).

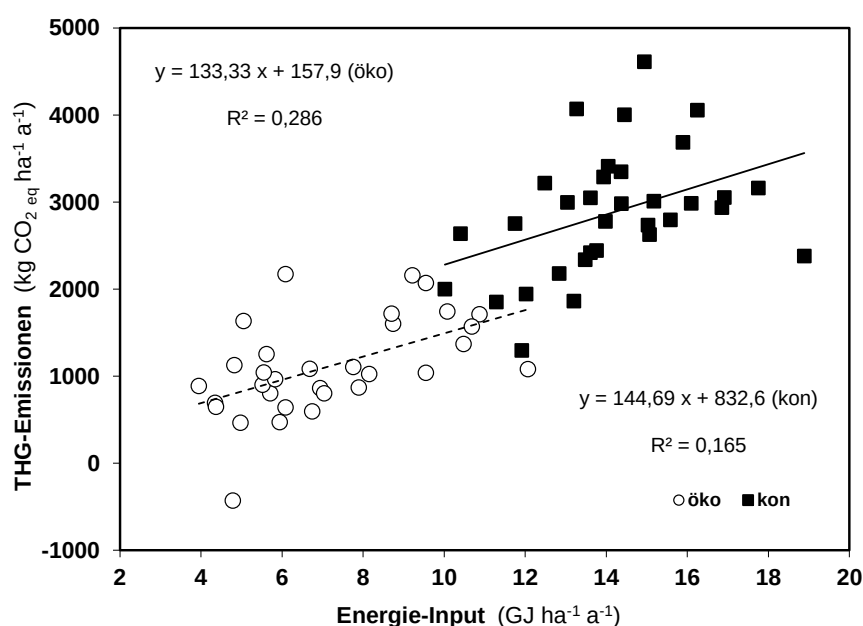


Abbildung 4.1-8: Zusammenhang zwischen Energieinput und Treibhausgasemissionen im Pflanzenbau.

Die C-Bindung hat hingegen einen starken Einfluss auf die flächen- und produktbezogenen CO₂-Emissionen. Mit steigender C-Bindung im Humus gehen die flächen- und produktbezogenen CO₂-Emissionen zurück (Abbildung 4.1-9, Abbildung 4.1-10). Einige Ökobetriebe mit positiver Humusbilanz wirtschaften mit sehr geringen Gesamt-Emissionen oder sogar CO₂-neutral, d. h. die CO₂-Emissionen durch den Einsatz fossiler Energie sowie durch die N₂O-Emissionen der Böden werden durch die C-Rückbindung im Humus kompensiert. In den Betrieben mit den höchsten Treibhauspotentialen je Produkteinheit sind die Böden eine CO₂-Quelle (negative Humusbilanz). Die Ökobetriebe emittieren je Flächeneinheit deutlich

weniger CO₂ als die konventionellen Betriebe, nicht aber je Produkteinheit (4.1-8). Hier zeigt sich, vor allem aufgrund des Ertragseinflusses, eine enorme Schwankungsbreite der CO₂-Emissionen.

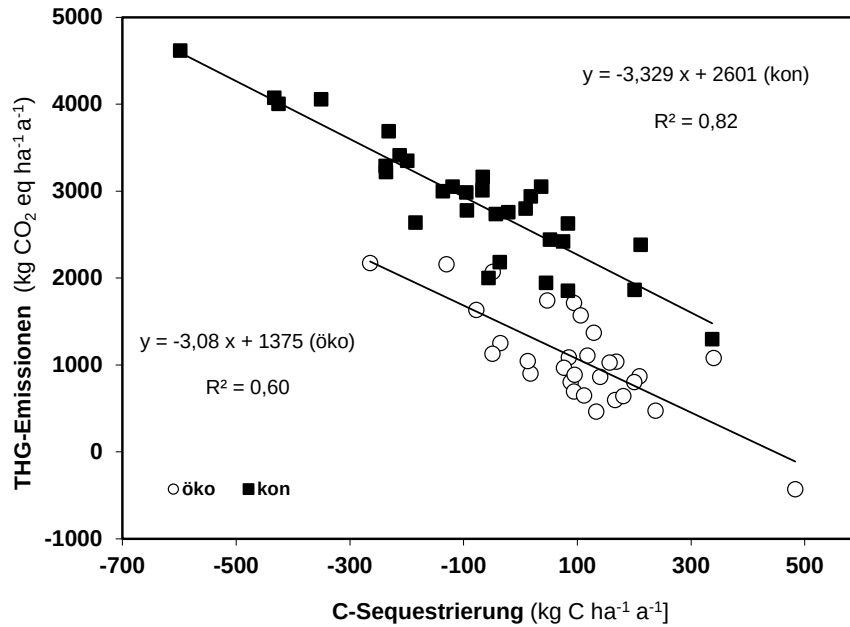


Abbildung 4.1-9: Zusammenhang zwischen C-Sequestrierung und flächenbezogenen Treibhausgasemissionen im Pflanzenbau, (mit Bewertung organischer Dünger).

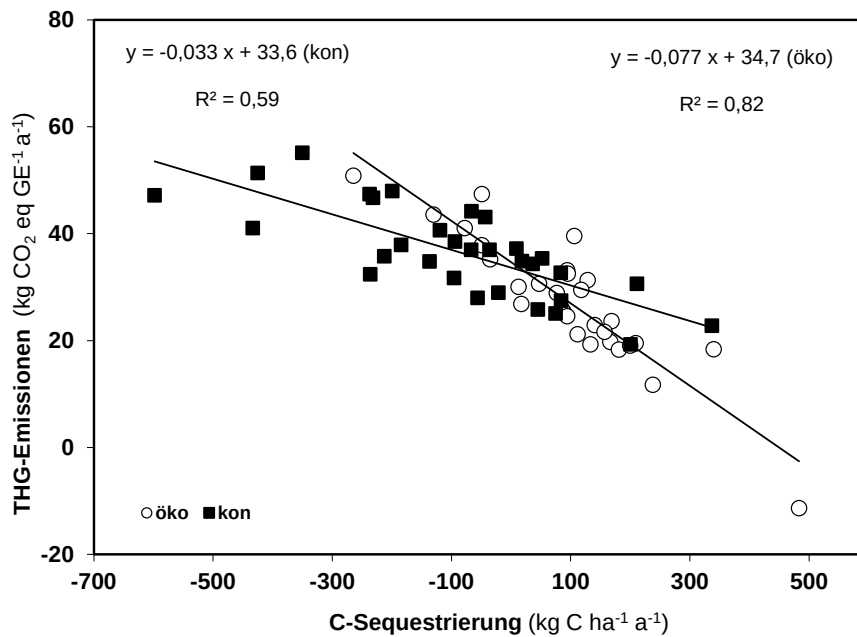


Abbildung 4.1-10: Zusammenhang zwischen C-Sequestrierung und produktbezogenen Treibhausgasemissionen im Pflanzenbau (mit Bewertung organischer Dünger).

4.1.3.7 Gesamtbewertung der ökologischen Nachhaltigkeit und der Ressourcen-effizienz in den Pilotbetrieben

Abschließend erfolgt ein Vergleich der analysierten Betriebssysteme anhand von Indikatoren und deren Relation zueinander (Tabelle 4.1-21a und 4.1-21b). Gegenübergestellt werden die Kennzahlen

- (a) aller ökologischen und konventionellen Pilotbetriebe,
- (b) der ökologischen und konventionellen Marktfruchtbetriebe,
- (c) der ökologischen und konventionellen Milchviehbetriebe,
- (d) der ökologischen Marktfrucht- und Milchviehbetriebe sowie
- (e) der konventionellen Marktfrucht- und Milchviehbetriebe.

Auf diese Weise kann das Stärken-Schwäche-Profil der jeweiligen Systeme herausgearbeitet und ein Indikatoren-gestützter Systemvergleich vorgenommen werden.

Die in Tabelle 4.1-21a aufgeführten Kennzahlen und Relationen zur Anbaustruktur zeigen in komprimierter Form die systembedingten Unterschiede. Die größten Abweichungen zwischen ökologischen und konventionellen Systemen sind beim Kleegrasanbau sowie beim Anbau von Hackfrüchten und Mais festzustellen. Die ökologischen Systeme zeichnen durch eine höhere Fruchtartendiversität aus.

Die Ertragsrelationen der ökologischen und konventionellen Betriebe betragen 0,47 (Winterweizen) bis 0,59 (Energiebindung). Die ökologischen Milchviehbetriebe schneiden im Systemvergleich bei den Ertragsleistungen besser ab als die ökologischen Marktfruchtbetriebe.

Die Indikatoren zur flächenbezogenen N-Bilanz zeigen deutlich geringere N-Salden und N-Verlustpotenziale der ökologischen Betriebe. So beträgt die Relation der N-Salden 0,19 (Milchviehbetriebe) bis 0,45 (Marktfruchtbetriebe). Bei der N-Effizienz sind die systembedingten Unterschiede geringer; die höchste N-Effizienz wurde in den ökologischen Milchviehbetrieben festgestellt.

Bei der Stickstoff-Stallbilanz sind nur die Kennzahlen der Milchviehbetriebe relevant (Tabelle 4.1-21a). Die ökologischen Betriebe erzielen eine geringere N-Effizienz I (bezogen auf die tierischen Marktprodukte), aber eine etwas höhere N-Effizienz II (unter Berücksichtigung der anfallenden Wirtschaftsdünger). Die Stoffströme in der Tierhaltung unterscheiden sich aufgrund des Tierbesatzes und der differenzierten Tierleistungen; so erreicht die flächenbezogene Marktproduktion der ökologischen Milchviehbetriebe nur 45 % der Marktproduktion der konventionellen Milchviehbetriebe.

Die Indikatoren der Hoftorbilanz zeigen deutliche systembedingte Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen sowie zwischen Marktfrucht- und Milchviehbetrieben. Die N-Salden der ökologischen Pilotbetriebe erreichen im Mittel nur 42 % der N-Salden der konventionellen Betriebe. Besonders günstig ist die Situation in den ökologischen Milchviehbetrieben; hier werden nur 35 % der N-Salden der konventionellen Milchviehbetriebe erreicht, in den Marktfruchtbetrieben 66 %.

Insgesamt ist aus diesen Kennzahlen zu schlussfolgern, dass die ökologischen Betriebe diverser strukturiert sind, geringere Ertragsleistungen im Pflanzenbau und eine geringere Milchproduktion je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche erbringen, dafür aber stickstoffeffizienter und mit wesentlich geringeren Stickstoffüberschüssen wirtschaften. Nach diesen Kennzahlen würde eine weitere Umstellung auf ökologischen Landbau zu einem Rückgang der pflanzlichen und tierischen Marktproduktion führen, aber die

Ökosysteme entlasten, da sich die umweltrelevanten Stickstoffemissionen signifikant vermindern würden (siehe Abschnitt 4.1.4 Diskussion).

Tabelle 4.1-21a: Indikatoren-gestützter Vergleich ^a der Ertragsleistungen, Energie- und Nährstoffbilanzen ökologischer und konventioneller Pilotbetriebe

Kennzahl	ME	Referenzwert ^b	Gesamt öko/konv	Marktfrucht öko/konv	Milchvieh öko/konv	ökologisch MF/Milch	konventionell MF/Milch
Anbaustruktur							
Kleegrass, Ackerfutter	% AL	7	4,43	9,50	3,55	0,49	0,18
Getreide	% AL	52	0,90	0,86	0,95	1,43	1,57
Hackfrüchte, Mais	% AL	27	0,33	0,77	0,24	1,11	0,35
Zwischenfrüchte	% AL	13	1,15	1,64	0,93	1,38	0,79
Fruchtartendiversität		1,57	1,40	1,51	1,32	1,13	0,99
Ertragsleistungen							
Winterweizen	dt ha ⁻¹	81	0,47	0,44	0,49	1,03	1,16
Energiebindung	GJ ha ⁻¹	172	0,59	0,50	0,64	0,64	0,82
Getreideeinheiten	GE ha ⁻¹	79	0,51	0,42	0,60	0,86	1,24
Flächenbezogene Stickstoffbilanz ^c							
N-Zufuhr	kg ha ⁻¹	266	0,60	0,58	0,61	0,82	0,88
N-Entzug	kg ha ⁻¹	210	0,68	0,61	0,73	0,72	0,86
N-Saldo	kg ha ⁻¹	57	0,28	0,45	0,19	2,27	0,95
N-Effizienz		79	1,14	1,06	1,18	0,89	0,99
Stickstoff-Stallbilanz ^c							
N-Input	kg ha ⁻¹	245			0,55		
Futtereinsatz	kg ha ⁻¹	239			0,54		
N-Output, MP	kg ha ⁻¹	53			0,45		
N-Effizienz I		21			0,86		
N-Effizienz II		74			1,08		
Stickstoff-Hoftorbilanz ^c							
N-Zufuhr	kg ha ⁻¹	217	0,44	0,50	0,40	1,23	0,96
N-Entzug	kg ha ⁻¹	118	0,47	0,49	0,44	1,76	1,57
N-Saldo	kg ha ⁻¹	95	0,42	0,66	0,35	0,75	0,40
N-Verwertung		54	1,07	1,00	1,17	1,49	1,74

^a Vergleiche: öko/kon = Relation der Ergebnisse ökologischer und konventioneller Betriebe, bezogen auf die Marktfruchtbetriebe, die Milchviehbetriebe und die Gesamtheit aller Pilotbetriebe,
MF/Milch = Relation der Ergebnisse der Marktfruchtbetriebe und der Milchviehbetriebe

^b Referenzwert = Mittelwert aller konventionellen Pilotbetriebe

^c bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche

Tabelle 4.1-21b: Indikatoren-gestützter Vergleich ^a der Nährstoff-, Humus- und Treibhausgasbilanzen ökologischer und konventioneller Pilotbetriebe

Kennzahl	ME	Referenzwert ^b	Gesamt	Marktfrucht	Milchvieh	ökologisch	konventionell
			öko/konv	öko/konv	öko/konv	MF/Milch	MF/Milch
Energiebilanz des Pflanzenbaus ^c							
Energieinput	GJ ha ⁻¹	14	0,51	0,51	0,50	0,92	0,90
Netto-Energieoutput	GJ ha ⁻¹	156	0,59	0,49	0,65	0,61	0,81
Energieintensität	MJ GE ⁻¹	186	1,00	1,26	0,87	1,06	0,73
Energieeffizienz		12	1,17	1,01	1,27	0,72	0,90
Humusbilanz ^d							
Humusbedarf	kg C ha ⁻¹	-654	0,72	0,81	0,66	1,18	0,95
Humuszufuhr	kg C ha ⁻¹	522	1,18	1,14	1,22	0,82	0,88
Versorgungsgrad	%	86	1,70	1,38	1,93	0,65	0,91
Flächenbezogene Treibhausgasbilanz in CO₂ eq ^c							
Emissionen Anbau	kg ha ⁻¹	1144	0,50	0,50	0,50	0,96	0,96
N ₂ O-Emissionen	kg ha ⁻¹	1436	0,61	0,59	0,62	0,87	0,93
Gesamt	kg ha ⁻¹	2877	0,39	0,41	0,37	1,17	1,07
Produktbezogene Treibhausgasbilanz in CO₂ eq							
Gesamt	kg GE ⁻¹	37	0,76	0,97	0,63	1,32	0,86
Gesamt	kg GJ ⁻¹	17	0,70	0,83	0,59	1,84	1,30

^a Vergleiche: öko/konv = Relation der Ergebnisse ökologischer und konventioneller Betriebe, bezogen auf die Marktfruchtbetriebe, die Milchviehbetriebe und die Gesamtheit aller Pilotbetriebe,

MF/Milch = Relation der Ergebnisse der Marktfruchtbetriebe und der Milchviehbetriebe

^b Referenzwert = Mittelwert aller konventionellen Pilotbetriebe

^c bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche

^d bezogen auf das Ackerland

Anhand der energetischen Kennzahlen (Tabelle 4.1-21b) wird die unterschiedliche Bewirtschaftungsintensität ökologischer und konventioneller Betriebe deutlich. Der Energieinput der ökologischen Betriebe erreicht nur etwa 50 % des Energieinputs der konventionellen Betriebe. Der Energieinput ist nicht nur von energetischer Relevanz, sondern bedeutsam im Zusammenhang mit der Treibhausgasbilanz (steigende CO₂-Emissionen mit steigendem Energieinput). Der Energieinput ist zudem ein Indikator für die Regelungs- und Eingriffsintensität im Agrarökosystem. Mit steigendem Einsatz von Düngemitteln, Pflanzenschutzmitteln, mit steigender Bodenbearbeitungsintensität, Intensität der mechanischen Unkrautregulierung, Schnitthäufigkeit im Ackerfutterbau und auf dem Grünland, mit steigender Anzahl von Arbeitsgängen und steigender Überrollhäufigkeit nimmt der Energieinput zu, denn alle diese Arbeitsgänge sind derzeit (noch) mit dem Einsatz fossiler Energie verbunden.

Der Netto-Energieoutput der ökologischen Betriebe erreicht 59 % des Netto-Energieoutputs der konventionellen Betriebe; die Energieeffizienz (Output/Input-Verhältnis) ist in den ökologischen Pilotbetrieben höher als in den konventionellen Betrieben.

Aus den berechneten Stoff- und Energieflüssen ergibt sich insgesamt, dass die ökologischen Pilotbetriebe flächenbezogenen nur etwa 50 % der CO₂-Emissionen (aus dem Einsatz fossiler Energie), 61 % der N₂O-Emissionen aus den Böden sowie unter Berücksichtigung der Bodenkohlenstoffvorratsänderungen nur 39 % der Gesamt-Treibhausgasemissionen der konventionellen Betriebe aufweisen. Auch unter Berücksichtigung der geringeren Erträge betragen die produktbezogenen Treibhausgasemissionen der ökologischen Pilotbetriebe nur 70 % (bezogen auf die Energiebindung) bzw. 76 % (bezogen auf die Getreideeinheit) der konventionellen Pilotbetriebe. Eine weitere Umstellung auf ökologischen Landbau würde somit zur massiven Einsparung fossiler Energie und von Treibhausgasemissionen im Pflanzenbau führen. Jedoch ist bei der Bewertung dieser Kennzahlen die deutlich geringere Produktion von Nahrungsmitteln zu beachten (siehe Abschnitt 4.1.4 Diskussion).

Netzdiagramme

Mit Hilfe von Netzdiagramm erfolgen die Gegenüberstellung und Gesamtbewertung ökologischer und konventioneller Pilotbetriebe sowie der Systemvergleich von Marktfrucht- und Milchviehbetrieben (Abbildung 4.1-11 bis 4.1-15). Die ökologischen Pilotbetriebe zeichnen sich im Vergleich zu den konventionellen Betrieben durch eine hohe Fruchtartendiversität, geringe Stickstoff- und Energieinputs, hohe Humuszufuhr, geringe Erträge, geringe N-Verluste (N-Salden und N₂O-Emissionen), hohe Energieeffizienz sowie geringe flächen- und produktbezogene THG-Emissionen aus (Abbildung 4.1-11). Der Schwachpunkt der ökologischen Betriebe liegt somit im geringen Ertragsniveau, andererseits haben sie deutliche Vorteile bei den Umwelt- und Klimawirkungen.

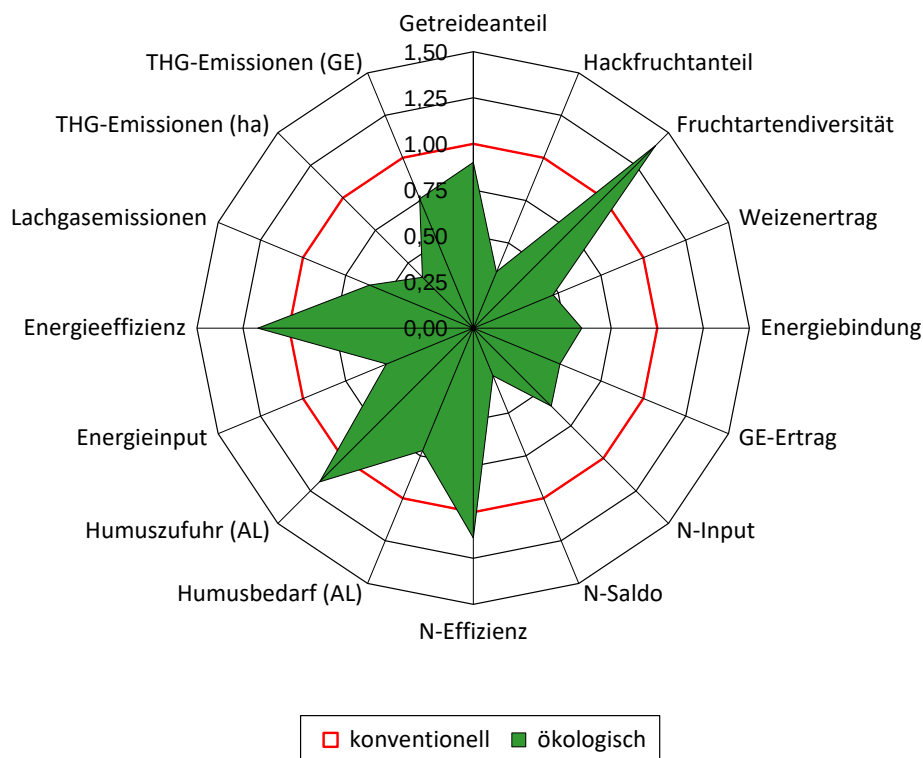


Abbildung 4.1-11: Netzdiagramm zur Gesamtbewertung der ökologischen Nachhaltigkeit. Relation zwischen ökologischen und konventionellen Pilotbetrieben (konventionelle Betriebe = 1,00).

Werden nur die ökologischen und konventionellen Marktfruchtbetriebe gegenübergestellt (Abbildung 4.1-12), so verschieben sich die Relationen etwas (vgl. Abbildung 4.1-11). Die relativen Ertragsleistungen der ökologischen Marktfruchtbetriebe sind noch geringer als die aller ökologischen Pilotbetriebe. Bei der Energieeffizienz und den produktbezogenen THG-Emissionen sind keine Vorteile gegenüber konventionellen Marktfruchtbetrieben erkennbar. Die N-Inputs und N-Salden sind auf sehr niedrigem Niveau, die N-Effizienz ist etwas höher als in den konventionellen Marktfruchtbetrieben.

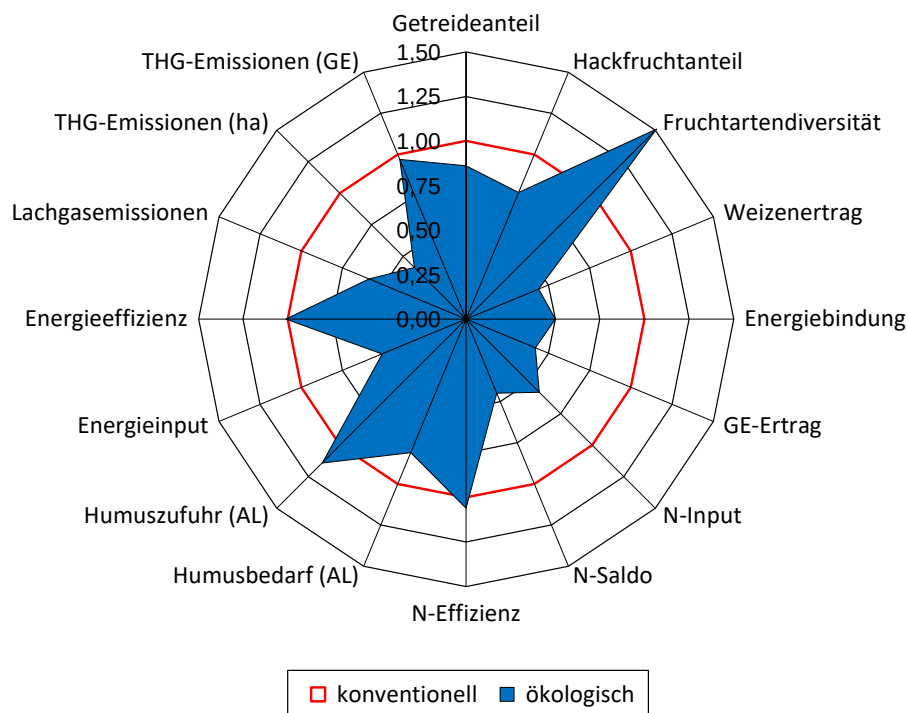


Abbildung 4.1-12: Netzdiagramm zur Gesamtbewertung der ökologischen Nachhaltigkeit. Relation zwischen ökologischen und konventionellen Marktfruchtbetrieben (konventionelle Betriebe = 1,00).

Etwas anders ist die Situation beim Vergleich ökologischer und konventioneller Milchviehbetriebe (Abbildung 4.1-13). Hier sind die Ertragsrelationen günstiger als in den Marktfruchtbetrieben, wenngleich die Erträge noch deutlich unter denen der konventionellen Milchviehbetriebe liegen. Hervorstechend ist die hohe Stickstoff- und Energieeffizienz sowie die hohe Humuszufuhr in ökologischen Milchviehbetrieben.

Die Gegenüberstellung ökologischer Marktfrucht- und Milchviehbetriebe (Abbildung 4.1-14) zeigt, dass es auch innerhalb der Gruppe ökologischer Pilotbetriebe deutliche Unterschiede in Abhängigkeit von der Produktionsrichtung gibt. Die Marktfruchtbetriebe sind in der Energiebindung und im GE-Ertrag den Milchviehbetrieben unterlegen. Sie haben höhere N-Salden und eine geringere N-Effizienz. Der Humusbedarf ist höher, die Humuszufuhr geringer. Obwohl die Marktfruchtbetriebe im Mittel etwas weniger fossile Energie einsetzen, ist die Energieeffizienz geringer als in Milchviehbetrieben. Auch die Klimawirkungen (flächen- und produktbezogene THG-Emissionen) sind ungünstiger zu bewerten als in den Milchviehbetrieben.

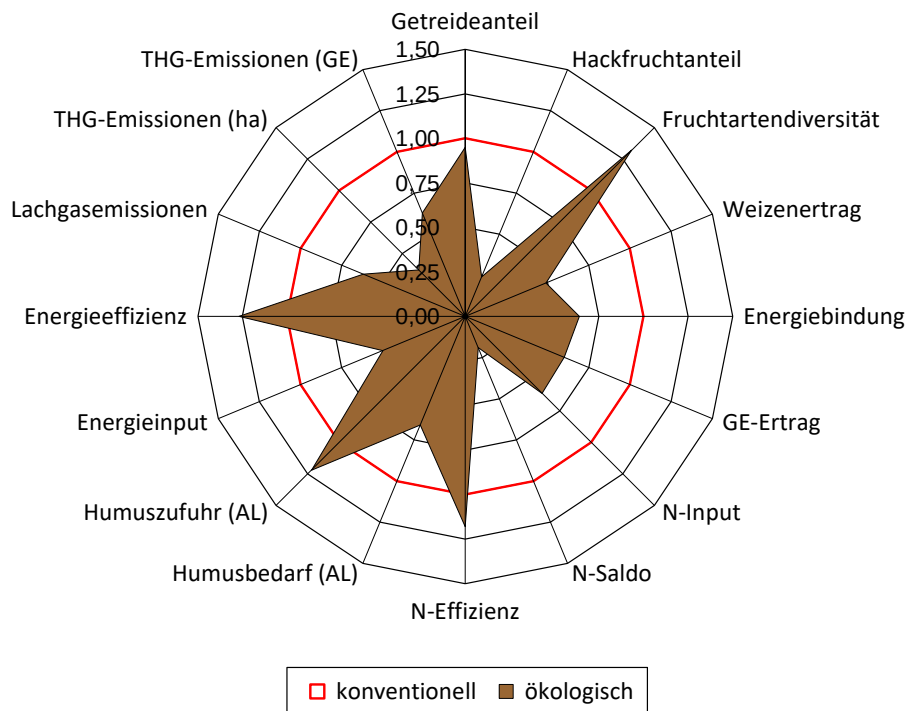


Abbildung 4.1-13: Netzdiagramm zur Gesamtbewertung der ökologischen Nachhaltigkeit. Relation zwischen ökologischen und konventionellen Milchviehbetrieben (konventionelle Betriebe = 1,00).

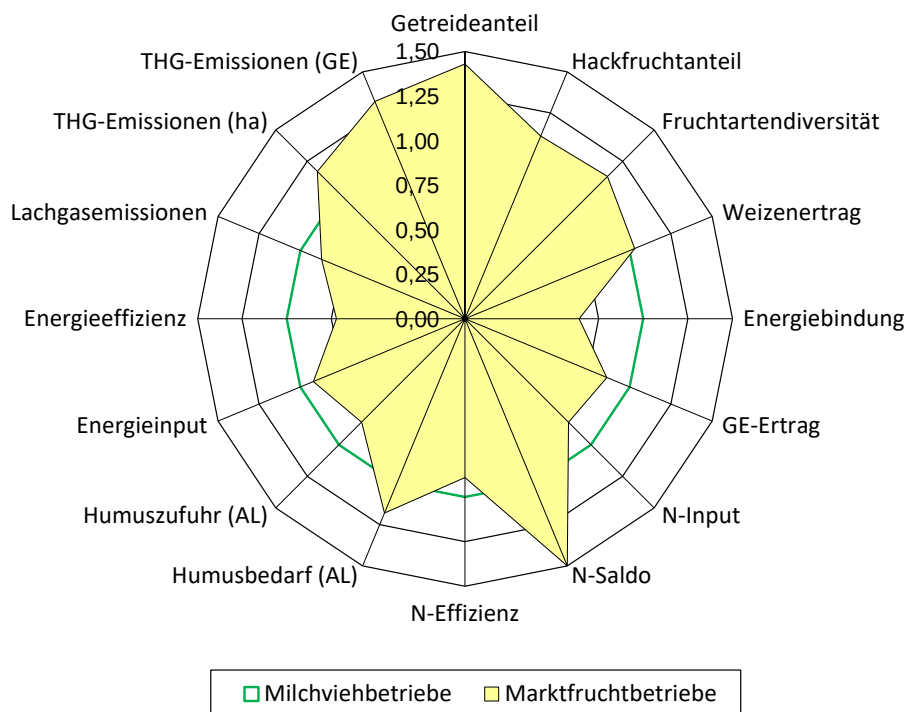


Abbildung 4.1-14: Netzdiagramm zur Gesamtbewertung der ökologischen Nachhaltigkeit. Relation zwischen ökologischen Marktfruchtbetrieben und ökologischen Milchviehbetrieben (Milchviehbetriebe=1,00).

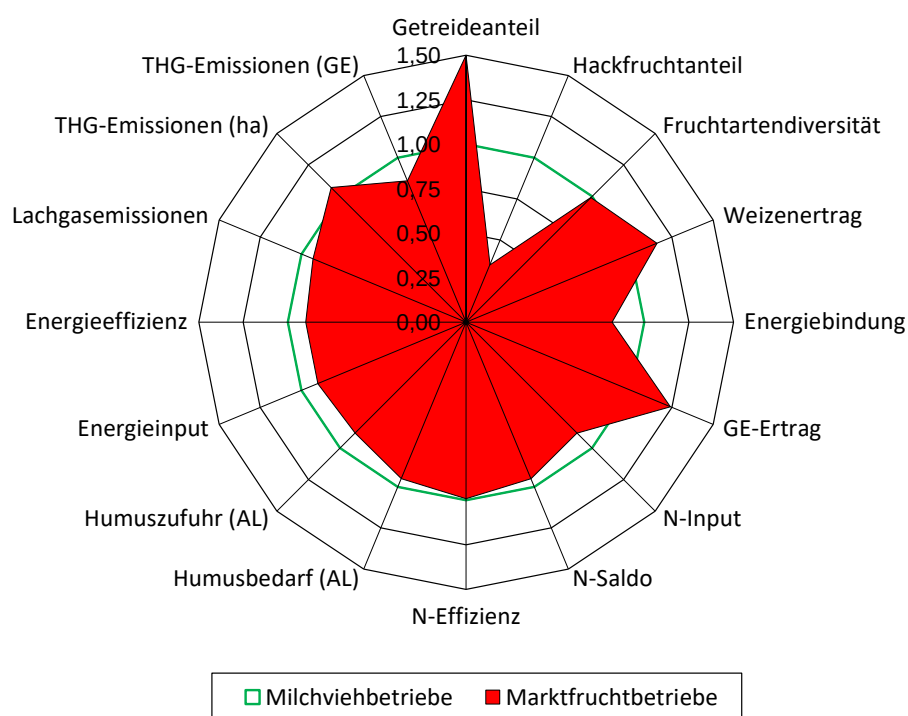


Abbildung 4.1-15: Netzdiagramm zur Gesamtbewertung der ökologischen Nachhaltigkeit. Relation zwischen konventionellen Marktfruchtbetrieben und konventionellen Milchviehbetrieben (Milchviehbetriebe = 1,00).

Aus dem Systemvergleich konventioneller Marktfrucht- und Milchviehbetriebe (Abbildung 4.1-15) geht hervor, dass die Marktfruchtbetriebe hohe Getreideanteile, aber relativ geringe Hackfruchtanteile (einschließlich Silomais) aufweisen; dies steht aber auch im Zusammenhang mit den spezifischen Boden- und Klimabedingungen der Untersuchungsregionen. Die Weizen- und GE-Erträge sind relativ hoch, die Energiebindung¹⁴ relativ niedrig. Bei den meisten Indikatoren sind die Differenzen zwischen konventionellen Marktfrucht- und Milchviehbetrieben gering, z. B. bei den N-Salden, der N-Effizienz, dem Humusbedarf, der Energieeffizienz und den THG-Emissionen.

Somit ist zu konstatieren, dass die beim Systemvergleich von Marktfrucht- und Milchviehbetrieben festgestellten Unterschiede in den ökologischen Betrieben viel stärker ausgeprägt sind als in den konventionellen Betrieben. Ein Grund ist darin zu sehen, dass die ökologischen Betriebe weniger von externen

¹⁴ In diesem Zusammenhang ist auf methodische Besonderheiten der Ertragsbewertung mit Getreideeinheiten bzw. der energetischen Bewertung hinzuweisen (vgl. Bryzinski, 2020). Mit Getreideeinheiten werden Marktfrüchte relativ hoch, Futterpflanzen relativ niedrig bewertet; dieses Problem ist auch nach mehrfacher Überarbeitung der GE-Faktoren (Schulze Mönking et al., 2010) noch nicht ganz beseitigt. Andererseits ist auch die Ertragsbewertung mit dem physikalischen Brennwert (Hülsbergen et al., 2001) in der Aussagekraft eingeschränkt, da z. B. die Verdaulichkeit der organischen Substanz nicht einbezogen wird.

Inputs (Stickstoff, Energie, Biomasse) abhängen, und somit die Betriebsstrukturen stärkeren Einfluss auf die Stoff- und Energieflüsse haben.

4.1.4 Diskussion

4.1.4.1 Methodendiskussion

Die Untersuchungen zur ökologischen Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz im Netzwerk der Pilotbetriebe basieren auf Methoden der Energie-, Nährstoff-, Humus- und Treibhausgasbilanzierung. Messungen auf Testflächen zur Bestimmung von Nährstoff- und Humusgehalten ergänzen diese Bilanzierungsverfahren (siehe Kapitel 4.2).

Im Forschungsprojekt kamen die im Modell REPRO enthaltenen Bilanzierungsmethoden zur Anwendung, ergänzend wurden Bilanzen mit HUNTER berechnet (Kapitel 4.3). Generell ist darauf hinzuweisen, dass bisher keine „Standardmethoden“ der Stickstoff-, Humus- und Energiebilanzierung vorliegen. Vielmehr existieren sehr unterschiedliche, für verschiedene Fragestellungen und Anwendungsgebiete entwickelte Methoden. Die Unterschiede zwischen den Methoden betreffen die Komplexität und fachliche Tiefe, die Eingangsdaten, die Genauigkeitsanforderungen und Aussagekraft. Durch die Methodenvielfalt wird der Vergleich ebenso wie die standortübergreifende Auswertung von Ergebnissen unterschiedlicher Studien erschwert (vgl. Chmelíková und Hülsbergen, 2019). Um Bilanzierungsergebnisse richtig interpretieren zu können, müssen die jeweils verwendeten Methoden exakt beschrieben werden.

So unterschieden sich beispielsweise Stickstoffbilanzierungsmethoden hinsichtlich

- der Systemgrenzen (Hofator, Stall, Fläche),
- der räumlichen Auflösung (Teilschlag bis Betrieb, Mittermayer et al., 2021),
- der einbezogenen Stickstoffflüsse (z. B. N-Immissionen),
- der verwendeten Modellparameter (z. B. Stickstoffgehalte organischer Dünger),
- der verwendeten Algorithmen (z. B. Berechnung der N_2 -Fixierleitung) (Küstermann et al., 2010).

Ein wesentlicher Unterschied der im Modell REPRO enthaltenen und in dieser Arbeit verwendeten Stickstoffbilanz zu anderen methodischen Ansätzen ist die Systemanalyse, die durch die Verknüpfung der innerbetrieblichen Stickstoffströme und Subsysteme in der Kombination von Hofator-, Stall- und Flächenbilanz realisiert wird (Hülsbergen, 2003).

Der mit Bilanzen berechnete N-Saldo (Differenz zwischen N-Input und N-Output) zählt weltweit zu den wichtigsten Agrarumweltindikatoren (Schröder et al., 2003; Küstermann et al., 2013). Der N-Saldo kennzeichnet das Gesamt-Verlustpotenzial an reaktiven N-Verbindungen, allerdings ohne Angabe des Verlustpfads (z. B. Denitrifikation, Auswaschung) oder der emittierten N-Verbindung (N_2 , N_2O , NH_3 , NO_3). Je höher der N-Saldo, umso größer ist die Gefahr von N-Verlusten in die Umwelt. Negative N-Salden im Pflanzenbau zeigen an, dass der N-Entzug der Pflanzen die N-Zufuhr übersteigt und die Boden-N-Vorräte abnehmen. In zahlreichen Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass der Indikator N-Saldo in Beziehung zu gemessenen N-Verlusten steht, z. B. den Nitratausträgen (Hülsbergen et al., 2017; Mc Lellan et al., 2018, Mittermayer et al., 2021) und den N_2O -Emissionen (van Groenigen et al., 2010; Vinzent, 2019).

Bei der Energiebilanzierung des Pflanzenbaus gibt es bestimmte Konventionen, die in aktuellen Studien fast immer umgesetzt werden. So bleiben die menschliche Arbeitskraft und die Sonnenenergie unberücksichtigt (vgl. 4.1.2.2). Der Energieinput umfasst nur den Einsatz fossiler Energie, dieser wird aber möglichst umfassend im Sinne einer vollständigen Ökobilanz analysiert. Es wurden auch Energiebilanzierungsmethoden mit dem Anspruch entwickelt, alle Energieflüsse in Agrarökosystemen sowie die Entropie zu erfassen (vgl. Jones, 1989; Hülsbergen et al., 2001), allerdings sind diese thermodynamischen Analysen auf spezielle Fragestellungen und Grundlagenarbeiten ausgerichtet. Für die Anwendung auf Betriebsebene und Systemvergleiche ökologischer und konventioneller Betriebe (wie in dieser Arbeit) sind sie eher ungeeignet, und die Ergebnisse auch schwer interpretierbar.

Ein kritischer Punkt aller prozessorientierten Energiebilanzierungsmethoden ist die Festlegung der Energieäquivalente, also der Modellparameter zur Berechnung des Energieeinsatzes zur Herstellung von Produktionsmitteln, die in landwirtschaftlichen Systemen eingesetzt werden. Streng genommen müssten diese Energieäquivalente fortlaufend angepasst werden, da sich z. B. der Energiemix in Deutschland, und damit auch der Anteil regenerativer Energie ständig ändert. Gleiches gilt für Innovationen in industriellen Produktionsverfahren, die zur Energieeinsparung führen. Angesichts der Klimaschutzziele in Deutschland und der EU ist mit massiven Energie- und Treibhausgaseinsparungen, z. B. in der Stahl- und Zementproduktion zu rechnen, sodass die heutigen Energieäquivalente dann nicht mehr gelten würden (z. B. bei der Herstellung von Maschinen und Geräten, Gebäuden und baulichen Anlagen). Auch bei der Herstellung von Mineraldüngerstickstoff und Pflanzenschutzmitteln (bzw. in der gesamten chemischen Industrie) ist der zunehmende Einsatz regenerativer Energieträger (z. B. „grüner Wasserstoff“ zu erwarten¹⁵. Wenn aber der Vorleistungsbereich schrittweise auf regenerative Energieträger umgestellt wird, würde sich der Einsatz fossiler Energie und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen in agrarischen Wertschöpfungsketten selbst dann vermindern, wenn die landwirtschaftlichen Produktionssysteme unverändert blieben. Somit sind die in dieser Arbeit präsentierten Energiebilanzen eine „Momentaufnahme“; sie beschreiben die derzeitige Situation. Künftig ist unter den genannten Aspekten mit sukzessive abnehmenden Energieinputs und Treibhausgasemissionen zu rechnen, beide Systeme – der ökologische und konventionelle Landbau werden davon profitieren.

In der vorliegenden Arbeit wird die in REPRO implementierte „dynamische Humuseinheitenmethode“ verwendet. Ein wesentlicher Vorteil der dynamischen Humusbilanzierung gegenüber anderen Methoden (z. B. nach VDLUFA, 2014) ist die Berücksichtigung des Ertragsniveaus der angebauten Kulturpflanzen und der Standortbedingungen. Ein genereller Nachteil der Humusbilanzierung ist der lineare Ansatz. Demnach wird je nach Humusbilanzsaldo ein linearer Anstieg bzw. eine lineare Abnahme der Humus- und C_{org} -Vorräte berechnet; die Einstellung von Fließgleichgewichten im Boden kann mit Humusbilanzen

¹⁵ Die klassische Produktion von Ammoniak als Düngemittel ist energieaufwändig und klimaschädlich. Mit einem Anteil von bis zu drei Prozent am weltweiten Energiebedarf ist die Ammoniaksynthese einer der größten industriellen Energieverbraucher. Rund 80 Prozent des hergestellten Ammoniaks werden als Düngemittel eingesetzt (Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, 2018). Die eingesetzten fossilen Brennstoffe (Erdgas, Erdöl, Kohle) dienen der Bereitstellung des Wasserstoffs für das Haber-Bosch-Verfahren. Der auf diese Weise erzeugte Wasserstoff hat dadurch einen mehr oder weniger großen „CO₂-Fußabdruck“. Prinzipiell ist die Herstellung von Wasserstoff ohne oder mit einem erheblich kleineren „CO₂-Fußabdruck“ denkbar, wenn erneuerbare Energie (aus Sonne oder Wind) zur Wasserelektrolyse eingesetzt werden (Kugler et al., 2015).

nicht abgebildet werden (Hülsbergen, 2003). Hierzu wären Bodenprozessmodelle erforderlich, die näherungsweise die C_{org} -Langzeitdynamik von Böden beschreiben können. Allerdings erfordern diese Modelle einen deutlich höheren Analyseaufwand und Modelleingangsdaten als Startwerte (z. B. bodenphysikalische Parameter, Humusausgangsgelhalte, etc.). Dieser Aufwand war im Rahmen des Projektes nicht zu leisten, sollte aber in künftigen ähnlich ausgerichteten Forschungsprojekten in Erwägung gezogen werden. Zu beachten ist aber auch, dass die meisten Bodenprozessmodelle nur für wenige Fruchtarten und Standorte parametrisiert und validiert sind.

Bei der Treibhausgasbilanzierung im Pflanzenbau steht die Frage, welche Emissionen und welche Emissionsprozesse berücksichtigt werden und welche nicht. In den meisten Treibhausgasbilanzen wird immer noch vereinfachend davon ausgegangen, dass ein Humus- und C_{org} -Gleichgewicht im Boden besteht bzw. die Bodenkohlenstoffvorratsänderung keine Relevanz für die Treibhausgasbilanz besitzt. Einige Arbeiten, z. B. Robertson et al. (2000), Küstermann et al. (2013), Bryzinski (2020) haben beim Vergleich von Pflanzenbausystemen die Boden- C_{org} -Vorratsänderung (meist auf der Basis von Messwerten aus Feldexperimenten) in die Treibhausgasbilanz einbezogen. Beim Vergleich ökologischer und konventioneller Systeme scheint die Einbeziehung der Humuswirkungen aber angebracht, da die Fruchtfolgen und Düngesysteme sich so grundlegend unterscheiden, dass mit relevanten C_{org} -Bodenvorratsänderungen zu rechnen ist. Dies zeigen z. B. Metastudien, die höhere C_{org} -Gehalte und eine Zunahme der C_{org} -Vorräte durch ökologischen Landbau ergaben (z. B. Gattinger et al., 2012) sowie theoretische Ableitungen der Humusversorgung im ökologischen Landbau (z. B. Leithold et al., 2015).

In einigen Treibhausgasbilanzen erscheint der Einsatz fossiler Energie als marginaler Faktor, da nur der direkte Energieeinsatz in landwirtschaftlichen Prozessen (Dieselkraftstoff und Elektroenergie), nicht jedoch der Energieeinsatz im Vorleistungsbereich und die damit verbundenen Emissionen bilanziert werden. Für einen fairen Vergleich ökologischer und konventioneller Systeme ist es aber zwingend notwendig, die Emissionen des Vorleistungsbereichs, insbesondere bei der Herstellung von Mineraldüngerstickstoff zu berücksichtigen. Gerade bei der Mineraldüngerproduktion wird sehr viel fossile Energie eingesetzt und es treten relevante Emissionen auf. Nach unseren Berechnungen (Tabelle 4.1-19) macht der Anteil der CO_2 -Emissionen durch den Einsatz fossiler Energie 37,3 % (konventionelle Markfruchtbetriebe) bis 56,0 % (ökologische Milchviehbetriebe) der Gesamt-Emissionen aus, ist also nicht zu vernachlässigen. Zudem zeigen sich gerade bei diesem Parameter große systembedingte Unterschiede.

Die N_2O -Emissionen werden nach IPCC (1997; 2001), einem relativ simplen (N-Input orientierten) Ansatz quantifiziert, der standortspezifische Einflüsse (Boden, Klima, Witterung) unberücksichtigt lässt. Eine Messung der N_2O -Flüsse auf Testflächen in den Pilotbetrieben hätte den Rahmen des Forschungsprojektes gesprengt. Die Verwendung von Prozessmodellen (wie z. B. DNDC) hätte z. B. Standorteinflüsse besser abbilden können, allerdings wären auch hier der Modellierungsaufwand ungleich größer und Modelleingangsdaten als Messwerte unverzichtbar gewesen. Die Untersuchungen zu Klimawirkungen der Landwirtschaft waren bisher oft auf Teilprozesse und ausgewählte Treibhausgasflüsse ausgerichtet – beispielsweise auf N_2O -Emissionen landwirtschaftlich genutzter Böden (Ruser et al., 2001; Bouwman et al., 2002; Jäger et al., 2011; Skinner et al., 2014; Vinzent, 2019), weniger auf ganzheitliche Bewertungen von Pflanzenbau- und Betriebssystemen (Robertson et al., 2000; Simon, 2018; Bryzinski, 2020). Wenn jedoch nur einzelne Prozessschritte und Einflussfaktoren untersucht werden, kann dies zu Fehlbewertungen beim Systemvergleich führen, weil relevante Emissionen in der Betrachtung fehlen oder Wechselwirkungen unbeachtet bleiben.

Eine weitere umstrittene Frage bei Systemvergleichen zu Klimawirkungen ökologischer und konventioneller Agrarsysteme ist die richtige funktionale Einheit – Flächenbezug oder Produktbezug (Sanders und Heß, 2019; Bryzinski, 2020). In der vorliegenden Arbeit werden sowohl flächen- als auch produktbezogene Treibhausgasbilanzen ausgewiesen. Für die produktbezogene Darstellung von Treibhausgasflüssen spricht das unterschiedliche Ertragsniveau ökologischer und konventioneller Pflanzenbausysteme. Es gibt aber auch beim Produktbezug einige methodische Aspekte zu beachten. Während auf Fruchtartenebene (z. B. Winterweizen) gegebenenfalls sortenspezifische Ertragspotenziale einen Einfluss auf den Ertrag und damit die produktspezifischen Emissionen haben, spielt auf Fruchtfolge- und Betriebsebene neben der Anbaustruktur, dem Ertrag und der Ertragsverwendung auch der Bewertungsmaßstab eine Rolle. Dies belegen die produktbezogenen Treibhausgasbilanzen (Tabelle 4.1-20); die Marktfruchtbetriebe schneiden bei der Bezugsgröße Getreideeinheit ($\text{CO}_2 \text{ eq GE}^{-1}$) besser ab als bei einer energetischen Bezugsgröße ($\text{CO}_2 \text{ eq GJ}^{-1}$).

4.1.4.2 Ergebnisdiskussion und Schlussfolgerungen

Betriebsstrukturen

Die Analyse der Anbau- und Betriebsstrukturen zeigt deutliche Unterschiede zwischen den ökologischen und konventionellen sowie zwischen den Marktfrucht- und Milchviehbetrieben (Tabelle 4.1-2 und 4.1-3). Der ökologische Landbau hat den Anspruch, artenreiche und vielseitige Anbausysteme zu etablieren, um die sich daraus ergebenden Systemleistungen (Stickstofffixierung, Humusaufbau, Unkraut- und Schädlingsregulierung) nutzen zu können; dies ist in den Anbaurichtlinien fest verankert (z. B. Bioland, 2020; Naturland, 2021; Demeter, 2021). Tatsächlich zeigen die Strukturdaten in den ökologischen Pilotbetrieben eine höhere Anbauvielfalt (Fruchtartendiversität) als in den konventionellen Betrieben. Sie zeigen aber auch eine außerordentlich große Vielfalt der Betriebsstrukturen innerhalb der Gruppe der ökologischen Betriebe. Die Betriebsstrukturen, z. B. die Anbaustruktur und der Tierbesatz, unterliegen ständigen Veränderungen, z. B. durch Markteinflüsse (Nachfrage nach Produkten); nur wenige Pilotbetriebe arbeiten mit festen Fruchtfolgen. Derartige strukturelle Veränderungen und ihre Wirkungen auf Stoff- und Energieflüsse sind in den Optimierungsszenarien abgebildet (Kapitel 4.11) und in der Literatur vielfach beschrieben (z. B. Lin et al., 2017a; Siebrecht und Schmid, 2020).

Die Entwicklung der Betriebsstrukturen in den vergangenen Jahrzehnten ist durch eine zunehmende Spezialisierung geprägt, auch im ökologischen Landbau. So arbeiten mittlerweile etwa 35 % der ökologischen Betriebe in Bayern viehlos, mit steigender Tendenz (Vockinger, 2013). Dadurch werden die betrieblichen Stoffkreisläufe offener (höherer Nährstoffexport mit pflanzlichen Marktprodukten). Besondere Beachtung ist in diesem Zusammenhang dem Anteil von Klee gras und Luzerne zu widmen, weil die mehrjährigen Leguminosen für die Stickstoffversorgung und Humusreproduktion entscheidend sind (siehe Beispiel in Abbildung 4.1-7). Flächendeckende, schlagbezogene Analysen in Bayern auf der Grundlage von InVeKoS-Daten, zeigen einen mittleren Klee grasanteil in ökologischen Marktfruchtbetrieben von 10 % des AL (fast ausschließlich einjährige Nutzung), und einen Anteil von 20 % des AL in viehhaltenden Betrieben (überwiegend zweijährige Nutzung). In den Pilotbetrieben liegen diese Werte mit 19 % bzw. 39 % fast doppelt so hoch (siehe Tabelle 4.1-3), angepasst an die spezifischen Standort-

und Bewirtschaftungsbedingungen. Die in den Pilotbetrieben bilanzierten Klee graswirkungen (N_2 -Fixierleistungen in Tabelle 4.1-10, Humuszufuhr in Tabelle 4.1-18) sind in Betrieben mit geringem Leguminosenanteil und/oder geringen Leguminosenerträgen nicht erreichbar.

Ertragsleistungen

In den Pilotbetrieben wurden bedeutende Ertragsunterschiede im Pflanzenbau festgestellt (Tabelle 4.1-5, Tabelle 4.1-7, Tabelle 4.1-21a). So erreichen die ökologischen Marktfruchtbetriebe 42 %, die ökologischen Milchviehbetriebe 60 % der Getreideeinheitenerträge der konventionellen Pilotbetriebe; diese Ertragsrelationen betragen bei der Energiebindung 50 % und 64 %, beim Winterweizen 44 % und 49 %. Das Netzwerk der Pilotbetriebe besteht aus Betriebspaaren (jeweils ein ökologischer und ein konventioneller Betrieb in unmittelbarer Nähe mit gleichen Standortbedingungen), daher ist von einer guten Vergleichbarkeit dieser Betriebe auszugehen. Die Erträge und die Ertragsrelationen beschreiben die Situation in den Pilotbetrieben in verschiedenen Agrarregionen Deutschlands. Sie sind auch vor dem Hintergrund der erreichten hohen Produktionsintensität im konventionellen Pflanzenbau zu diskutieren. Bei globaler Betrachtung und Berücksichtigung weniger produktiver Standorte und Produktionsintensitäten ist das Verhältnis von ökologischen zu konventionellen Erträgen wesentlich enger (Badgley et al., 2007). Andere Autoren fanden vergleichbare Ertragsrelationen wie in den Pilotbetrieben (Seufert et al., 2012).

In der ersten Projektphase des Netzwerks der Pilotbetriebe wurden Ertragsmessungen auf Testflächen durchgeführt. Auf den Testflächen waren die Weizenerträge höher als im Betriebsmittel und die Ertragsdifferenzen zwischen ökologischem und konventionellen Landbau geringer als im Betriebsvergleich (Hülsbergen und Rahmann, 2013). So betrugen im Jahr 2009 die Weizenerträge auf den ökologischen Testflächen $\bar{x}$ 42 dt ha⁻¹ (Region Ost) bis 68 dt ha⁻¹ (Region West), auf den konventionellen Testflächen $\bar{x}$ 87 dt ha⁻¹ (Region Ost) bis 101 dt ha⁻¹ (Region Nord). Aufgrund der Auswahlkriterien der Testflächen (ebene homogene Flächen, Abstand von Schlagrand) sind sie gegenüber den Gesamtschlägen im Ertragspotenzial begünstigt.

Die besondere Relevanz der Erträge für Umweltwirkungen und Ressourceneffizienz der Landwirtschaft ergibt sich durch die Beeinflussung aller Effizienzparameter – der Stickstoffeffizienz, der Energieeffizienz und der produktbezogenen Treibhausgasemissionen. Als weiterer Aspekt ist der unterschiedliche Flächenbedarf zur Erzeugung einer bestimmten Produktmenge zu berücksichtigen (Bryzinski, 2020) bzw. die sich daraus ergebende Fläche für alternative Nutzungen, z. B. der Fläche für den Naturschutz oder die Bioenergieerzeugung (Tuomisto et al., 2012). Die Ertragsleistungen von Pflanzenbausystemen bestimmen die Landnutzungseffizienz¹⁶ (Lin und Hülsbergen, 2017b). Zusätzliche landwirtschaftliche Nutzflächen, insbesondere Ackerflächen auf produktiven Standorten, sind weltweit kaum noch zu erschließen oder die entsprechenden Landnutzungsänderungen würden zu massiven Treibhausgasemissionen und zum weiteren Biodiversitätsverlust führen (Mueller et al., 2017).

¹⁶ Landnutzungseffizienz ist nach Lin und Hülsbergen (2017b) das Verhältnis des Ertrages eines Pflanzenbausystems im Verhältnis zum Ertragspotenzial des Standortes unter Berücksichtigung der Produktqualität (stoffliche Zusammensetzung, Nährstoffgehalt).

Studien zeigen, dass die landwirtschaftliche Produktion bis zum Jahr 2050 nahezu verdoppelt werden muss, um den steigenden Bedarf an Nahrungsmitteln und Biomasse zu decken (Foley et al., 2011; Tomlinson, 2013). Eine Möglichkeit, dieses Problem zu lösen (begrenzte Fläche, steigender Bedarf), wird in der nachhaltigen Intensivierung (Tilman et al., 2002; Banwart, 2011) gesehen. Das Ziel dieser Strategie besteht darin, die Nahrungserzeugung von der existierenden landwirtschaftlichen Nutzfläche zu steigern und gleichzeitig negative ökologische Effekte zu minimieren (Davies et al., 2009; Godfray et al., 2010; Harvey und Pilgrim, 2011; Tomlinson, 2013; Popp et al., 2014). Das Konzept der nachhaltigen Intensivierung wird weltweit intensiv diskutiert. Damit rücken auch Indikatoren in den Fokus, die Aussagen zur Effizienz der Bodennutzung treffen. Im Vordergrund stehen hierbei diverse Ertragskennzahlen bzw. die notwendige Fläche, um eine definierte Produktmenge zu erzeugen (Lin, 2017).

Unter diesen Aspekten sind Ertragssteigerungen im ökologischen Landbau unverzichtbar – ein erfolgversprechender Ansatz ist auch hier die Intensivierung der Produktion. Die Ergebnisse der Pilotbetriebe zeigen einen linearen Zusammenhang zwischen Energieinput und Energieoutput (Energieertrag) im Pflanzenbau. In den ökologischen Betrieben mit dem geringsten Energieinput (der geringsten Produktionsintensität) sind die Erträge und der Energieoutput gering, in den ökologischen Betrieben mit dem höchsten Energieinput erreichen sie das Niveau konventioneller Betriebe (Abbildung 4.1-3). Knapp (2021a) analysierte die Ertragsstabilität, die Ertragsentwicklung und den Zuchtfortschritt im ökologischen und konventionellen Landbau anhand langjähriger Datensätze – Daten einer globalen Metaanalyse (Knapp et al., 2018), Versuchsdaten, Sortenversuche und Praxiserträge. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Ertragsunterschiede vor allem mit dem Stickstoffinput und dem Pflanzenschutzmitteleinsatz zusammenhängen (Knapp (2021b)). Demnach würde eine Intensivierung (höherer Stickstoffinput) die Ertragsdifferenz zu konventionellen Systemen vermindern.

Die nachhaltige Steigerung der Erträge und Verminderung der „Ertragslücke“ zu konventionellen Systemen ist somit eine große Herausforderung im ökologischen Landbau. Hierzu sind neben der Intensivierung und besseren Nährstoffversorgung weitere Ansätze zu verfolgen. Hierzu zählen die Züchtung leistungsfähiger Sorten für den ökologischen Landbau, die Optimierung von Anbauverfahren, die Nutzung agrartechnischer Innovationen (z. B. der Robotik zur effizienten Unkrautregulierung) sowie die Gesunderhaltung der Kulturpflanzen durch resistente Sorten, Optimierung der Anwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln, Entwicklung neuer Wirkstoffe zur Regulierung von Pflanzenkrankheiten und verbesserter biologischer Pflanzenschutz (Hamm et al., 2017).

Energiebilanz und Energieeffizienz

Mit Bilanzen ermittelte energetische Kennzahlen wie der Energieinput, der Energieoutput, die Energieintensität und das Output/Input-Verhältnis sind als Indikatoren zur Analyse der Ressourceneffizienz nutzbar (Chmelíková und Hülsbergen, 2019). Sie erlauben Aussagen zur effizienten Nutzung, zu Einsparpotenzialen und Substitutionsmöglichkeiten fossiler Energie sowie zu CO₂-Emissionen, die mit dem Energieeinsatz verbunden sind. Des Weiteren kann der Energieinput als eine integrative Kennzahl zur Beschreibung der Eingriffs- und Regelungsintensität in Agrarökosystemen angesehen werden, da nahezu alle Arbeitsgänge mit einem Energieeinsatz verbunden sind.

Die Energiebilanzen im Netzwerk der Pilotbetriebe zeigen, dass im ökologischen Pflanzenbau im Mittel nur etwa 50 % des Energieinputs des konventionellen Pflanzenbaus erreicht werden, entsprechend betragen auch die mit dem Einsatz fossiler Energie verbundenen flächenbezogenen CO₂-Emissionen nur etwa 50 %. Der Zusammenhang zwischen Energieinput und Treibhausgasemissionen ist in Abbildung 4.1-8 dargestellt. Allerdings gibt es eine große einzelbetriebliche Variabilität des Energieeinsatzes in beiden Systemen (ökologisch und konventionell) und eine Bandbreite von extensiven bis intensiven Systemen. Das energetische Output/Input-Verhältnis der Pilotbetriebe beträgt 6,8 bis 25,0, wobei die ökologischen Milchviehbetriebe mit $\bar{x}$ 16,0 die höchste Energieeffizienz im Pflanzenbau, die konventionellen Marktfruchtbetriebe mit $\bar{x}$ 11,4 die geringste Energieeffizienz im Pflanzenbau erreichen.

Auf der Basis einer Literaturlauswertung zeigten Gomiero et al. (2011), dass ökologische Pflanzenbausysteme bessere Energieinput/Energieoutput-Relationen (eine höhere Energieeffizienz) als konventionelle Vergleichssysteme aufweisen. Nur in wenigen Studien erzielten die konventionellen Systeme eine höhere Energieeffizienz, in den meisten Untersuchungen übertraf die Energieeffizienz der ökologischen Systeme die der konventionellen Systeme, je nach Bedingungen um 7 bis 81 %. Die Umstellung auf ökologischen Landbau kann zu substantiellen Energieeinsparungen führen. So schätzten Dalgaard et al. (2000) und Hansen et al. (2001) eine Verminderung des fossilen Energieeinsatzes um 9 bis 51 % (je nach Annahmen) bei einer 100%-Umstellung auf ökologische Landwirtschaft in Dänemark.

In einer aktuellen Studie analysierten Chmelíková und Hülsbergen (2019) die internationale Literatur zu Energiebilanzen ökologischer und konventioneller Pflanzenbausysteme. Die Literaturlaus ergab im ökologischen Landbau geringere Energieinputs, geringere Energieoutputs und überwiegend höhere Energieeffizienzen im Vergleich zum konventionellen Landbau. Zur Steigerung der Energieeffizienz können unterschiedliche Strategien genutzt werden – die Minderung der Energieinputs (z. B. Einsparung von Arbeitsgängen, Einsatz von Technik und Verfahren mit geringerem Energieverbrauch, Einsatz von Produktionsmitteln mit geringem energetischen Herstellungsaufwand) sowie die Erhöhung der Erträge und der Energiebindung (z. B. Sorten mit hohem Ertragspotenzial, Nutzung von Vorfruchteffekten und Fruchtfolgeoptimierung, optimierte Nährstoffversorgung von Pflanzenbeständen) sowie die Kombination dieser Strategien.

Stickstoffbilanz und Stickstoffeffizienz

Die Pilotbetriebe wirtschaften im Pflanzenbau auf unterschiedlichen Intensitätsniveaus – dies wird am Stickstoffinput der flächenbezogenen Stickstoffbilanzen sichtbar. Mit den Pilotbetrieben wird ein großer Bereich von Low-Input (< 100 kg N ha⁻¹) bis High-Input-Systemen (> 300 kg N ha⁻¹) erfasst. Die N-Salden im Pflanzenbau der ökologischen Betriebe (Marktfruchtbetriebe: $\bar{x}$ 25 kg N ha⁻¹, Milchviehbetriebe: $\bar{x}$ 11 kg N ha⁻¹) sind geringer als die N-Salden der konventionellen Betriebe (Marktfruchtbetriebe: $\bar{x}$ 55 kg N ha⁻¹, Milchviehbetriebe: $\bar{x}$ 58 kg N ha⁻¹). Die Hoftorbilanzen der Pilotbetriebe ergaben, dass die N-Effizienz in den Marktfruchtbetrieben höher ist als in den Milchviehbetrieben. Die N-Salden der Hoftorbilanzen betragen $\bar{x}$ 33 kg N ha⁻¹ (ökologische Marktfruchtbetriebe) bis $\bar{x}$ 124 kg N ha⁻¹ (konventionelle Milchviehbetriebe). Aus den Stallbilanzen geht hervor, dass sich die N-Effizienz der ökologischen und konventionellen Milchviehhaltung nur gering unterscheidet. Jedoch sind die Stickstoffkreisläufe konventioneller Milchviehhaltung viel intensiver als die der ökologischen Milchviehhaltung aufgrund des höheren Tierbesatzes und der höheren Tierleistungen.

In Deutschland sind die N-Salden seit Jahren mit 90 bis 100 kg ha⁻¹ a⁻¹ auf zu hohem Niveau; dies führt zu umwelt- und klimarelevanten N-Emissionen. Der N-Überschuss liegt über dem Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, die eine Minderung des N-Saldos auf 70 kg ha⁻¹ vorgibt. Besonders hohe N-Verluste treten in Betrieben und Regionen mit hohem Tierbesatz (> 2 GV ha⁻¹) auf (Wiesler et al., 2016). Durch den Bau von Biogasanlagen in diesen Gebieten wurde die N-Überschussproblematik weiter verschärft (Böswirth, 2017). Seit langem wird kritisiert, dass die N-Salden und die N-Emissionen aus Sicht des Umweltschutzes zu hoch, die N-Effizienz der Landwirtschaft zu gering sind (Isermann, 1990; van der Ploeg et al., 1997; Crutzen et al., 2008); die Stickstoffkreisläufe sind überlastet (Flaig und Mohr, 1996). Als Zielwert der N-Effizienz in Europa nennen Zhang et al. (2015) 75 %. Leip et al. (2011) geben eine N-Effizienz der pflanzlichen Produktion in Europa von 65 % an, während Deutschland mit ca. 68 % eine etwas höhere N-Effizienz aufweist. Untersuchungen aus Praxisbetrieben in Deutschland und Frankreich belegen, dass bei optimaler Bewirtschaftung im Pflanzenbau eine N-Effizienz von über 90 % erreicht werden kann (Küstermann et al., 2010; Anglade et al., 2015). Diese Werte werden in den Pilotbetrieben erreicht, und zum Teil übertroffen.

Warum sind die N-Salden der Pilotbetriebe im Vergleich zum bundesdeutschen Durchschnitt relativ gering (auch in den konventionellen Betrieben) und die N-Effizienz hoch? Zu einen ist davon auszugehen, dass Betriebe, die an Wissenschafts-Praxis-Netzwerken teilnehmen, überdurchschnittlich gut organisiert und gemanagt sind. Sie zeigen aber damit aber auch das Potenzial, die Stickstoffüberschüsse mit der vorhandenen Technik zu vermindern. Zum anderen wurden in dieser Studie nur Marktfruchtbetriebe und Milchviehbetriebe untersucht. Die größten Stickstoffüberschussprobleme in Deutschland bestehen jedoch in Betrieben und Regionen mit intensiver Schweine- und Geflügelhaltung bei hohem Tierbesatz sowie im spezialisiertem Feldgemüsebau (Wiesler et al., 2016; Hülsbergen et al., 2017).

Chmelíková und Hülsbergen (2019) zeigen Ergebnisse einer umfassenden Auswertung der aktuellen wissenschaftlichen Literatur zum Vergleich der Stickstoffeffizienz ökologischer und konventioneller Pflanzenbausysteme. Im ökologischen Landbau wird systembedingt und aufgrund der bestehenden Restriktionen deutlich weniger Stickstoff eingesetzt – flächenbezogen nur etwa 50 % im Vergleich zum konventionellen Landbau. Dies spart Ressourcen und entlastet die Umwelt: Es bedeutet weniger Stickstoff-emissionen (Ammoniak- und Lachgasemissionen, Nitratausträge) in die Umwelt, zugleich Schutz der Biodiversität. Auch unter Berücksichtigung der geringeren Erträge ist im ökologischen Pflanzenbau die Stickstoffeffizienz im Mittel 12 % höher als in konventionellen Systemen. Die Stickstoffüberschüsse sind im ökologischen Landbau wesentlich geringer als im konventionellen Landbau (je nach Systemebene beträgt die Minderung -40 % bis -70 %).

Zur Lösung des Stickstoffüberschussproblems wurden Einzelmaßnahmen und N-Minderungsstrategien vorgeschlagen (z. B. Isermann, 1994; Eichler und Schulz, 1998), die vor allem die konventionelle Landwirtschaft betreffen. Moderne Technologien der N-Bedarfsermittlung von Pflanzenbeständen sowie der Einsatz der sensorgestützten teilflächenspezifischen N-Düngung bieten weitere Potenziale zur Erhöhung der N-Effizienz im Pflanzenbau (Hülsbergen et al., 2020; Mittermayer et al., 2021).

Aufgrund der Ergebnisse aus den Pilotbetrieben und der aktuellen Ergebnisse aus Metaanalysen ist einzuschätzen, dass eine weitere Ausdehnung des Flächenanteils mit ökologischem Landbau dazu beitragen würde, die umwelt- und klimaschädlichen Stickstoffüberschüsse der Landwirtschaft zu vermindern. Eine konsequente Umsetzung der agrarpolitischen Ziele zur Ausdehnung des ökologischen Landbaus auf 20 % der Fläche in Deutschland (Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung 2018) bzw. 25 % in

der EU bis zum Jahr 2030 (Farm to Fork Strategy, European Union, 2020) wären ein wirksamer Beitrag zur Lösung des Stickstoffproblems.

Humusbilanz und C-Sequestrierung

Die bewirtschaftungsbedingte Veränderung der Bodenkohlenstoffvorräte ist nach unseren Untersuchungen eine relevante Größe in der Treibhausgasbilanz. Mit steigender C-Bindung im Humus gehen die flächen- und produktbezogenen CO₂-Emissionen zurück (Abbildung 4.1-9, Abbildung 4.1-10). Einige Ökobetriebe mit positiver Humusbilanz wirtschaften mit sehr geringen Gesamt-Emissionen oder sogar CO₂-neutral, d.h. die CO₂-Emissionen durch den Einsatz fossiler Energie sowie durch die N₂O-Emissionen der Böden werden durch die C-Rückbindung im Humus kompensiert. Hierbei ist zu beachten, dass die C-Bindung in Böden durch Humusaufbau mengenmäßig und zeitlich limitiert ist. Die Anreicherung erfolgt bis zur Einstellung neuer bewirtschaftungsabhängiger C-Fließgleichgewichte (Johnson et al., 1995). Nach Ergebnissen aus Dauerfeldexperimenten werden C_{org}-Fließgleichgewichte nach vorangegangenen Bewirtschaftungsänderungen nach mehreren Jahrzehnten erreicht (Hülsbergen, 2003). Es ist jedoch fraglich, ob sich in der Praxis Humusgleichgewichte einstellen, weil die Betriebssysteme nicht (wie statischen Dauerversuchen) unverändert bleiben. Vielmehr kommt es immer wieder zu betriebsstrukturellen Veränderungen (Anpassungen der Anbausysteme und Fruchtfolgen, Umstellung auf ökologischen Landbau, etc.).

In den Pilotbetrieben ist die größte Humusanreicherung nach den Bilanzierungsergebnissen in den ökologischen Milchviehbetrieben zu erwarten (Humussaldo: $\bar{x}$ 260 kg C ha⁻¹ a⁻¹). In den konventionellen Pilotbetrieben wurden im Mittel negative Humusbilanzsalden ermittelt. Zahlreiche Untersuchungen ergaben eine Humusanreicherung bei ökologischer Bewirtschaftung (Leithold et al., 2015; Gattinger et al., 2012; Fließbach et al., 2006; Munro et al., 2002). Einige Feldstudien zum Vergleich praktischer Betriebe zeigen aber keine systematischen Unterschiede auf (Capriel, 2006). Die Aussagen zur C-Sequestrierung auf Flächen der Pilotbetriebe basieren auf Bilanzen mit der dynamischen HE-Methode, nicht auf Messungen. Daher handelt es sich um Potenzialabschätzungen, die – aufgrund ihrer Relevanz für die THG-Bilanzen – geprüft und abgesichert werden müssen. Hierzu wurden zu Beginn der Untersuchungen in jedem Pilotbetrieb georeferenzierte Testflächen eingerichtet, auf denen Bodenproben entnommen und die Gehalte an organischem Kohlenstoff untersucht werden (vgl. Kapitel 4.2). Verlässliche Aussagen zu Humusvorratsänderungen sind bei längerfristiger Analyse der C_{org}-Dynamik zu erwarten.

Unsere Untersuchungen zeigen Unterschiede in der Humusversorgung – nicht nur zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben, sondern auch innerhalb der Gruppe der Ökobetriebe. Ursachen sind unterschiedliche Strukturen und Düngungssysteme, die Humusbedarf und Humuszufuhr beeinflussen. Für einige Betriebe besteht hier Optimierungsbedarf (Kapitel 4.11). Die im Projekt verwendete Methode der Humusbilanzierung sollte künftig in der Betriebsberatung genutzt werden; hierzu ist sie den Bedingungen der Beratung anzupassen und ggf. zu vereinfachen (Kapitel 4.3). Jeder Landwirt sollte in der Lage sein, die Humusversorgung seiner Böden mit praktikablen Methoden einzuschätzen. Dies ist eine Voraussetzung für ein betriebliches Humusmanagement.

Treibhausgasbilanz

Aus den Stoff- und Energieflüssen ist abzuleiten, dass die ökologischen Pilotbetriebe flächenbezogenen etwa 50 % der CO₂-Emissionen (aus dem Einsatz fossiler Energie), 61 % der N₂O-Emissionen aus den Böden sowie unter Berücksichtigung der Bodenkohlenstoffvorratsänderungen 39 % der Gesamt-Treibhausgasemissionen der konventionellen Betriebe aufweisen. Auch unter Berücksichtigung der geringeren Erträge betragen die produktbezogenen Treibhausgasemissionen der ökologischen Pilotbetriebe nur 70 % (bezogen auf die Energiebindung) bzw. 76 % (bezogen auf die Getreideeinheit) der konventionellen Pilotbetriebe.

Der deutsche Klimaschutzplan sieht vor, dass die Landwirtschaft in Deutschland bis 2050 nur noch ca. 35 Mio. t CO₂-Äquivalente emittiert und damit rund die Hälfte ihrer bisherigen Emissionen einspart. Die direkten THG-Emissionen der deutschen Landwirtschaft belaufen sich auf 65,2 Mio. t CO₂-Äquivalente (UBA, 2018). Die THG-Reduktion soll über die im Klimaschutzplan festgelegten Maßnahmen erreicht werden. Mit der Erhöhung des Flächenanteils des ökologischen Landbaus soll ein Beitrag zur Minderung von Emissionen im Sektor Landwirtschaft geleistet werden (BMUB, 2016). Weitere Ansatzpunkte sind verbesserte Sorten (die z. B. über größere Wurzelbiomasse zu erhöhter Humusbildung beitragen), erweiterte Fruchtfolgen mit mehrjährigen Futterleguminosen (die mehr Kohlenstoff im Wurzelraum anreichern und synthetische N-Dünger ersetzen), die Vermeidung von Schwarzbrachen und der Trockenlegung von Mooren (Freibauer et al., 2004) sowie die Verwendung von organischen Düngern wie Kompost, Gülle oder Festmist (Weckenbrock et al., 2019).

Neben den direkten Emissionen entstehen durch landwirtschaftliche Aktivitäten auch Emissionen im vor- und nachgelagerten Bereich. Hier sind u. a. die industrielle Düngerherstellung sowie Transporte und Energieeinsatz zu nennen. Diese werden in der internationalen Emissionsberichterstattung nicht dem Sektor Landwirtschaft angerechnet. Beim Systemvergleich der Pilotbetriebe ist der vorgelagerte Bereich einbezogen, nicht jedoch der nachgelagerte Bereich (Lebensmittelverarbeitung, Handel, etc.). Um Produkt-Ökobilanzen zu erstellen, müssen alle relevanten CO₂-Emissionen der gesamten Wertschöpfungskette bilanziert werden. Lebensmittelhersteller widmen sich zunehmend dem CO₂-Footprint von Produkten, werben mit klimafreundlicher Produktion oder substituieren klimaschädliche Emissionen durch den Kauf und die Stilllegung von CO₂ Zertifikaten (z. B. HIPPA, 2020). Die nachgewiesene einzelbetriebliche Variabilität der produktbezogenen THG-Emissionen im Pflanzenbau (Abbildung 4.1-9 und 4.1-10) und der Milchviehhaltung (Kapitel 4.4) sowie immer noch bestehende methodische Unsicherheiten schränken allerdings die Aussagekraft von Produktökobilanzen/ CO₂-Footprints ein.

Weckenbrock et al. (2019) analysierten die Literatur zum Thema N₂O-Emissionen aus ökologisch und konventionell bewirtschafteten Flächen. Für die Auswertung wurden 13 Studien mit insgesamt 35 Vergleichspaaren berücksichtigt, die die N₂O-Emissionen auf Flächen unter ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung vergleichen. Insgesamt variieren die N₂O-Emissionen aller untersuchten landwirtschaftlichen Flächen zwischen 0,1 und 9,4 kg N₂O-N ha⁻¹ a⁻¹. Die ökologisch bewirtschafteten Flächen emittieren 24 % weniger N₂O-N als jene unter konventioneller Bewirtschaftung. Von den 35 Vergleichspaaren sind die Lachgasemissionen im ökologischen Landbau bei 57 % der Paare niedriger; bei 20 % sind die Emissionen unter konventioneller Bewirtschaftung niedriger. Bei 23 % der Paarvergleiche gab es keine Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung.

Schlussfolgerungen

Im Netzwerk der Pilotbetriebe wurden systembedingte Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben nachgewiesen – bezogen auf die Struktur der Systeme, die Intensität der Flächennutzung, die Ertragsleistungen, den Energieinput und die Energieeffizienz, die Stickstoffsalden und die Stickstoffeffizienz, die Humusversorgung und die Bodenkohlenstoffänderung sowie die Treibhausgasemissionen. Die Untersuchungen waren auf die Betriebsebene fokussiert.

Die Ergebnisse zeigen, dass es eine große einzelbetriebliche Variabilität aller genannten Parameter gibt, auch innerhalb der Gruppe der ökologischen und der konventionellen Betriebe – abhängig von den Standortbedingungen, dem Betriebstyp (Marktfruchtbau vs. Milchviehhaltung) und der Produktionsintensität. Es gibt somit nicht den ökologischen Landbau und auch nicht den konventionellen Landbau, sondern eine große Bandbreite von Betriebssystemen. Dies wurde bisher bei Systemvergleichen zu wenig beachtet und auch zu wenig kommuniziert. So können z. B. in Feldexperimenten die Treibhausgasflüsse genauer bestimmt werden (durch Messung) als in den Pilotbetrieben (durch Bilanzierung). Allerdings werden in Feldexperimenten oft nur wenige Systeme geprüft, die zudem nicht immer den Bedingungen der landwirtschaftlichen Praxis entsprechen (vgl. Sanders und Heß, 2019). Der besondere Wert der vorliegenden Untersuchungen liegt somit in der unmittelbaren Praxisnähe und Übertragbarkeit der Ergebnisse. In Feldversuchen und letztlich auch in Versuchsbetrieben besteht immer die Gefahr, dass die dort simulierten Systeme hinsichtlich der Struktur, der Düngungsintensität und der Verfahrensgestaltung deutliche Abweichungen zu landwirtschaftlichen Betrieben aufweisen. Nur in wenigen Feldexperimenten wird ein Systemansatz verfolgt. Zudem liegen die Erträge unter Feldversuchsbedingungen erheblich über den Erträgen in Praxisbetrieben, wovon auch die Energieeffizienz, die Stickstoff- und Humusdynamik von Böden beeinflusst wird (vgl. Bryzinski, 2000). Insgesamt ist zu schlussfolgern, dass Untersuchungen realer Betriebssysteme eine sinnvolle Ergänzung von Feldexperimenten sind. Hierfür spricht auch die Untersuchung betrieblicher Nährstoffkreisläufe, die in Feldversuchen nicht oder nur näherungsweise abzubilden sind.

Aufgrund der langen Laufzeit des Projektes Netzwerk der Pilotbetriebe ergeben sich neue Forschungsfragen, die zu Beginn der Forschungsarbeiten so noch nicht im Raum standen:

- Inwieweit es möglich, in Systemen des Pflanzenbaus und der Milchviehhaltung den Einsatz fossiler Energie schrittweise durch erneuerbare Energie zu substituieren (einschließlich des Vorleistungsbereichs); ist eine energieautarke landwirtschaftliche Produktion möglich?
- Können Betriebssysteme (oder ganze Wertschöpfungsketten) so umgestaltet werden, dass sie klimaneutral werden, also alle THG-Emissionen durch CO₂-Sequestrierung kompensiert werden (z. B. Bodenkohlenstoffbindung, Agroforstsysteme, Einsatz von Pflanzenkohle, etc.)?
- Kann die Ertragslücke (yield gap) zwischen ökologischen und konventionellen Systemen substantiell vermindert oder sogar geschlossen werden, z. B. durch nachhaltige Intensivierung (Erhöhung des Stickstoff- und Energieinputs)? Wie hoch ist das Ertrags- und Energiebindungspotenzial in den leistungsstärksten Betrieben, und welche Faktoren bedingen dieses Ertragsniveau?

Nach mehr als 10jähriger Zusammenarbeit im Netzwerk der Pilotbetriebe ist zu schlussfolgern, dass sich der gewählte transdisziplinäre Forschungsansatz als sehr zielführend und innovativ erwiesen hat. Dazu

haben die Landwirte und landwirtschaftlichen Unternehmen entscheidend beigetragen. Es ist nicht selbstverständlich, sich über einen so langen Zeitraum kontinuierlich an einem Projekt zu beteiligen, und es ist auch nicht selbstverständlich, alle Betriebsdaten für die Untersuchungen offenzulegen, auch sehr sensible Daten. Während es in anderen Betriebs-Netzwerken eher darum geht, unter praxisnahen Bedingungen Feldversuche auf Betriebsschlägen durchzuführen, den Wissenstransfer zu beschleunigen und den Austausch zwischen Landwirten zu stärken, z. B. in den Leitbetrieben in Nordrhein-Westfalen (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2021) oder im Projekt NutriNet (NutriNet, 2021), ging es in den Pilotbetrieben um die Untersuchung ganzer Betriebssysteme, des Zusammenspiels zwischen Standortfaktoren, Betriebsstrukturen, Stoff- und Energieflüssen.

Durch die langjährigen systematischen Untersuchungen mit gleichbleibenden Methoden entstand ein wohl einmaliger Datensatz, der für weitere Auswertungen genutzt werden kann. Die Daten belegen die enorme Variabilität der Betriebssysteme („die Betriebsindividualität“¹⁷) innerhalb der Gruppen der ökologischen und konventionellen Betriebe, was bisher bei Systemvergleichen viel zu wenig beachtet wurde. Die Daten zu Energieeffizienz, Stickstoffeffizienz, Humusversorgung, Treibhausgasbilanzen zeigen, dass eine „Schwarz-Weiß-Betrachtung“ bei der Gegenüberstellung ökologischer und konventioneller Systeme unangebracht ist.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die „ökologische Nachhaltigkeit“ im Netzwerk der Pilotbetriebe überwiegend anhand von Indikatoren des Stoff- und Energiehaushalts bewertet wurde. In der ersten Projektphase wurden auch Indikatoren zum Bodengefüge und Bodenschutz (Höhne et al., 2013) sowie Indikatoren zur Biodiversität (Klimek, 2013) in die Untersuchungen einbezogen, letztere aber aus Kapazitätsgründen nur in geringem Umfang. In künftigen Betriebs-Netzwerken sollten daher die Zusammenhänge zwischen Betriebsstruktur, Stoff- und Energieflüssen und Biodiversität weiter untersucht werden. So könnte unter differenzierten Standortbedingungen analysiert werden, welche Zusammenhänge zwischen Energieinput und Biodiversität bzw. Stickstoffinput und Biodiversität bestehen.

Das seit 2009 durchgeführte Forschungsprojekt Netzwerk der Pilotbetriebe wird nun beendet, damit auch die Datenerfassung in den Betrieben und die Datenauswertung mit REPRO. Die langjährige Datenreihe wird nicht fortgesetzt. Was bleibt, sind neue, weiterentwickelte und unter Praxisbedingungen umfassende getestete Methoden der Stoff- und Energiebilanzierung, neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu betrieblichen Einflussfaktoren auf Stoff- und Energieflüsse sowie die Ergebnisse des Systemvergleichs anhand aktueller Betriebsdaten.

¹⁷ Besonders in der biologisch-dynamischen Landwirtschaft werden die Betriebsindividualität und der „Betriebsorganismus“ betont (Bloksma, 2019, Köpke, 2019). Aber im Grunde ist jeder landwirtschaftliche Betrieb einzigartig, angepasst an Standortfaktoren, geprägt von den Fähigkeiten und Vorlieben der Betriebsleiter. Zudem sind Betriebe nicht „statisch“, sondern „dynamisch“ – sie entwickeln sich über die Zeit. In Projekten wie dem Netzwerk der Pilotbetrieben mit mehr als zehnjähriger Laufzeit sind betriebsindividuelle Entwicklungen daher zu beachten oder sogar ein Teil der Forschungsfrage (siehe Kapitel 4.11).

4.1.5 Literatur

Abraham J (2001) Auswirkungen von Standortvariabilitäten auf den Stickstoffhaushalt ackerbaulich genutzter Böden unter Berücksichtigung der Betriebsstruktur, der standortspezifischen Bewirtschaftung und der Witterungsbedingungen. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Shaker-Verlag Aachen: Berichte aus der Agrarwissenschaft

Andechser Molkerei (2021) Regionale CO₂-Bindung durch Andechser „KlimaBauern“. www.andechser-natur.de/de/aktuelles/regionale-co2-bindung-andechser-klimabauern

Anglade J, Billen G, Garnier J, Makridis T, Puech T, Tittel C (2015) Nitrogen soil surface balance of organic vs conventional cash crop farming in the Seine watershed. *Agricultural Systems* 139:82-92. DOI: 10.1016/j.agsy.2015.06.006

Badgley C, Moghtader J, Quintero E, Zakem E, Chappell MJ, Avilés-Vázquez K, Samulon A, Perfecto I (2007) Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems* 22:86-108

Banwart S (2011) Save our soils. *Nature* 474:151-152

Bioland (2020) Bioland-Richtlinien. Fassung vom 24. November 2020. Bioland e.V. Verband für organisch-biologischen Landbau Mainz

Bloksma J (2019) Betriebsindividualität gestalten. Das Wesen des Betriebes erkennen und damit arbeiten. *Lebendige Erde* 1/2019:18-22

BMUB (2016) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Klimaschutzbericht 2016: Zum Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung, 116 p

Bouwman AF, Boumans LJM, Batjes NH (2002) Emissions of N₂O and NO from fertilized fields: summary of available measurement data. *Global Biogeochemical Cycles* 16:1-13

Böswirth T (2017) Entwicklung und Anwendung eines Modells zur Energie- und Treibhausgasbilanzierung landwirtschaftlicher Biogassysteme. Dissertation, Technische Universität München. Verlag Dr. Köster. Weihenstephaner Schriften 6

Braun M, Schmid H, Grundler T, Hülsbergen K-J (2010) Root-and-shoot growth and yield of different grass-clover mixtures. *Plant Biosystems* 144:414-419

Brock C, Hoyer U, Leithold G, Hülsbergen K-J (2012) The humus balance model (HU-MOD): A simple tool for the assessment of management change impact on soil organic matter levels in arable soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 92:239-254

Brock C, Franko U, Oberholzer H-R, Kuka K, Leithold G, Kolbe H, Reinhold J (2013) Humus balancing in Central Europe – concepts, state of the art, and further challenges. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 176:3-11. DOI: 10.1002/jpln.201200137

Bryzinski T (2020) Erträge, Energieeffizienz und Treibhausgasemissionen ökologischer und konventioneller Pflanzenbausysteme – methodische Einflüsse und feldexperimentelle Ergebnisse. Dissertation. Technische Universität München

Campbell BM, Beare DJ, Bennett EM, Hall-Spencer JM, Ingram JSI, Jaramillo F, Ortiz R, Ramanakutty N, Sayer JA, Shindell D (2017) Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society* 22(4):8. <https://doi.org/10.5751/ES-09595-220408>

Capriel P (2006) Standorttypische Humusgehalte von Ackerböden in Bayern. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 16

Chmelíková L, Hülsbergen K-J (2019) Ressourceneffizienz. In: Sanders J, Heß J (eds.) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft, Thünen Report 65. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, Germany, 220-247. <https://doi.org/10.3220/REP1576488624000>

Chmelíková L, Schmid H, Anke S, Hülsbergen K-J (2021) Nitrogen-use efficiency of organic and conventional arable and dairy farming systems in Germany. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* <https://doi.org/10.1007/s10705-021-10126-9>

Crutzen PJ, Mosier AR, Smith KA, Winiwarter W (2008) N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. In: *Atmos. Chem. Phys.* 8:389-395. DOI: 10.5194/acp-8-389-2008

Dalgaard T, Halberg N, Fenger J (2000) Simulering af fossilt energiforbrug og emission af drivhusgasser Tre scenarier for omlægning til 100% økologisk jordbrug i Danmark

Davies B, Baulcombe D, Crute I, Dunwell J, Gale M, Jones J, Pretty J, Sutherland W, Toulmin C (2009) Reaping the Benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture. The Royal Society, London

Deike S, Pallut B, Christen O (2008) Investigations on the energy efficiency of organic and integrated farming with specific emphasis on pesticide use intensity. *European Journal of Agronomy* 28:461-470

Demeter (2021) Richtlinien 2021. Erzeugung und Verarbeitung. Richtlinien für die Zertifizierung »Demeter« und »Biodynamisch«. Demeter e.V. Darmstadt

Die Bundesregierung (2018) Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. www.deutsche-nachhaltigkeitsstrategie.de

Don A, Flessa H, Marx K, Poeplau C, Tiemeyer B, Osterburg B (2018) Die 4-Promille-Initiative „Böden für Ernährungssicherung und Klima“ – Wissenschaftliche Bewertung und Diskussion möglicher Beiträge in Deutschland. Thünen Working Paper 112. Johann Heinrich von Thünen-Institut. DOI:10.3220/WP1543840339000. urn:nbn:de:gbv:253-201812-dn060523-5

Eichler F, Schulz D (1998) The nitrogen reduction programme in the Federal Republic of Germany. *Environmental Pollution*. 102:609–617. doi:10.1016/S0269-7491(98)80089-4

EU (European Union) (2020) Farm to Fork Strategy. For a fair, healthy and environmentally-friendly food system. European Commission

Flaig H, Mohr H (1996) Der überlastete Stickstoffkreislauf - Strategien einer Korrektur. Nova Acta Leopoldina, Neue Folge, Nr. 289, Bd. 70, Halle (Saale), 168 S. ISBN 3-335-00498-1

Flessa H, Ruser R, Dörsch P, Kamp T, Jimenez MA, Munch JC, Beese F (2002) Integrated evaluation of greenhouse gas emissions (CO₂, CH₄, N₂O) from two farming systems in southern Germany. Agriculture, Ecosystems & Environment 91:175-189

Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, Mueller ND, O'Connell C, Ray DK, West PC, Balzer C, Bennett EM, Carpenter SR, Hill J, Monfreda C, Polasky S, Rockström J, Sheehan J, Siebert S, Tilman D, Zaks DPM (2011) Solutions for a cultivated planet. Nature 478:337-341

Frank H (2014) Entwicklung und Anwendung eines Modells zur Energie- und Treibhausgasbilanzierung landwirtschaftlicher Betriebssysteme mit Milchviehhaltung. Dissertation, Technische Universität München

Fließbach A, Oberholzer HR, Gunst L, Mäder P (2006) Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. Agriculture, Ecosystems and Environment 118:273-284

Freibauer A, Rounsevell MDA, Smith P, Verhagen J (2004) Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. Geoderma 122:1-23. doi: 10.1016/j.geoderma.2004.01.021

Gattinger A, Muller A, Haeni M, Skinner C, Fliessbach A, Buchmann N, Mäder P, Stolze M, Smith P, Scialabba NE-H, Niggli U (2012) Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. Proc Natl Acad Sci USA 109: 18226-18231. doi: 10.1073/pnas.1209429109

Godfray HC, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas S M, Toulmin C (2010) Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. Science 327:812-818

Gomiero T, Pimentel D, Paoletti MG (2011) Environmental Impact of Different Agricultural Management Practices: Conventional vs. Organic Agriculture. Critical Reviews in Plant Sciences 30:95-124. doi: 10.1080/07352689.2011.554355

Hamm U, Häring AM, Hülsbergen K-J, Isermeyer F, Lange S, Niggli U, Rahmann G, Horn S (2017) Research strategy of the German Agricultural Research Alliance (DAFA) for the development of the organic farming and food sector in Germany. Organic Agriculture 7:225-242

Hansen B, Alrøe HF, Kristensen ES (2001) Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. Agriculture, Ecosystems & Environment 83:11-26. doi: 10.1016/S0167-8809(00)00257-7

Harvey M, Pilgrim S (2011) The new competition for land: Food, energy, and climate change. Food Policy 36:40-51

HIPP (2020) Umwelterklärung 2020. Hipp-Werk Georg Hipp OHG Pfaffenhofen

Höhne E, Rücknagel J, Christen O (2013) Bewertung der Bodenstruktur mit Indikatoren der visuellen Gefügeansprache. In: Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 33-80. Thünen Rep 8, DOI:10.3220/ REP_8_2013

Hülsbergen K-J (2003) Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Aachen: Shaker-Verlag

Hülsbergen K-J, Feil B, Biermann S, Rathke G-W, Kalk W-D, Diepenbrock W (2001) A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. Agriculture, Ecosystems & Environment 86:303-321

Hülsbergen K-J, Feil B, Diepenbrock W (2002) Rates of nitrogen application required to achieve maximum energy efficiency for various crops: results of a long-term experiment. Field Crops Research 77:61-76

Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2013) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 412 p, Thünen Rep 8, DOI:10.3220/REP_8_2013

Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2015) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben: Forschungsergebnisse 2013-2014. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 175 p, Thünen Rep 29, doi:10.3220/REP_29_2015

Hülsbergen K-J, Maidl F-X, Forster F, Prücklmaier J (2017) Minderung von Nitratausträgen in Trinkwassereinzugsgebieten durch optimiertes Stickstoffmanagement. Forschungsbericht an das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Technische Universität München, 202 p

Hülsbergen K-J, Maidl F-X, Mittermayer M, Wenig J, Kern A, Leßke F, Gilg A (2020) Digital basiertes Stickstoffmanagement in landwirtschaftlichen Betrieben – Emissionsminderung durch optimierte Stickstoffkreisläufe und sensorgestützte teilflächenspezifische Düngung. Projektbericht, AZ 30743/01 an die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU). Technische Universität München

IPCC (International Panel on Climate Change) (1997) 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

IPCC (International Panel on Climate Change) (2001) 2001 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

Isermann K (1990) Share of agriculture in nitrogen and phosphorus emissions into the surface waters of Western Europe against the background of their eutrophication. Fertilizer Research 26:253-269. DOI: 10.1007/BF01048764

Isermann K (1994) Agriculture's share in the emission of trace gases affecting the climate and some cause-oriented proposals for sufficiently reducing this share. Environmental Pollution 83:95-111. DOI: 10.1016/0269-7491(94)90027-2

Jäger N, Stange F, Ludwig B, Flessa H (2011) Emission rates of N₂O and CO₂ from soils with different organic matter content from three long-term fertilization experiments – a laboratory study. *Biology and Fertility of Soils* 47:483-494

JKI (2021) Julius Kühn-Institut. Handlungsindex. Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen. papa.julius-kuehn.de/index.php?menuid=43

Johnson, MG, Levine, ER, Kern, JS (1995) Soil organic matter: distribution, genesis, and management to reduce greenhouse gas emissions. *Water, Air and Soil Pollution* 82:593-615

Jones MR (1989) Analysis of the use of energy in agriculture – Approaches and problems. *Agricultural Systems* 29:339-355. doi: 10.1016/0308-521X(89)90096-6

Kalk W-D, Hülsbergen K-J (1997) Methodik zur Einbeziehung des indirekten Energieverbrauchs mit Investitionsgütern in Energiebilanzen von Landwirtschaftsbetrieben. *Kühn-Archiv* 90

Kaltschmitt M, Reinhardt GA (Hrsg.) (1997) Nachwachsende Energieträger. Braunschweig: Vieweg Verlag

Klimek S (2013) Einfluss von Standortfaktoren und Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die pflanzliche Diversität unterschiedlicher Betriebssysteme (Biodiversitätspotenzial). In: Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) *Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben*. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 351-359. Thünen Rep 8, DOI:10.3220/ REP_8_2013

Knapp S, van der Heijden M (2018) A global meta-analysis of yield stability in organic and conservation agriculture. *Nature Communications*. DOI: 10.1038/s41467-018-05956-1

Knapp S (2021a) Yield stability, yield development, and breeding progress in conventional and organic agriculture. Dissertation, Technische Universität München

Knapp S (2021b) Ertragsstabilität, Ertragsentwicklung und Zuchtfortschritt im konventionellen und ökologischen Landbau. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 32:100-012

Köpke U (2019) Vom Genius Loci. Was landwirtschaftliche Individualität ausmacht. *Lebendige Erde* 1/2019:12-15

Kugler K, Mitsos A, Wang G, Wessling M (2015) Ammoniaksynthese 2.0 – Elektrochemie versus Haber Bosch. Ergebnisse einer Prozesssimulation. In: *Energy, Chemical & Process Engineering. Berichte aus der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen* 1/2015:52-55

Küstermann B, Kainz M, Hülsbergen K-J (2008) Modelling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23:38-52

Küstermann B, Christen O, Hülsbergen K-J (2010) Modelling nitrogen cycles of farming systems as basis of site- and farm-specific nitrogen management. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 135:70-80. DOI: 10.1016/j.agee.2009.08.014

Küstermann B, Munch JC, Hülsbergen K-J (2013) Effects of soil tillage and fertilization on resource efficiency and greenhouse gas emissions in a long-term field experiment in Southern Germany. *European Journal of Agronomy* 49:61-73

Lal R (2004) Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science* 304:1623-1627

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (2021) Leitbetriebe Ökologischer Landbau. www.oeko-landbau.nrw.de/forschung/leitbetriebe/projekt/

Leip A, Britz W, Weiss F, de Vries W (2011) Farm, land, and soil nitrogen budgets for agriculture in Europe calculated with CAPRI. *Environmental pollution* 159:3243–3253. DOI: 10.1016/j.envpol.2011.01.040

Leithold G, Hülsbergen K-J, Michel D, Schönmeier H (1997) Humusbilanzierung - Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Hrsg.): Umweltverträgliche Pflanzenproduktion – Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen. Zeller Verlag Osnabrück, 43-55

Leithold G, Hülsbergen K-J, Brock C (2015) Organic matter returns to soils must be higher under organic compared to conventional farming. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 178:4-12

Lin H-C (2017) Resource-use efficiency of different organic and conventional farming systems: Methodical investigations based on field studies in southern Germany. Dissertation, Technische Universität München. Weihenstephaner Schriften Ökologischer Landbau und Pflanzenbausysteme 4. ISBN: 9783895749193

Lin H-C, Huber JA, Gerl G, Hülsbergen K-J (2016) Nitrogen balances and nitrogen-use efficiency of different organic and conventional farming systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 105:1-23. doi:10.1007/s10705-016-9770-5

Lin H-C, Huber JA, Gerl G, Hülsbergen K-J (2017a) Effects of changing farm management and farm structure on energy balance and energy-use efficiency - A case study of organic and conventional farming systems in southern Germany. *European Journal of Agronomy* 82:242-253

Lin H-C, Hülsbergen K-J (2017b) A new method for analyzing agricultural land-use efficiency, and its application in organic and conventional farming systems in southern Germany. *European Journal of Agronomy*, 83:15-27

Märkisches Landbrot (2021) Umwelt- und Naturschutz. www.landbrot.de/oekologie.html

Mittermayer M, Gilg A, Maidl F-X, Nätscher L, Hülsbergen K-J (2021) Site-specific nitrogen balances based on spatially variable soil and plant properties. *Precision Agriculture* 22:1416-1436. doi.org/10.1007/s11119-021-09789-9

Mc Lellan EL, Cassman KG, Eagle AJ, Woodbury PB, Sela S, Tonitto C, Marjerison RD, van Es HM (2018) The Nitrogen Balancing Act: Tracking the Environmental Performance of Food Production. *BioScience* 68:194-203. doi:10.1093/biosci/bix164

Muller A, Schader C, El-Hage Scialabba N, Brüggemann J, Isensee A, Erb K-H, Smith P, Klocke P, Leiber F, Stolze M, Niggli U (2017) Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature Communications* 8:1290. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01410-w>

Munro TL, Cook HF, Lee HC (2002) Sustainability indicators used to compare properties of organic and conventionally managed topsoils. *Biological Agriculture and Horticulture* 20:201-214

Naturland (2021) Naturland-Richtlinien Erzeugung 06/2021

NutriNet (2021) Kompetenz- und Praxisforschungsnetzwerk Nährstoffmanagement in der ökologischen Landwirtschaft. www.nutrinet.agrarpraxisforschung.de

Öko-Institut (2010) Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS)

Pimentel D, Hurd LE, Bellotti AC, Forster MJ, Oka IN, Sholes OD, Whitman RJ (1973) Food Production and the Energy Crisis. *Science* 182:443-449

Popp J, Lakner Z, Harangi-Rákos M, Fári M (2014) The effect of bioenergy expansion: Food, energy, and environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 32:559-578

Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson Å, Stuart Chapin F, Lambin EF, Lenton TM, Scheffer M, Folke C, Schellnhuber HJ, Nykvist B, de Wit CA, Hughes T, van der Leeuw S, Rodhe H, Sörlin S, Snyder PK, Costanza R, Svedin U, Falkenmark M, Karlberg L, Corell RW, Fabry VJ, Hansen J, Walker B, Liverman D, Richardson K, Crutzen P, Foley JA (2009) A safe operating space for humanity. *Nature* 461:472-475

Robertson GP, Pauland EA, Harwood RR (2000) Greenhouse Gases in Intensive Agriculture: Contributions of Individual Gases to the Radiative Forcing of the Atmosphere. *Science* 289:1922-1925

Ruser R, Flessa H, Schilling R, Beese F, Munch JC (2001) Effect of crop-specific field management and N fertilization on N₂O emissions from a fine-loamy soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 59:177-191

Saling P, Kölsch D (2008) Ökobilanzierung: Energieverbräuche und CO₂-Emissionen von Pflanzenschutzmitteln. In: Döhler H, Boxberger J, Kröttsch S (Hrsg.) *Energieeffiziente Landwirtschaft*. KTBL-Schrift 463:65-71

Sanders J, Hess J (eds.) (2019) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 364 p, Thünen Rep 65, DOI:10.3220/REP1547040572000

Schröder J, Aarts H, ten Berge, van Keulen H, Neeteson J (2003) An evaluation of whole-farm nitrogen balances and related indices for efficient nitrogen use. *European Journal of Agronomy* 20:33-44. DOI: 10.1016/S1161-0301(03)00070-4

Schulze Mönking S, Klapp C, Abel H, Theuvsen L (2010) Überarbeitung des Getreide- und Vieheinheitenschlüssels. Endbericht zum Forschungsprojekt 06HS030. Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen. Fakultät für Agrarwissenschaften

Seufert V, Ramankutty N, Foley JA (2012) Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485:229-232. DOI: 10.1038/nature11069

Siebrecht N, Schmid H (2020) Implementation of the concept of sustainable intensification to a real farm – Was its development over 17 years a sustainable intensification? *International Journal of Agricultural Sustainability* 8:151-171. doi.org/10.1080/14735903.2020.1743073

Simon R (2018) Analyse der Ressourceneffizienz und Treibhausgasflüsse von Pflanzenbausystemen zur Bioenergieerzeugung auf der Grundlage feldexperimenteller Daten. Dissertation, Technische Universität München. Weihenstephaner Schriften Ökologischer Landbau und Pflanzenbausysteme Band 7. ISBN: 9783895749490

Skinner C, Gattinger A, Muller A, Mäder P, Fließbach A, Stolze M, Ruser R, Niggli U (2014) Greenhouse gas fluxes from agricultural soils under organic and non-organic management – A global meta-analysis. *Science of the Total Environment* 468-469:553-563

Steffen W, Richardson K, Rockström J, Cornell SE, Fetzer I, Bennett EM, Biggs R, Carpenter S R, de Vries W, de Wit CA, Folke C, Gerten D, Heinke J, Mace GM, Persson LM, Ramanathan V, Reyers B, Sörlin S (2015) Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science* 347:6219. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1259855>

Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S (2002) Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418:671-677. eng. doi:10.1038/nature01014

Tomlinson I (2013) Doubling food production to feed the 9 billion: A critical perspective on a key discourse of food security in the UK. *Journal of Rural Studies* 9:81-90

Tuomisto HL, Hodge I D, Riordan P, Macdonald DW (2012) Comparing energy balances, greenhouse gas balances and biodiversity impacts of contrasting farming systems with alternative land uses. *Agricultural Systems* 108:42-49

Uhlir HE (1999) Energy productivity of technological agriculture-lessons from the transition of Swedish agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 73:63–81. doi:10.1016/S0167-8809(99)00002-X

UBA (2015) Umweltbundesamt. Reactive nitrogen in Germany Causes and effects – measures and recommendations. Dessau-Rosslau, Germany

UBA (2018) Umweltbundesamt. Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2018: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2016, 959 p. UNFCCC-Submission

UBA (2021) Umweltbundesamt. Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgas-Emissionen. www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgasen

van der Ploeg RR, Ringe H, Machulla G, Hermsmeyer D (1997) Postwar Nitrogen Use Efficiency in West German Agriculture and Groundwater Quality. In: *Journal of Environment Quality* 26:1203. DOI: 10.2134/jeq1997.00472425002600050003x

van Groenigen JW, Velthof GL, Oenema O, van Groenigen KJ, van Kessel C (2010) Towards an agronomic assessment of N₂O emissions: A case study for arable crops. *European Journal of Soil Science* 61:903-913. doi:10.1111/j.1365-2389.2009.01217.x

van Groenigen JW, van Kessel C, Hungate BA, Oenema O, Powlson DS, van Groenigen KJ (2017) Sequestering Soil Organic Carbon: A Nitrogen Dilemma. *Environ. Sci. Technol.* 51:4738-4739. doi.org/10.1021/acs.est.7b01427

VDLUFA (2014) VDLUFA-Standpunkt: Humusbilanzierung. Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerland. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten

Vinzent B (2019) Analysis of the effects of nitrogen fertilization and post-harvest management on N₂O fluxes in rapeseed cropping and the derivation of emission mitigation strategies. Dissertation, Technische Universität München. Weihenstephaner Schriften Ökologischer Landbau und Pflanzenbausysteme Band 10. ISBN: 9783895749742

Vinzent B, Fuß R, Maidl F-X, Hülsbergen K-J (2018) N₂O emissions and nitrogen dynamics of winter rapeseed fertilized with different N forms and a nitrification inhibitor. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 259:86-97

Vockinger F (2013) Analyse der Flächenentwicklung, Anbaustrukturen und Fruchtfolgen ökologisch bewirtschafteter Ackerflächen Bayerns auf der Basis agrarstruktureller Daten. Bachelorarbeit, Technische Universität München

Weckenbrock P, Sanchez-Gellert H, Gattinger A (2019) Klimaschutz. In: Sanders J, Hess J (eds.) (2019) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 364 p, Thünen Rep 65:164-190. DOI:10.3220/ REP1547040572000

Wiesler F, Hund-Rinke K, Gäth S, George E, Greef JM, Hölzle LE, Holz F, Hülsbergen K-J, Pfeil R, Severin K, Frede H-G, Blum B, Schenkel H, Horst W, Dittert K, Ebertseder T, Osterburg B, Philipp W, Pietsch M, Nessel T (2016) Use of organic fertilizers and organic wastes in agriculture. *Berichte über Landwirtschaft*, 94:1-14

Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages (2018) Energieverbrauch bei der Produktion von mineralischem Stickstoffdünger. Fachbereich: WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und Forschung. WD 8-3000-088/1

Zhang X, Davidson EA, Mauzerall DL, Searchinger TD, Dumas P, Shen Y (2015) Managing nitrogen for sustainable development. *Nature* 528:51-59. DOI: 10.1038/nature15743

4.2 Energie-, Klimaschutz und Nachhaltigkeitsberatung im Pflanzenbau – das Beratungstool HUNTER

Harald Becker, Richard Beisecker, Harald Schmid

Zusammenfassung

Mit HUNTER – dem Humus-Nährstoff-Treibhausgas-Energiebilanz-Rechner, wurde ein einfach zu bedienendes und übersichtliches Excel-Tool zur Berechnung von Nachhaltigkeitsindikatoren im Pflanzenbau erstellt. Die Berechnungsansätze und Verfahren basieren im Wesentlichen auf dem Modell REPRO. Durch die Bilanzierung des Humushaushaltes, des Nährstoffhaushaltes (N, P, K) und des Energiehaushaltes können die THG-Emissionen im Pflanzenbau auf Betriebsebene plausibel und nachvollziehbar berechnet werden.

Für den Systemvergleich zwischen ökologisch und konventionellen Betrieben wurde ein Referenzdatensatz von insgesamt 40 Betrieben aus dem Netzwerk der Pilotbetriebe erstellt, wobei für jeweils 20 ökologisch und 20 konventionell wirtschaftende Betriebe die Nachhaltigkeitsindikatoren Humussaldo, N-Saldo, Energiebindung, Netto-Energie-Output und THG-Emissionen im Pflanzenbau berechnet wurden.

Die Berechnungen mit HUNTER zeigen, dass die ökologisch wirtschaftenden Betriebe eine größere Humusmehrleistung und höhere Humussalden, aber aufgrund des niedrigeren N-Inputs auch geringere Erträge und damit verbunden auch eine geringere flächenbezogene Energiebindung aufweisen als die konventionell bewirtschafteten Betriebe. Bezogen auf die Produkteinheit unterscheidet sich die Energieintensität und Energieeffizienz allerdings nicht zwischen den beiden Wirtschaftsformen.

Die Systemunterschiede zwischen den ökologischen und konventionellen Betrieben wurden zusätzlich für den Anbau von Winterweizen ausgewertet, um den Fruchtfolgeeinfluss ausblenden zu können. Dabei ergab sich ebenfalls ein deutlicher höherer Input aber auch ein höherer Ertrag der konventionell wirtschaftenden Betriebe. Die Treibhausgasbilanzen sind aufgrund der anderen Methodik im HUNTER mit den REPRO-Ergebnissen nicht direkt vergleichbar.

Schlüsselwörter: Energiebilanz, Humusbilanz, Treibhausgasbilanz, Nährstoffbilanz, Nährstoffkreislauf

Abstract

HUNTER (humus, nutrition, total greenhouse gases and energy budget) was developed for consultancy purposes in plant production. Basically, HUNTER consists of algorithms from the model REPRO, but has been simplified to get faster results and provide a first overview for a farm. As a special feature, the humus management is a central part of the balance and is connected with almost all parameters.

To compare the results from HUNTER with those of REPRO, a dataset was established using 2-5 balanced years of HUNTER data from a total of 40 farms (20 conventional and 20 organically). The indicators humus balance, nitrogen balance, gross energy production, energy output and GHG emissions were then compared with the results from REPRO.

The results from HUNTER reveal that, on the one hand, organical farms have a higher humus balance and a smaller input of nitrogen from fertilizers. On the other hand, they have lower yields and a corresponding lower net energy production per acre than conventional farms. But concerning efficiency parameters per product (input per yield) there was no difference between the two systems.

In order to neutralize the effects of crop rotation, we looked at the example of winter wheat, because almost all of the 40 farms within the HUNTER data set grew this grain. Again, we found a much higher energy input combined with a higher yield on the conventional farms. But it was not possible to compare the results of the GHG emissions between the two systems because HUNTER and REPRO implement very different methods for calculating GHG emissions.

Keywords: energy input, humus balance, GHG emissions, nitrogen input, plant production

4.2.1 Einleitung

Das Bilanzieren von Nährstoffströmen zur Einschätzung und Überprüfung von Nährstoffüberschüssen und -effizienzen auf Schlag- oder Betriebsebene hat sich in der Landwirtschaft seit langem bewährt und ist spätestens seit den Vorgaben aus der Düngeverordnung (DüV) und Stoffstrombilanzverordnung (StoffBilV) den Landwirten geläufig. Dabei geht es im Wesentlichen um das Einhalten von Bilanzüberschüssen bei Stickstoff und Phosphor, während zum Beispiel die Humusbilanzierung in der Officialberatung nicht sehr verbreitet ist. In einer auf ökologische Nachhaltigkeit ausgerichteten Beratung sollten aber möglichst viele relevante Parameter berücksichtigt werden, um eine umfassende Beurteilung der Ressourceneffizienz des Betriebes zu ermöglichen.

Im Rahmen des Netzwerks der Pilotbetriebe wurden auf 40 ökologischen und 40 konventionell wirtschaftenden Betrieben umfangreiche Analysen des Pflanzenbaus mit dem Modellsystem REPRO durchgeführt (vgl. Schmid und Hülsbergen, 2015; Hülsbergen, 2003). REPRO ist eine Software zur Erfassung und Bilanzierung der Stoff- und Energieflüsse landwirtschaftlicher Betriebssysteme, die jedoch für nicht geschulte Berater und Landwirte ungeeignet ist und deren Anwendung einen erheblichen Zeitaufwand erfordert, dafür aber sehr detaillierte Analysen und Ergebnisse ermöglicht. Ein wichtiges Anliegen des vom BMEL geförderten Netzwerks der Pilotbetriebe war die Entwicklung einfacher und praxistauglicher Tools – einerseits für die wissenschaftliche Auswertung, andererseits für die Beratungsarbeit. Ziel dieses Teilprojekts war daher die Entwicklung des Excel-Tools HUNTER, um die Beratung und Bewertung der Nachhaltigkeit im Pflanzenbau auch außerhalb des Netzwerkes zu ermöglichen und somit Beratern und Landwirten die Berechnung von Humus-, Energie- und Treibhausgasbilanzen als Indikatoren der Ressourceneffizienz zu ermöglichen. Dabei ergibt sich für die konkrete Entwicklung und Ausgestaltung des Tools ein Zielkonflikt: einerseits soll das Tool leicht bedienbar und die Berechnung relativ schnell durchführbar sein, andererseits sollen die komplexen und umfangreichen Algorithmen, Bewertungsmaßstäbe und Rechenvorgänge der dahinterstehenden Bilanzierungen in ihrer Aussagekraft möglichst wenig einschränkt werden. Das Tool soll also sowohl wissenschaftlich basiert, als auch anwenderfreundlich und praxisorientiert sein.

Als Anwender werden die landwirtschaftlichen Berater adressiert, die in der Pflanzenbauberatung bereits aktiv bei Landwirten tätig sind und ihre Beratung auf eine umfassendere Bewertung der Ressourceneffizienz erweitern möchten. Eine Schulung zur Bedienung von HUNTER ist nicht zwingend notwendig, wird

aber empfohlen. Zum Vergleich und zur groben Einordnung der Ergebnisse eines beratenen Betriebes wird ein Referenzdatensatz aus dem Netzwerk Pilotbetriebe bereitgestellt („Punktwolke“).

Das Excel-Tool HUNTER wurde in allen Entwicklungsstadien mit ausgewählten Pilotbetrieben getestet, meist im Zusammenhang mit den Terminen zur Datenerfassung auf den Betrieben, wobei die Anregungen und Verbesserungsvorschläge aus der Praxis jeweils in die weitere Entwicklung eingeflossen sind.

4.2.2 Material und Methoden: Datengrundlage, Aufbau und Funktionsweise vom HUNTER

Aufbau und Dateneingabe

HUNTER (Humus-Nährstoff-Treibhausgas-Energiebilanz-Rechner) ist ein Excel-Tool für die Berechnung der Humus-, Nährstoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzen im Pflanzenbau und bietet dem Anwender insgesamt 10 Arbeitsblätter, 5 davon mit Ergebnissen (siehe Tabelle 4.2-1). Anwender, die nur an den Themen Humus- und Nährstoffbilanzen interessiert sind, erhalten nach der Dateneingabe in Blatt 1 bereits deren vollständige Ergebnisse auf Blatt 5 dargestellt. Für eine komplette Bilanzierung der Energie- und Treibhausgasbilanzen ist dagegen auch die Dateneingabe in den Blättern 2 bis 4 erforderlich (Ausschnitt dazu siehe Abbildung 4.2-1).

Tabelle 4.2-1: Aufteilung und Inhalt der 10 Excel-Arbeitsblätter im HUNTER Excel-Tool

Bereich	Name Arbeitsblatt	Wesentliche Inhalte
Einführung	0_Einführung	Benötigte Daten, Aufwand, Kontakt
Eingaben	1_Eingabe_Humus	Kopfdaten, Anbauflächen, Erträge, Düngung (zusammengefasst), Fruchtfolgen, Beweidung
	2_Bodenbearbeitung	Stoppel-, Grundboden- und Saatbettbearbeitung, Bestellung und Pflege, Saatstärken, Bodenart, Maschinenausrüstung
	3_Mineraldüngung_Pflanzenschutz	Verfahren und Düngerart mit Nährstoffmengen, Pflanzenschutzmittel-Eingabe in 4 Gruppen (Herbizide, Fungizide, Insektizide, Wachstumsregler)
	4_OrganischeDüngung_Ernte	Verfahren der Ausbringung mit Mengen, Ernteverfahren aus Dropdownliste, Berechnungsbutton für Gesamtbilanz
Ergebnisse	5_Ergebnis_Humus_Nährstoff	Tabellarische Ergebnisse für Humus, N, P und K, Punktwolkengrafik für den N-Saldo
	6_Ergebnis_Energiebilanz	Tabelle zur Energiebilanz
	7_Ergebnis_THG-Bilanz	Tabelle zur THG-Bilanz
	8_Diagramme_THG_und_Energie	Balkengrafiken zu den betriebsinternen Anteilen Punktwolkengrafik zu Energieinput und -output
	9_Netzdiagramm	Nachhaltigkeitsdarstellung von 14 Parametern im Netzdiagramm, Gesamtbewertung (Skala 0 bis 1)

Das HUNTER Excel-Tool bietet an mehreren Stellen Eingabevarianten an, darunter zum Beispiel:

- Bewirtschaftungsweise: ökologisch/konventionell
- Nährstoffangaben: Oxid- oder Elementform
- Flächenangaben: ha oder prozentual
- Berücksichtigung von bis zu drei Fruchtfolgen
- Vorherrschende Bodenart, vereinfacht: leicht, mittel, schwer
- Maschinenausstattung: normal/überdurchschnittlich

Die beiden letztgenannten Punkte haben nur Einfluss auf die Energie- und Treibhausgasbilanzen. Jede Kultur kann bis zu siebenmal ausgewählt werden. Für die korrekte Dateneingabe gibt es zwei wesentliche Hilfsmittel:

- Hilfsbuttons an vielen verschiedenen Stellen: Diese werden per Makro geöffnet und zeigen Erklärungen zur jeweiligen Stelle. Mit einem erneuten Klick verschwinden sie. Erfahrene Nutzer können die Hilfsbuttons blattweise komplett ausblenden.
- Da für die Bilanzierung von Treibhausgasen (THG) und Energie die detaillierte Eingabe der Düngung erforderlich ist, findet in den Arbeitsblättern 3 und 4 eine Gegenprüfung mit den zusammengefassten Düngungsangaben in Blatt 1 statt. Der Nutzer bekommt hier unmittelbar die Differenz der Nährstoffe N, P und K zu seinen Angaben in Blatt angezeigt. Beträgt die Differenz 0, sind die Eingaben identisch.

1	Energie- und THG-Bilanzierung des Betriebes xy für das Erntejahr 2017					
2						
3	5. Organische Düngung 2017					
4	Flächenangabe					
	Kultur	Verfahren	in ha	Düngerart	Einarbeitung	Menge [t/ha FM]
6	Triticale	Schleppschlauch/Schleppschuh	1,9	Gülle Rind	keine	20
7	Wintergerste	Schleppschlauch/Schleppschuh	0,25	Gülle Rind	keine	20
8	Winterweizen	Schleppschlauch/Schleppschuh	10,41	Gülle Rind	keine	20
9	Mais (Silomais)	Breitverteiler	8,36	Gülle Rind	max. 4 Std.	40
10	Mais (Silomais)	Miststreuer	8,36	Frischmist Rind	max. 4 Std.	10
11	Mais (Silomais)	Miststreuer	5,5	Kompost Grüngut fer	keine	31
12	Getreide/Körnerleg	Breitverteiler	4,98	Gülle Rind	max. 4 Std.	20
13	Grünland	Breitverteiler	80	Gülle Rind	bestellte Fläche	30
14	Grünland	Miststreuer	10	Frischmist Rind	bestellte Fläche	10
15	Kleegras	Breitverteiler	13,9	Gülle Rind	bestellte Fläche	20
16	Kleegras	Breitverteiler	13,9	Gülle Rind	bestellte Fläche	20
17						
18						
19						
20						
21						
	1_Eingabe_Humus 2_Bodenbearbeitung 3_Mineraldüngung_Pflanzenschutz 4_OrganischeDüngung_Ernte					

Abbildung 4.2-1: Ausschnitt aus HUNTER, Eingabebereich zur organischen Düngung.

Humusbilanzierung

Die Berechnung von Humusbilanzen dient dem Ziel, die Humusversorgung von Ackerböden abzuschätzen. Für eine zuverlässige Einschätzung der Humusversorgung sollte mindestens die ganze Fruchtfolge bilanziert werden, am besten über mehrere Jahre hinweg. Zur Humusbilanzierung gibt es zahlreiche methodische Ansätze (siehe Übersicht bei Brock et al., 2012). Eine für den Einsatz in landwirtschaftlichen Betrieben und der Betriebsberatung in Deutschland entwickelte Bilanzierungsmethode wird im VDLUFA-Standpunkt (2014) beschrieben. Diese Methode enthält drei Intensitätsstufen für die statische (ertragsunabhängige) Humusbilanzierung

- untere Werte zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit für ertragsschwache Standorte und konventionell bewirtschaftete Flächen,
- mittlere Werte zum Aufbau der Bodenfruchtbarkeit bei reduzierter mineralischer Düngung und
- obere Werte für Bewirtschaftungssysteme mit hohem Humusbedarf mit geringer oder ohne mineralische Düngung, insbesondere im Ökolandbau.

Die entsprechenden fruchtartenspezifischen Humusbilanzparameter werden zur Berechnung des Humusbedarfs verwendet. Die Humuszufuhr durch humusmehrnde Fruchtsorten und organische Düngung wird in Abhängigkeit von der Fruchtfolge, der Menge und Qualität der eingesetzten organischen Dünger mit düngerartenspezifischen Bilanzparametern berechnet. Die Saldierung von Humusbedarf und Humuszufuhr ergibt den Humussaldo, der mit den Klassen A (sehr niedrig) bis E (sehr hoch) bewertet wird. Im HUNTER sind alle drei VDLUFA-Intensitätsstufen berücksichtigt.

Als weitere Methode der Humusbilanzierung wird die auch in REPRO integrierte Humuseinheiten-Methode (HE-Methode) nach Hülsbergen (2003) verwendet. Der Grundgedanke hinter diesem dynamischen, ertragsabhängigen Ansatz ist, die Stickstoffflüsse der verschiedenen Boden-N-Pools bei der Spezifizierung der Bilanzparameter zu berücksichtigen und somit die Humusbilanz stärker an die Standortbedingungen, die mineralische Düngung und die Ertragshöhe anzupassen. Das heißt beispielsweise, dass ein höherer Kornertrag (bei sonst gleichen Bedingungen) auch einen höheren Humusreproduktionsbedarf hat. Dies ist ein entscheidender Unterschied zu statischen Systemen (VDLUFA, 2014), bei denen der Kornertrag nicht explizit in die Berechnung des Humussaldos eingeht. In den meisten Fällen führt die Humuseinheiten-Methode¹ zu niedrigeren Humussalden, bietet also hinsichtlich der Humusproduktion eine etwas kritischere Bewertung (vgl. Tabelle 4.2-2).

Auf eine Erläuterung und Diskussion der unterschiedlichen Ergebnisse der verschiedenen Methoden zur Humusbilanzierung wird an dieser Stelle verzichtet, da dies bereits ausführlich in der Literatur nachzulesen ist (z. B. Kolbe, 2010; Kolbe, 2012; Brock et al., 2013; Kolbe und Zimmer, 2015; Spork, 2011). Für die nachfolgenden Darstellungen der HUNTER-Ergebnisse werden nur die Berechnungen nach der HE-Methode aufgeführt, da diese differenziertere und realistischere Werte liefert.

¹ 1 HE-Einheit entspricht 580 kg ha⁻¹ Humus-C

Tabelle 4.2-2: Beispiele von Humussalden verschiedener Bilanzansätze für eine exemplarische konventionelle Fruchtfolge (Gerste-Raps-Weizen) mit jeweils 10 ha, Angaben in kg ha⁻¹ Humus-C

Methode	Gerste	Raps	Weizen	Gesamt
Produktionsverfahren	15 m ³ ha ⁻¹ Gülle, 140 kg ha ⁻¹ Mineral-N 80 dt ha ⁻¹ Ertrag 5 ha Stroh abgefahren	15 m ³ ha ⁻¹ Gülle 160 kg ha ⁻¹ Mineral-N 40 dt ha ⁻¹ Ertrag	15 m ³ ha ⁻¹ Gülle 160 kg ha ⁻¹ Mineral-N 80 dt ha ⁻¹ Ertrag 5 ha Stroh abgefahren	Fruchtfolge
HE-Methode, dynamisch	- 246	- 84	- 214	- 181
VDLUFA, untere Werte	+ 190	+ 510	+ 190	+ 297
VDLUFA, mittlere Werte	+ 70	+ 390	+ 70	+ 177

Grundsätzlich geben aber beide im HUNTER verwendeten Bilanzierungsansätze keine exakte Beschreibung der realen Humusgehalte und der Humusdynamik (C_{org}-Gehalte) im Boden wieder. Hierfür wurden diese Systeme nicht entwickelt, sondern als Managementwerkzeuge für die Praxis. So verzichten beide Methoden (im Unterschied zu Bodenprozessmodellen) auf die Eingabe von Bodendaten (z. B. Bodentextur, Trockenrohdichte, C_{org}-Gehalt, etc.). Bei der Auswertung von Dauerfeldversuchen stellten Brock et al. (2008) und Brock (2009) fest, dass die Humusbilanzen aller drei Bilanzansätze (VDLUFA in 2 Intensitätsstufen, HE-Methode dynamisch und statisch) nur relativ wenig mit dem gemessenen Bodenparameter (C_{org}-Gehalt) korrelierten. Dagegen gab es aber recht enge Korrelationen zwischen den Humussalden und dem mikrobiellen Kohlenstoff (C_{mik}), so dass die Humussalden als Indikator für die Humusversorgung und Umsetzbarkeit der organischen Bodensubstanz interpretiert werden können (Brock, 2009). Der Parameter C_{mik} ist dabei ein guter Indikator für die Veränderungen der organischen Bodensubstanz, bevor sich diese im C_{org}-Gehalt erkennen lassen.

Für die Berechnung der Humusbilanz in HUNTER wurde eine Excel-Vorlage genutzt, die in einer vorherigen Projektphase des Netzwerks der Pilotbetriebe erarbeitet wurde (Frank et al., 2013). Die meisten Berechnungsschritte sowie fast alle Stammdaten für Fruchtarten und Dünger wurden daraus entnommen.

Nährstoffbilanzierung im Pflanzenbau

Beim Nährstoffinput werden grundsätzlich alle aufgebrauchten Nährstoffe zu 100 % angerechnet, auch der Stickstoff. Datenbasis für die Nährstoffgehalte der meisten Kulturen ist REPRO, dazu kommen für einige wenige Fruchtarten-Mischungen oder Sonderkulturen externe Werte aus der Literatur. Beim Nährstoffoutput wird zwischen dem Entzug (Nährstoffgehalte der Pflanze) und der Abfuhr vom Feld (tatsächlicher Output) unterschieden, je nachdem, ob nur die Hauptprodukte oder auch die Nebenprodukte von der Erntefläche abgefahren werden.

Die Berechnung der Nährstoffsalden entspricht einer Flächenbilanz (Zufuhr – Abfuhr). Bei der Saldenberechnung für Stickstoff gibt es allerdings eine Besonderheit, da hierbei auch die Veränderung der Stick-

stoffvorräte (ΔN_{org}) aus dem Humussaldo berücksichtigt wird. Hierzu wird die Änderung des Stickstoffvorrates des zuvor berechneten Humussaldos (1 Humuseinheit entspricht 50 kg Stickstoff) berücksichtigt. Ein negativer Humussaldo entspricht einer Netto-N-Mineralisation, ein positiver Humussaldo einer Netto-N-Akkumulation (Immobilisierung) in der organischen Bodensubstanz. Der Bilanzparameter ΔN_{org} verdeutlicht den systemischen Ansatz, da der Boden als Nährstoffsенke und -quelle ganzheitlicher in die Rechnung integriert ist. Ein Rechenbeispiel dazu ist in Tabelle 4.2-3 dargestellt.

Tabelle 4.2-3: Beispiel für die Berücksichtigung von ΔN_{org} aus dem Humuspool in den Stickstoffsaldo

Beispiel (Ackerzahl 50 Korntrag 30 dt ha ⁻¹)	Humussaldo (HE-Methode)	ΔN_{org}	N-Saldo	N-Saldo mit ΔN_{org} Boden
	kg ha ⁻¹ Hu-C	kg ha ⁻¹ N		
Dinkel ohne Düngung, Stroh abgefahren	-567	-54	-35	+19
Dinkel mit 25 t ha ⁻¹ Stallmist, Stroh belassen	+264	+25	+98	+73

Energiebilanzierung im Pflanzenbau

Die Datengrundlage für die Energiebilanzierung im HUNTER stammt in den wesentlichen Teilen aus REPRO. Allerdings wurde stark vereinfacht vorgegangen, indem bei den Arbeitsgängen nur die wichtigsten und typischen Verfahren ausgesucht und deren Koeffizienten eingearbeitet wurden. In REPRO selbst stehen sehr viele Arbeitsgänge und Varianten zur Verfügung, deren Implementierung die Bedienbarkeit eines Excel-Rechners stark verkompliziert hätte.

In Tabelle 4.2-4 ist beispielhaft dargestellt, wie die Einbindung in HUNTER erfolgte, wobei im Energieverbrauch (GJ) die Investitionsgüterenergie bereits enthalten ist, das heißt die Energie, die zur Produktion der jeweiligen Geräte und Maschinen aufgewendet wurde.

Tabelle 4.2-4: Beispiele für übernommene Arbeitsgänge im HUNTER, in Anlehnung an REPRO

Arbeitsgang in HUNTER	Maschinenausstattung in HUNTER	Arbeitsgang in REPRO	Energiewert GJ ha ⁻¹
1x Kurzscheibenegge	normal	Eggen mit Scheibenegge, 3 m AB, 140 kW	0,48
1x Kurzscheibenegge	überdurchschnittlich	Eggen mit Scheibenegge, 6 m AB, 200 kW	0,71
Schleppschlauch/ Schleppschuh	normal	Gülle / Jauche ausbringen, ab Feld mit PTW, Schleppschlauch; Tauchmotorpumpe Elektromotor, 25 kW; 15 m ³ Gülletransportanhänger, 12 m	0,26
Schleppschlauch/ Schleppschuh	überdurchschnittlich	Gülle / Jauche ausbringen, ab Feld mit PTW, Schleppschlauch; Tauchmotorpumpe Elektromotor, 25 kW; 27 m ³ Gülletransport-Lkw-Zug, 24 m	0,38

Energieäquivalente (Primärenergieaufwand zur Herstellung Dünge- und Pflanzenschutzmittel) wurden als Mittelwerte aus der in REPRO verwendeten Energiebilanzierungsmethode (Hülsbergen (2003) übernommen. Für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln wurde im HUNTER vereinfacht ein Energieaufwand von pauschal $0,1 \text{ GJ ha}^{-1}$ veranschlagt.

Treibhausgasbilanzierung im Pflanzenbau

Die Bilanzierung der Treibhausgas-Emissionen im HUNTER basiert im Wesentlichen auf dem „Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft“ (Arbeitsgruppe BEK, 2016). Nach dem BEK umfasst die Treibhausgasbilanzierung neben den im Betrieb selbst entstehenden Treibhausgasen (THG) auch die Emissionen, die bei der Produktion von Betriebsmitteln im vorgelagerten Bereich verursacht worden sind. Versinnbildlicht wird dies mit dem Begriff „THG-Rucksack“, den es in vergleichbarer Form auch für den Indikator Energie gibt. Der BEK fokussiert sich im Wesentlichen auf die erzeugten Produkte (Korn, Milch, Fleisch, etc.); eine Übertragbarkeit auf die Fläche ist möglich. Aus der Datengrundlage des BEK sind mehrere Beratungstools an der LWK Niedersachsen entwickelt worden, die ebenfalls in der Beratung bei Landwirten im Einsatz sind (z. B. TEKLa, LWK Niedersachsen, 2020).

Der BEK-Standard schlägt für den Pflanzenbau insgesamt 19 verschiedene Emissionsquellen vor, wovon 13 Emissionspfade in HUNTER berücksichtigt wurden:

- 10 Parameter wurden analog zum BEK Standard implementiert,
- 1 Parameter aus Literaturwerten vereinfacht übernommen,
- 3 Parameter aus REPRO übernommen,
- 5 Parameter wurden nicht implementiert.

Die Implementierung der Parameter ist in Tabelle 4.2-5 dargestellt.

Tabelle 4.2-5: Implementierung von vorgeschlagenen THG-Emissionsquellen aus BEK (2016) in HUNTER

Emissionspfad	HUNTER
Direkte und indirekte Treibhausgasemissionen aus dem Feld	
N ₂ O aus NH ₃ -Verlusten bei Düngung mit Wirtschaftsdüngern	Ja
N ₂ O aus NH ₃ -Verlusten bei Düngung mit Mineraldüngern	Ja
N ₂ O aus der Düngung mit Wirtschaftsdüngern	Ja
N ₂ O aus der Düngung mit Mineraldüngern	Ja
N ₂ O aus Ernte- und Wurzelrückständen, Nebenprodukten	Nein
N ₂ O aus anzurechnendem Stickstoff aus organischer Düngung des Vorjahres	Nein
CO ₂ aus Kalk- und Harnstoffdüngung	Ja
CO ₂ -Emissionen/-Bindung aus Humusabbau bzw. -aufbau der angebauten Fruchtart	Ja
N ₂ O-Emissionen aus dem Humusabbau der angebauten Fruchtart	Ja
CO ₂ -Emissionen/-Bindung aus Grünland- bzw. Ackerlandumwandlung	Nein
N ₂ O aus Grünlandumwandlung in Ackerland	Nein
CO ₂ aus Humusabbau bei der Bewirtschaftung organischer Böden	Ja
Vorgelagerte Treibhausgasemissionen aus dem Betriebsmitteleinsatz (THG-Rucksack)	
CO ₂ aus Mineraldüngerbereitstellung	Ja
CO ₂ für düngewirksame Nährstofflieferung aus Wirtschaftsdüngereinsatz	Ja
CO ₂ für düngewirksame Nährstofflieferung der Vorfrucht und Ausscheidungen auf der Weide	Nein
CO ₂ aus Pflanzenschutzmittelbereitstellung	Ja ^a
CO ₂ aus Saatgutbereitstellung	Ja ^b
CO ₂ aus Energiebereitstellung und -konversion	Ja ^b
CO ₂ aus Maschinenherstellung	Ja ^b

^a vereinfachte Literaturmittelwerte^b Werte aus REPRO

Die Zusammenführung der THG-Emissionen mit den Humussalden und der Energiebilanz ist ein Alleinstellungsmerkmal für die beiden Beratungstools REPRO und HUNTER.

Während die HUNTER-Ergebnisse der anderen Parameter mit den Berechnungen aus REPRO gut zusammenpassen, gibt es im Bereich THG-Emissionen teilweise große Abweichungen. Dies liegt daran, dass erstens die Bilanzierung im HUNTER wie erläutert nach dem BEK durchgeführt wird, zweitens wie in Tabelle 4.2-5 dargestellt, nicht alle Parameter daraus übernommen worden sind und drittens im REPRO zum Teil andere Algorithmen verwendet werden. Eine Vergleichbarkeit zwischen HUNTER und REPRO ist somit für die THG-Emissionen nicht gegeben.

Bewertung und Ergebnisdarstellung

In den Blättern 5 bis 9 werden die Ergebnisse dargestellt, überwiegend in Tabellenform. Die Ergebnisdarstellung erfolgt auf Jahresebene für die einzelnen Fruchtarten, für Fruchtfolgen, für das Ackerland und den Gesamtbetrieb. Exemplarisch zeigt Abbildung 4.2-2 einen Ausschnitt der Ergebnistabelle für die Humusbilanz eines Betriebes.

Nr.	FF	Fruchtart	Fläche [ha]	Humus- bedarf	Ersatz- leistung	Mehrer- leistung	Stroh- düngung	Grün- düngung	Stallmist	Gülle	Sonst. org. Dünger	Humus- saldo
1	1	Kleegrass	13,90	0	1274	870		116		288		1274
2	1	Mais (Silomais)	8,36	-1784	1596			80	290	288	938	-188
3	1	Getreide/Körnerlegum.	4,98	-392	144					144		-248
4	1	Triticale	1,90	-687	144					144		-544
5	1	Winterweizen	10,41	-769	144					144		-625
6	1	Wintergerste	0,25	-684	395	251				144		-289
7	1											
8	1	ZF_Nichtlegumi (Kreuzbl.+Ph	8,36	0	208	104		103				208
9	1											
10	1											
11	1											
12	1											
13	1											
14	1											
15	1											
16	1											
17	1											
18	1											
19	1											
20	0	Grünland	99,09	0								0
Humusbilanz		Acker	39,80	-662	889	326	2	79	61	224	197	227
											Versorgungsgrad Acker (%)	134
											Versorgungsstufe Acker	C
Humusbilanz		Betrieb	138,89	-190	255	93	0	23	17	64	56	65
1		Frucht Fruchtfolge 1	39,80	-662	889	326	2	79	61	224	197	227
2		Frucht Fruchtfolge 2	0,00									
3		Frucht Fruchtfolge 3	0,00									

Abbildung 4.2-2: Ergebnistabelle Humusbilanz (HE-Methode, dynamisch in kg Hu-C je ha) für einen Betrieb, Ausschnitt aus der Ergebnisdarstellung in HUNTER.

In Abbildung 4.2-3 ist die zusammenfassende Nachhaltigkeitsbewertung eines Betriebes als Netzdiagramm dargestellt. Leichte Einbuchtungen der roten Linie im Netzdiagramm zeigen Optimierungspotenziale auf, wobei der Betrieb mit einer Gesamtbewertung von 0,95 (maximal möglich Bewertung 1,0) schon im absoluten Top-Bereich anzusiedeln ist.

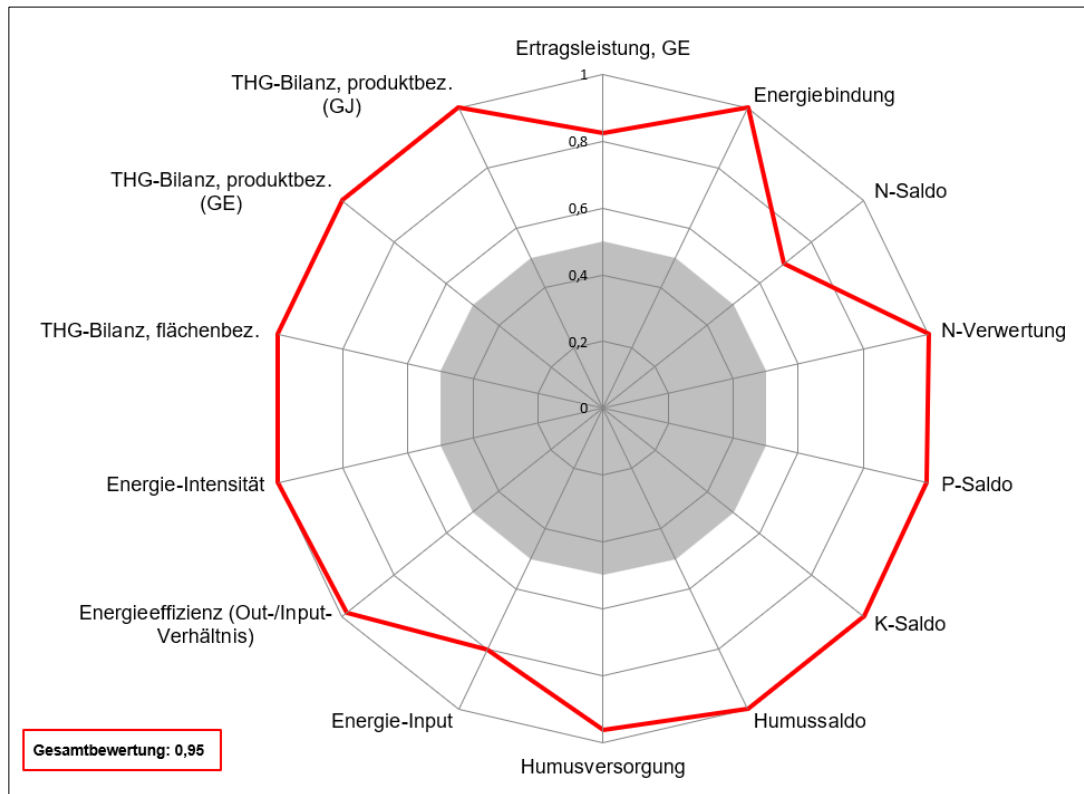


Abbildung 4.2-3: Nachhaltigkeitsbewertung für einen landwirtschaftlichen Betrieb. Ergebnisdarstellung als Netzdiagramm in HUNTER. Links unten die Gesamtbewertung, die mit 0,95 als hervorragend einzustufen ist.

4.2.3 Ergebnisse

Mit HUNTER wurde ein Referenzdatensatz von insgesamt 40 Pilotbetrieben (mit jeweils 20 ökologisch und 20 konventionell wirtschaftenden Betrieben) erstellt. Dabei wurden insgesamt 116 Einzeljahre bilanziert, also im Mittel 2,9 Jahre pro Betrieb.

Ziel für die Erstellung des Referenzdatensatzes war es, für künftige Auswertungen entsprechende Vergleichsmöglichkeiten zu haben. Zudem konnten damit die mit HUNTER berechneten Ergebnisse mit denen der REPRO-Berechnungen abgeglichen werden. Da die umfassende Auswertung der Betriebsdatensätze der Betriebe des Netzwerks Pilotbetriebe bereits mit REPRO erfolgte (siehe Kapitel 4.1), wäre eine erneute vollständige Auswertung aller Pilotbetriebe mit HUNTER redundant, so dass ein Referenzdatensatz mit 40 Betrieben ausreichend ist.

Die mit HUNTER berechneten Bilanzen für den Pflanzenanbau wurden per Datenexport in einer zentralen Datenbank gesammelt und anschließend statistisch mit IBM-SPSS Statistics 25 ausgewertet. Die

Ergebnisdarstellung im Folgenden fokussiert auf die vier zentralen Ressourcen im Pflanzenbau: Humus, Stickstoffhaushalt, Energie und Treibhausgase. Statistisch ausgewertet wurden die Jahresmittelwerte der 40 Pilotbetriebe, wobei die Ergebnisse der Einzeljahre über mehrere Jahre gemittelt wurden.

4.2.3.1 Kulturartenverteilung

Tabelle 4.2-6 zeigt das Ackerflächenverhältnis der 40 Betriebe, die für den Referenzdatensatz mit HUNTER bilanziert wurden. Es zeigen sich systembedingte Unterschiede der Fruchtartenverteilung zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben. In beiden Anbausystemen ist Weizen (Sommer- und Winterform) die am häufigsten angebaute Fruchtart, mit 34 % (konventionell) bzw. 19 % (ökologisch) der betrieblichen Anbaufläche. Würde der Dinkel hinzugerechnet, der ausschließlich auf ökologischen Betrieben angebaut wurde, läge der Weizenanteil insgesamt ungefähr gleichauf. Große Unterschiede zwischen den Flächenanteilen der Fruchtarten bestehen beim Klee gras, beim Raps, beim Mais und bei den Körnerleguminosen. Dabei bewirtschaften die konventionellen Betriebe mit 235 ha (Median) signifikant mehr Ackerfläche als die ökologisch wirtschaftenden Betriebe mit 158 ha (Median). Demgegenüber ist der Grünlandanteil bei den ökologischen Betrieben (Ø 24 % der LN) höher als bei den konventionellen Betrieben (Ø 19 % der LN).

Tabelle 4.2-6: Ackerflächenanteil der Fruchtarten der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER

Fruchtart	ME	ökologisch	konventionell
Weizen	% LN	19,4	34,3
Raps	% LN	2,3	18,1
Mais	% LN	3,5	15,6
Wintergerste	% LN	5,2	10,6
Roggen	% LN	9,2	8,4
Sonstige	% LN	10,7	6,0
Körnerleguminosen	% LN	8,4	1,8
Zuckerrüben	% LN	0,0	1,8
Sommergerste	% LN	2,0	1,4
Kartoffeln	% LN	4,8	1,3
Triticale	% LN	4,5	0,5
Klee gras	% LN	14,8	0,2
Hafer	% LN	5,0	0,1
Dinkel	% LN	10,4	0,0

4.2.3.2 Systemvergleich der Nachhaltigkeitsindikatoren der ökologischen und konventionellen Betriebe des Referenzdatensatzes

Nachfolgend werden die wichtigsten mit HUNTER berechneten Nachhaltigkeitsindikatoren der 40 Betriebe des Referenzdatensatzes vergleichend zwischen ökologisch und konventionell wirtschaftenden

Betrieben dargestellt und diskutiert. Als Nachhaltigkeitsindikatoren wird insbesondere auf den Humus-saldo, den N-Saldo, die Energiebindung und den Netto-Energie-Output im Ackerbau eingegangen.

Humusbilanz

Da die HE-Methode als dynamische Methode für den Vergleich zwischen den Betriebssystemen „ökologisch“ versus „konventionell“ aufgrund der Berücksichtigung der unterschiedlichen Düngung und Ertragsleistungen differenziertere und genauere Werte liefert, werden im Folgenden nur die Ergebnisse der HE-Methode dargestellt (Tabelle 4.2-8) und für die weiteren Auswertungen verwendet. Nach der HE-Methode (vgl. Kapitel 4.2.2) weisen die ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe einen höheren und positiven Humus-Saldo auf. Im Mittel haben die konventionellen Betriebe einen Humus-Saldo von -86 kg ha^{-1} Humus-C, die ökologischen Betriebe von 78 kg ha^{-1} .

Tabelle 4.2-7: Humussalden (Ackerland) der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER

Parameter	ME	HE-Methode	VDLUFA (mittlere Werte)
ökologische Betriebe	kg Hu-C·ha ⁻¹	78	315
konventionelle Betriebe	kg Hu-C·ha ⁻¹	-86	107
Gesamt	kg Hu-C·ha ⁻¹	-4	218

In Tabelle 4.2-8 sind die einzelnen Parameter der Humusbilanz nach der HE-Methode vergleichend für die beiden Wirtschaftsformen „konventionell“ und „ökologisch“ mit den wichtigsten statistischen Lageparametern aufgeführt.

Tabelle 4.2-8: Kennwerte der Humusbilanzen (Ackerland) der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER

Parameter		ME	MW	SE	Median	Min.	Max.
Humusbedarf	öko Betriebe	kg Hu-C·ha ⁻¹	-490	29	-547	-661	-247
	konv Betriebe	kg Hu-C·ha ⁻¹	-567	41	-520	-962	-310
	Gesamt	kg Hu-C·ha ⁻¹	528	26	-535	-962	-247
Humusersatzleistung	öko Betriebe	kg Hu-C·ha ⁻¹	567	42	576	215	989
	konv Betriebe	kg Hu-C·ha ⁻¹	481	42	459	125	960
	Gesamt	kg Hu-C·ha ⁻¹	524	30	523	125	989
Humusmehrerleistung ^a	öko Betriebe	kg Hu-C·ha ⁻¹	203	28	185	34	511
	konv Betriebe	kg Hu-C·ha ⁻¹	51	10	39	0	129
	Gesamt	kg Hu-C·ha ⁻¹	127	19	108	0	511
Humussaldo	öko Betriebe	kg Hu-C·ha ⁻¹	78	54	70	-353	700
	konv Betriebe	kg Hu-C·ha ⁻¹	-86	56	-83	-502	383
	Gesamt	kg Hu-C·ha ⁻¹	-4	40	1	-502	700

^a Humusmehrerleistung: Zufuhr von Humus-C durch humusmehrende Kulturen (z.B. Leguminosen, Futterpflanzen)

Die Boxplots in der nachfolgende Abbildung 4.2-4 verdeutlichen dabei die große Streuung der Humussalden, aufgrund derer die Unterschiede zwischen den Bewirtschaftungsformen (ökologisch – konventionell) nicht signifikant sind (Mann-Whitney-U-Test; $\alpha = 0,05$). Allerdings ist die Humusmehrleistung der ökologischen Betriebe signifikant höher als diejenige der konventionell wirtschaftenden Betriebe.

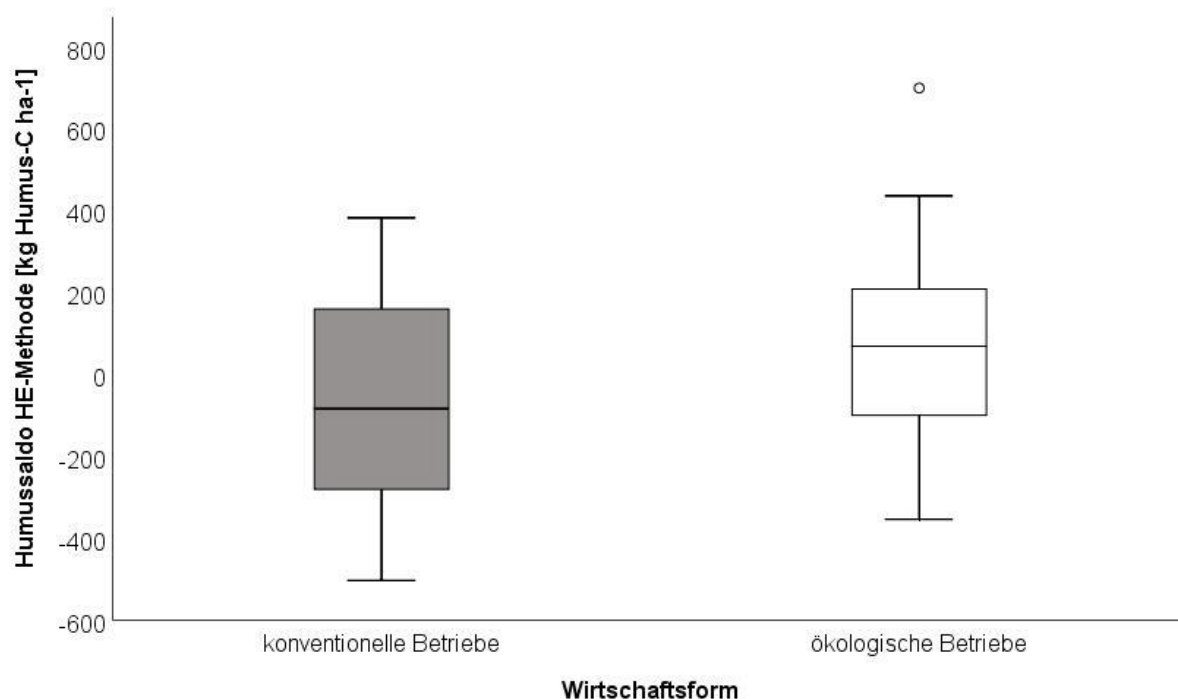


Abbildung 4.2-4: Boxplots des Humussaldos (HE-Methode) der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER.

Stickstoffhaushalt

Beim Stickstoffmanagement gibt es einen grundsätzlichen Unterschied zwischen beiden Wirtschaftsformen. Im Mittel liegt die N-Zufuhr (incl. N-Deposition und Saatgut) bei den konventionellen Ackerflächen mit 246 kg ha⁻¹ signifikant über der N-Zufuhr der ökologisch bewirtschafteten Flächen mit 171 kg ha⁻¹. Dabei unterscheiden sich auch der N-Entzug und der N-Saldo (mit ΔN_{org} Boden) signifikant zwischen den konventionellen und ökologisch wirtschaftenden Betrieben (vgl. Tabelle). Dies erklärt sich einerseits durch die niedrigere Ertragsleistung auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen und zum anderen dadurch, dass der Humussaldo der ökologisch bewirtschafteten Flächen im Mittel höher ist als bei den konventionellen Betrieben. Durch die höhere N-Bindung im Boden aufgrund des positiven Humussaldos bei den ökologischen Flächen ist der N-Saldo mit im Mittel 29 kg ha⁻¹ signifikant niedriger als bei den konventionellen Flächen mit im Mittel 64 kg ha⁻¹.

Wird die durch den Humussaldo verursachte Änderung des Stickstoffs im Bodenpool (ΔN_{org} Boden) bei der Berechnung des N-Saldos dagegen nicht berücksichtigt, ist der Unterschied im N-Saldo zwischen den ökologischen und konventionellen Betrieben nicht mehr signifikant. Auch die Stickstoffzufuhr durch organische Düngung und die N-Verwertung unterscheiden sich nicht signifikant zwischen den Bewirtschaftungsformen.

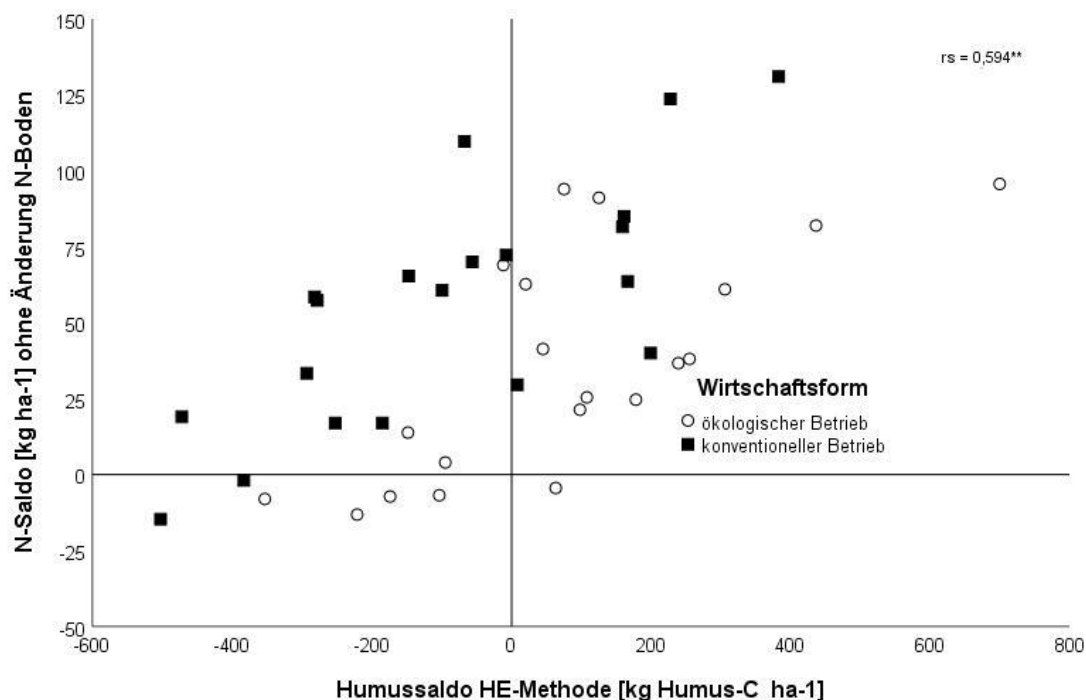
Tabelle 4.2-9: Mittelwertvergleiche der Parameter des Stickstoffhaushaltes der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER (einfaktorielle ANOVA²; F-Test)

Parameter	ME	ökologisch	konventionell	Signifikanz	ETA ²
N-Input	kg N ha ⁻¹	170,6	245,5	0,000**	0,283
N-Entzug	kg N ha ⁻¹	134,5	189,5	0,000**	0,379
Symbiont N ₂ -Fixierung	kg N ha ⁻¹	56,0	5,1	0,000**	0,614
Zufuhr org. Düngung	kg N ha ⁻¹	55,9	69,2	0,359 n.s.	0,022
N-Saldo (ohne Δ N _{org})	kg N ha ⁻¹	36,1	55,9	0,109 n.s.	0,066
N-Saldo (mit Δ N _{org})	kg N ha ⁻¹	28,7	64,1	0,000**	0,320
N-Verwertung [%]	%	84,3	79,0	0,281 n.s.	0,031

** signifikant bei p < 0,01

* signifikant bei p < 0,05

Wie Abbildung 4.2-5 zeigt, gibt es nur einen schwachen Zusammenhang zwischen dem Humussaldo nach der HE-Methode und dem N-Saldo (ohne Δ N_{org}-Boden). Tendenziell haben Betriebe mit einem höheren Humussaldo auch einen höheren N-Saldo, die Korrelation ist jedoch nicht eng. Erkennbar ist, dass die Öko-Betriebe eher unter der Korrelationsgeraden liegen, da sie meist niedrigere N-Salden aufweisen.

**Abbildung 4.2-5:** Korrelation zwischen dem Humussaldo (HE-Methode) und dem N-Saldo (Spearman'scher Korrelationskoeffizient $r_s = 0,594^{**}$; 2-seitig signifikant bei $p = 0,01$).

² ETA ist der Schätzer für die Effektgröße zwischen der abhängigen Variablen (Parameter N-Haushalt) und der unabhängigen Variablen (Bewirtschaftungsform). Die partiellen Eta²-Werte geben an, wie hoch der bereinigte Varianz-Erklärungsanteil ist. Das Korrelationsverhältnis Eta² gibt somit den Anteil der Varianz der abhängigen Variablen an, der durch die unabhängige Variable (Bewirtschaftungsform) aufgeklärt wird (Eta = 0 → kein Zusammenhang; Eta = 1 → starker Zusammenhang)

Die symbiontische N_2 -Fixierung durch Leguminosen spielt auf den Ackerflächen bei den konventionellen Betrieben mit im Mittel 5 kg ha^{-1} keine nennenswerte Rolle, während sie bei den Öko-Betrieben mit etwa 56 kg ha^{-1} ungefähr denselben Anteil erreicht wie die N-Zufuhr durch organische Dünger. Die N-Zufuhr der konventionellen Betriebe wird dagegen mit 121 kg ha^{-1} vor allem aus mineralischen Düngern gedeckt, also zu etwa 49 %.

Den größten Einfluss auf die Höhe des N-Saldos hat die N-Zufuhr (Spearman'scher Korrelationskoeffizient $r_s = 0,775$), während der N-Entzug den N-Saldo wesentlich schwächer beeinflusst ($r_s = 0,409$) (vgl. Tabelle 4.2-10). Dies bedeutet, dass ein aus Gründen des Umwelt- und Gewässerschutzes erwünschter niedriger N-Saldo eher durch die Verringerung der N-Zufuhr (N-Düngung) als durch die Erhöhung der N-Entzüge (Ertrag) erreicht werden kann.

Tabelle 4.2-10: Spearman'sche Korrelationskoeffizienten (r_s) zwischen N-Saldo und N-Zufuhr, sowie N-Entzug

Parameter	N-Zufuhr	N-Entzug
N-Saldo (ohne ΔN_{org} Boden)	0,775**	0,409**
N-Saldo (mit ΔN_{org} Boden)	0,756**	0,506**

** signifikant bei $p < 0,01$

Abbildung 4.2-6 zeigt grafisch den Zusammenhang zwischen der N-Zufuhr und dem N-Saldo (ohne ΔN_{org} Boden), wobei deutliche Unterschiede zwischen den Wirtschaftsformen zu erkennen sind. Während die ökologisch wirtschaftenden Betriebe niedrigere N-Zufuhren und dementsprechend geringere N-Salden aufweisen, führt die höhere N-Zufuhr bei den konventionellen Betrieben auch zu deutlich höheren N-Salden auf der Ackerfläche.

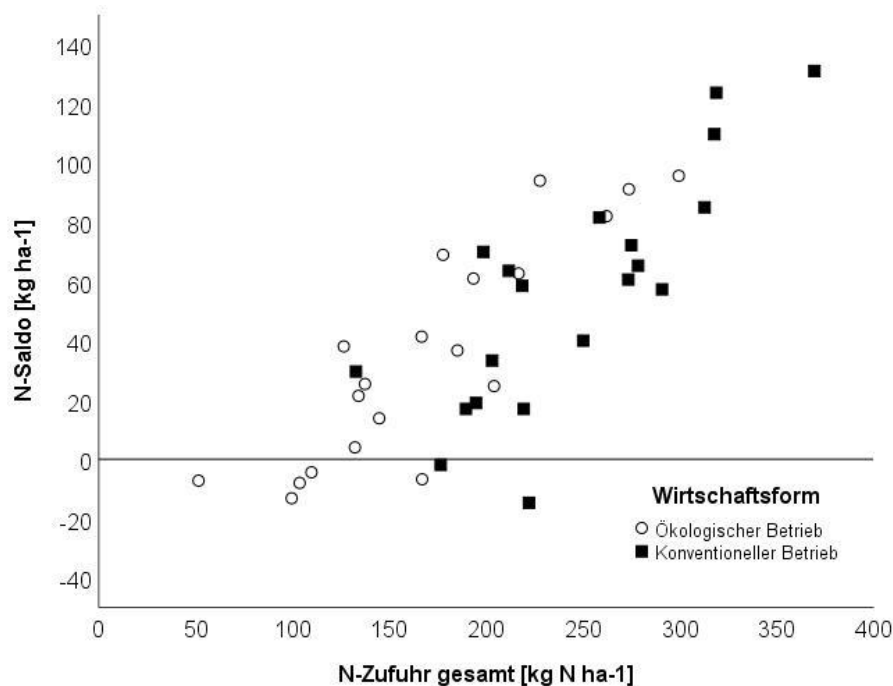


Abbildung 4.2-6: Zusammenhang zwischen der N-Zufuhr und dem N-Saldo (ohne ΔN_{org} Boden) der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER.

Energiebilanz

Bezüglich der Energiebilanz gibt es deutliche Unterschiede zwischen den konventionellen und ökologisch wirtschaftenden Betrieben. Die konventionellen Betriebe haben eine 1,5-fach höhere Energiebindung und einen doppelt so hohen Energieertrag wie die ökologischen Betriebe und erzielen damit einen entsprechend höheren Netto-Energie-Output (vgl. Tabelle 4.2-11).

Der höhere Energie-Input der konventionellen Betriebe aufgrund des Einsatzes von Dünger- und Pflanzenschutzmitteln wirkt sich in damit korrespondierenden höheren Trockenmasseerträgen und einem höheren Energieertrag aus. Mittelwertvergleiche mit dem Mann-Whitney-U-Test bestätigen, dass die Differenzen zwischen den Wirtschaftsformen für die Energiebindung, den Energieertrag, den Energie-Input und den Netto-Energie-Output hoch signifikant sind. Allerdings gibt es beim Bezug der Ergebnisse auf die Produkteinheit bei der Energieintensität mit ca. 172 GJ dt⁻¹ erzeugter Trockenmasse (TM) und bei der Energieeffizienz (konv: 12,2; öko: 11,6) keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Wirtschaftsformen. Dies belegt, dass es zwar große Unterschiede in der flächenbezogenen Energiebilanz zwischen den konventionellen und ökologischen Betrieben gibt, bezogen auf die Produkteinheit beide Wirtschaftsformen jedoch gleich energieintensiv sind und es produktbezogen keine Unterschiede hinsichtlich der Energieeffizienz gibt.

Tabelle 4.2-11: Kennwerte der Energiebilanz der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER

Parameter		ME	MW	SE	Median	Min.	Max.
Energiebindung	öko Betriebe	GJ ha ⁻¹	96	7	86	36	147
HP+NP	konv Betriebe	GJ ha ⁻¹	168**	11	179	63	270
Energieertrag (Abfuhr)	öko Betriebe	GJ ha ⁻¹	40	2	39	20	62
HP+NP	konv Betriebe	GJ ha ⁻¹	83**	5	86	35	135
Energie-Input (Ges.)	öko Betriebe	GJ ha ⁻¹	9	1	9	4	13
	konv Betriebe	GJ ha ⁻¹	14**	1	13	55	256
Netto-Energie-Output	öko Betriebe	GJ ha ⁻¹	88	7	76	32	137
	konv Betriebe	GJ ha ⁻¹	154**	11	159	55	256
Energieintensität	öko Betriebe	MJ dt ⁻¹ TM	172	10	165	103	277
	konv Betriebe	MJ dt ⁻¹ TM	172 n.s.	13	172	99	274
Energieeffizienz	öko Betriebe		12 n.s.	1	11	7	18
(Output/Input-Verhältnis)	konv Betriebe		12 n.s.	1	11	7	19

Mittelwertvergleiche mit Mann-Whitney-U-Test

** signifikant bei $p < 0,01$

Abbildung 4.2-7 verdeutlicht, dass sich die ökologisch wirtschaftenden Betriebe bezüglich des flächenbezogenen Energie-Inputs und des Netto-Energie-Outputs als Low-Input-Systeme deutlich von den konventionell wirtschaftenden Betrieben als High-Input-Systeme abgrenzen. Die Systemgrenze liegt ungefähr bei einem Energie-Input von 12 GJ ha⁻¹. Allerdings gibt es auch hierbei eine große Streuung der Werte bei beiden Wirtschaftsformen, wie beispielhaft die Boxplots des Netto-Energie-Outputs in Abbildung 4.2-8 zeigen.

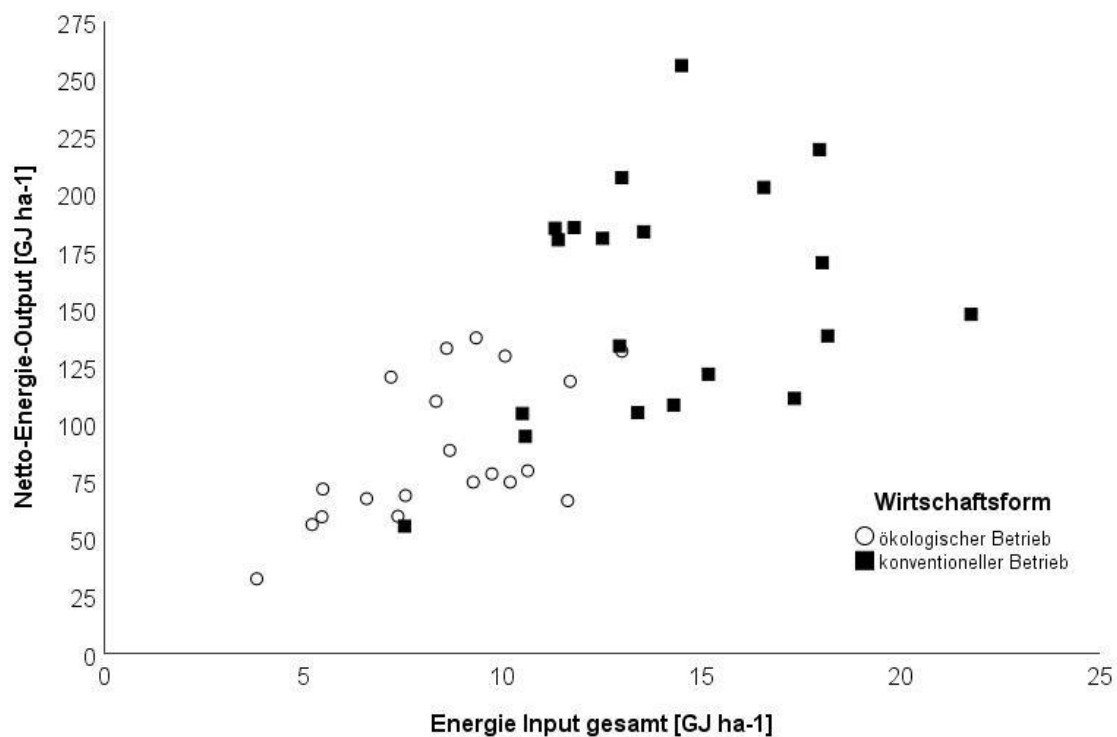


Abbildung 4.2-7: Beziehung zwischen Energie-Input und Netto-Energie-Output der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER.

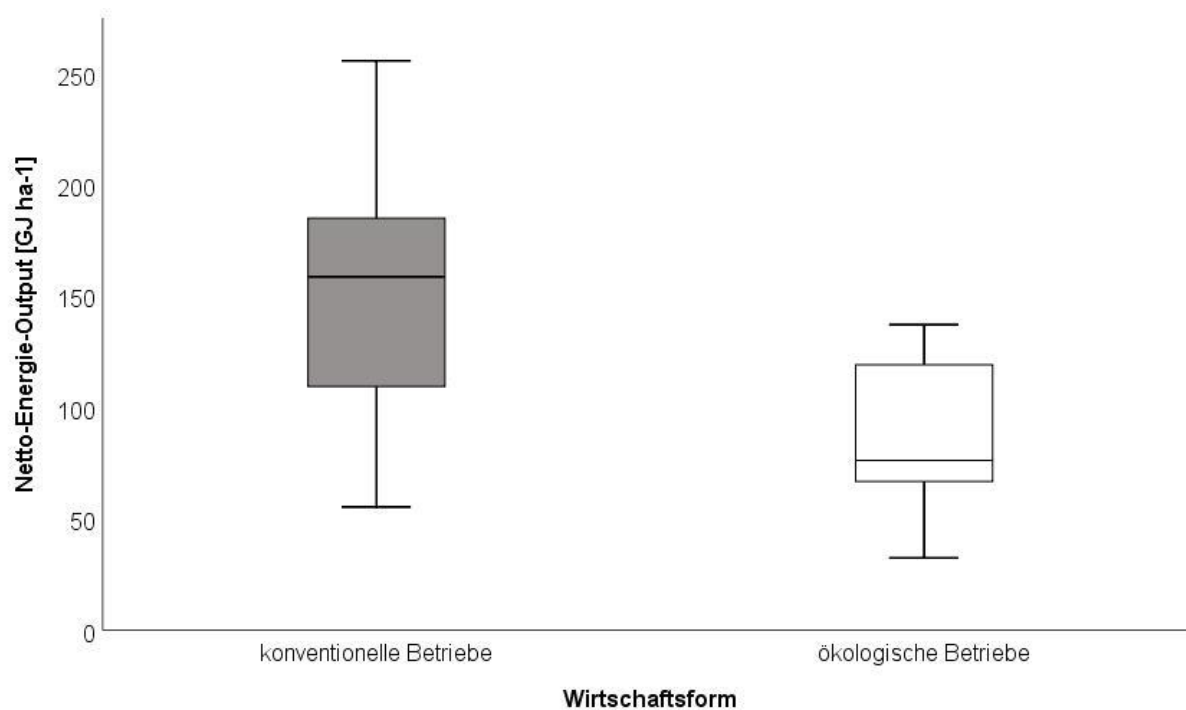


Abbildung 4.2-8: Boxplots des Netto-Energie-Outputs [GJ ha⁻¹] der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER.

Korrelationsanalysen ergeben, dass der Netto-Energie-Output sehr eng mit der Energiebindung und weniger stark mit den anderen Energiebilanzkennwerten korreliert. Dabei weist der Netto-Energie-Output (entspricht dem Energiegewinn der Pflanzenproduktion nach Abzug des Energieeinsatzes) einen schwach negativen Zusammenhang zur Humusbilanz und einen mittleren positiven mit der N-Zufuhr auf. Dies bedeutet, dass mit steigender N-Zufuhr (und geringerem Humussaldo) höhere Erträge und damit eine größere Energiebindung ermöglicht werden und dadurch der Netto-Energie-Output ansteigt. Eine signifikante, wenn auch nur schwache Korrelation des Netto-Energie-Outputs mit dem N-Saldo ergibt sich aber nur dann, wenn die Änderungen im Stickstoffbodenvorrat (ΔN_{org} -Boden) beim N-Saldo berücksichtigt werden.

Tabelle 4.2-12: Ausgewählte Spearman'sche Korrelationskoeffizienten (r_s) zwischen Parametern des Energie-, Humus- und Stickstoffhaushaltes der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER

Parameter	ME	Netto-Energie-Output	Energieintensität
Energie-Input	GJ ha ⁻¹	0,724**	0,152 n.s.
Energie-Ertrag	GJ ha ⁻¹	0,889**	-0,208 n.s.
Energiebindung	GJ ha ⁻¹	0,997**	-0,493**
Humussaldo (HE-Methode)	kg Hu-C ha ⁻¹	-0,347*	
N-Zufuhr	kg N ha ⁻¹	0,613**	
N-Saldo (mit ΔN_{org})	kg N ha ⁻¹	0,482**	
N-Saldo (ohne ΔN_{org})	kg N ha ⁻¹	0,148 n.s.	

** signifikant bei $p < 0,01$ * signifikant bei $p < 0,05$

Die konventionell bewirtschafteten Betriebe des HUNTER-Referenzdatensatz haben aufgrund des höheren Energieinputs auch einen höheren Energieertrag und damit eine höhere Energiebindung, die vor allem mit der höheren N-Zufuhr korrespondiert, als die ökologischen Betriebe. Aufgrund der höheren Erträge wird auch ein größerer Netto-Energie-Output als bei den ökologisch bewirtschafteten Betrieben erzielt. Bezogen auf die Produkteinheit ist die Energieintensität und Energieeffizienz zwischen beiden Wirtschaftsformen jedoch annähernd gleich.

Treibhausgasbilanz

Durch die Treibhausgasbilanzen werden die Ergebnisse der vorangegangenen Humus-, Nährstoff- und Energiebilanzen im Hinblick auf die Klimawirkung integriert. Aufgrund der höheren N-Zufuhr und des größeren Energie-Inputs sind die auch THG-Emissionen der konventionellen Betriebe entsprechend höher als bei den ökologisch wirtschaftenden Betrieben. Die ökologischen Betriebe haben im Mittel höhere Humussalden (siehe Tabelle 4.2-12) als die konventionellen Betriebe und binden daher mehr Kohlenstoff im Boden, auch wenn im Systemvergleich aufgrund der großen Streuung der Werte die Differenzen im Humussaldo nicht signifikant sind. Analog sind daher auch die THG-Emissionen durch die Humusänderungen (C-Sequestrierung) bei den ökologischen Betrieben deutlich niedriger als bei den konventionell

wirtschaftenden Referenzbetrieben. Die konkreten Zahlen der THG-Bilanzierung sind aufgrund der unterschiedlichen Methodik zwischen HUNTER und REPRO nicht direkt vergleichbar und werden hier aufgrund der zum Teil großen Spreizung der Werte nicht dargestellt.

4.2.3.3 Systemvergleich des Produktionsverfahren Winterweizen der ökologischen und konventionellen Referenzbetriebe

Wie in der Kulturartenverteilung dargestellt (Kapitel 4.2.3.1), unterscheiden sich die Anbaustruktur und die Fruchtfolgen zwischen den Wirtschaftsformen ökologisch und konventionell erheblich. Die vorstehenden Ergebnisse werden dementsprechend von dieser unterschiedlichen Anbaustruktur geprägt. Deshalb soll ergänzend der Winterweizen genauer betrachtet werden.

Von den 40 Betrieben des HUNTER-Referenzdatensatzes bauten in den betroffenen Jahren insgesamt 34 Betriebe Winterweizen (18 konventionelle, 16 ökologische) in insgesamt 85 bilanzierten Einzeljahren an. Damit bauten die konventionellen Betriebe in 89 % aller Einzeljahre Winterweizen an, die ökologischen Betriebe in ca. 60 %. Winterweizen ist somit die am häufigsten angebaute Fruchtart der Betriebe im Netzwerk der Pilotbetriebe.

In Tabelle 4.2-13 sind ausgewählte Nachhaltigkeitsparameter aus dem Referenzdatensatz zusammengestellt. Bei nahezu allen Indikatoren gibt es deutliche Unterschiede zwischen dem ökologisch und dem konventionell erzeugten Weizen. Der Humussaldo der ökologisch bestellten Weizenflächen ist negativ. Der Weizen steht in der Regel nach einer humusmehrenden Frucht, im ökologischen Landbau besonders nach Leguminosen (vor allem Klee gras). Dies erklärt auch, warum die Stickstoffausnutzung, dargestellt als N-Verwertungsrate beim ökologisch angebauten Winterweizen bei über 100 % liegt. Bezüglich der Stickstoffdüngung setzen ökologische wirtschaftende Betriebe wesentlich weniger Stickstoff ein (78 kg ha⁻¹ gegenüber 236 kg ha⁻¹, incl. 20 kg ha⁻¹ N-Immission), erzielen auch dementsprechend geringere Erträge (97 GJ ha⁻¹ vs. 159 GJ ha⁻¹).

Tabelle 4.2-13: Ausgewählte Parameter für Winterweizen der Betriebe des Referenzdatensatzes HUNTER

Parameter	ME	ökologisch	konventionell
Bilanzierte Einzeljahre	Anz.	37	48
Humussaldo (HE-Methode)	kg Hu-C ha ⁻¹	-464	-142
N-Zufuhr	kg N ha ⁻¹	78	236
N-Zufuhr (organische Dünger)	kg N ha ⁻¹	64	62
N-Saldo	kg N ha ⁻¹	-4	44
N-Verwertung	%	155	86
P-Saldo	kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	-5	-38
Energie-Input	GJ ha ⁻¹	8	14
Netto-Energie-Output	GJ ha ⁻¹	97	159

Der Vergleich am Beispiel Winterweizen zeigt, dass die Verhältnisse in der Intensität der Bewirtschaftung zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben auch auf Kulturartenebene wiederzufinden sind. Allerdings ist bei dieser ausschnittswisen Betrachtung einer einzelnen Kultur der Vorfruchteffekt nicht darstellbar, und sollte auf den ökologischen Betrieben durch den vorherigen Anbau von Futterleguminosen in der Praxis zu höheren N-Zuflüssen für den Weizen sorgen. Dennoch spiegelt Tabelle 4.2-13 gut wider, dass der Input an Stickstoff und Energie für die Weizenproduktion auf konventionellen Betrieben höher ist.

Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem Referenzdatensatz

Die angebauten Kulturarten unterscheiden sich zwischen den ökologisch und den konventionell bewirtschafteten Betrieben deutlich, der Weizenanteil an der Ackerfläche beträgt 34 % (konventionell) bzw. 19 % (ökologisch).

Bei der Humusbilanz (HE-Methode) weisen die konventionellen Betriebe mit ca. $-86 \text{ kg Hu-C ha}^{-1}$ im Mittel einen leicht negativen Saldo auf, die ökologischen Betriebe einen leicht positiven Saldo (ca. $78 \text{ kg Hu-C ha}^{-1}$). Beim N-Saldo ist der Unterschied mit 36 kg ha^{-1} (öko Betriebe) zu 56 kg ha^{-1} (für konv. Betrieben) nicht signifikant.

Die Energiebilanzen zeigen, dass die konventionellen Betriebe einen signifikant höheren Input und Ertrag je ha erzielen. Beide Parameter korrelieren mit der Höhe des N-Inputs. Es lässt sich eine systemische Grenze bei einem Input von etwa 12 GJ ha^{-1} erkennen: die ökologisch wirtschaftenden Betriebe liegen eher darunter, die konventionellen Betriebe darüber. Beim Energieeinsatz je erzeugter Produkteinheit (Energieintensität) gibt es dagegen zwischen den Bewirtschaftungsformen keinen signifikanten Unterschied. Bei der THG-Bilanzierung sind die Emissionen der konventionellen Betriebe sowohl flächenbezogen (ha) als auch produktbezogen signifikant höher.

Zu beachten ist, dass die Ergebnisse aller 40 Betriebe insgesamt eine sehr große Streubreite aufweisen und es somit für mehrere Parameter zwar unterschiedliche Mittelwerte gibt, die aber nicht immer signifikant sind. Der Referenzdatensatz zeigt, dass die grundsätzlichen Aussagen für die Unterschiede der Betriebssysteme, die im Kapitel 4.1 dargestellt wurden, auch mit dem HUNTER gefunden werden.

Anwendungsbeispiele

Die ersten Entwicklungen von HUNTER gab es ab 2016, im Sommer 2018 stand dann das komplette und funktionsfähige HUNTER-Tool zur Verfügung. Eingesetzt wurde es bisher unter anderem zu folgenden Zwecken:

1. Parallele Berechnung von Pilotbetrieben: Mehrere Pilotbetriebe wurden (zusammen mit den REPRO) berechnet und die Ergebnisse dann in gemeinsamen Sitzungen und Kleingruppen mit den Betrieben besprochen.

2. Modellierung einer Fruchtfolge-Anpassung: Auf Wunsch vom einigen Betriebsleitern von Pilotbetriebe, wurden Änderungen in der Fruchtfolge und Bewirtschaftung bilanziert. Hierfür wurden bestehende HUNTER-Dateien in die vom Betriebsleiter geplanten Varianten und Szenarien umgewandelt, sodass die möglichen Veränderungen sofort sichtbar und nachvollziehbar waren.
3. Schlagvergleich in der Gewässerschutz-Beratung: Zwei benachbarte Schläge zweier Landwirte, einer konventionell, einer ökologisch wirtschaftend, die seit längerer Zeit intensiv zur gewässerschonenden Bewirtschaftung beraten werden, wurden für 7 Jahre bilanziert. Die entscheidenden Unterschiede bei der Energie- und THG-Bilanz beruhen, wie auch im Referenzdatensatz, auf den höheren Inputs des konventionellen Betriebes. Die grundsätzlichen Aussagen und Tendenzen, die aus dem Netzwerk Pilotbetriebe bekannt sind, wurden auch hier vorgefunden.
4. Gesamtbilanzierung eines Wasserschutzgebiets: 2019 wurde die Bilanzierung der Ackerflächen (25,8 ha) eines Wasserschutzgebietes von 4 Betrieben über 3 Jahre mit HUNTER durchgeführt. Die Ergebnisse ermöglichten eine detailliertere Betrachtung von Einzelflächen für die Gewässerschutzberatung und ferner eine Gesamtaussage zu Nährstoffinputs in das WSG. In der Tabelle 4.2-14 sind die N-Salden der Flächen im Wasserschutzgebiet dargestellt.
5. Abschlussarbeiten zur Betriebsbilanzierung: HUNTER findet Verwendung an mehreren Hochschulen zu verschiedenen Fragestellungen. Die Schwerpunkte der Abschlussarbeiten liegen meist im Bereich der THG-Emissionen und der Humusbilanzierung.

Tabelle 4.2-14: N-Bilanz aus HUNTER in einem hessischen Wasserschutzgebiet (4 Betriebe, 25,8 ha)

Kennzahl	ME	2016	2017	2018	MW
N-Entzug	kg N ha ⁻¹	119	209	139	156
N-Zufuhr	kg N ha ⁻¹	158	201	167	176
N-Immission u. Saatgut	kg N ha ⁻¹	24	24	24	24
Mineraldünger	kg N ha ⁻¹	55	4	59	39
N ₂ -Fixierung	kg N ha ⁻¹	13	29	5	15
Organische Dünger	kg N ha ⁻¹	44	80	65	63
Stroh- und Gründüngung	kg N ha ⁻¹	23	64	14	34
N-Saldo	kg N ha ⁻¹	39	-8	28	19

4.2.4 Weiterentwicklungen und Anwendungsmöglichkeiten von HUNTER

Das HUNTER-Tool wird um weitere Kulturen ergänzt. Zudem ist die Bilanzierung der Nährstoffe Magnesium, Calcium und Schwefel bereits angelegt; hier bedarf es jedoch noch der Ergänzung und Vervollständigung des benötigten Datensatzes.

Für den HUNTER existiert eine einfache Datenbanklösung, über die das Auslesen einzelner HUNTER-Dateien möglich ist. Somit können viele Datensätze abgespeichert werden und mit anderen Programmen

ausgewertet werden. Die Datenbank muss hierzu bei den Entwicklern angefordert werden und wird dann kostenlos zur Verfügung gestellt.

Für die Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau (LLG) in Sachsen-Anhalt wurde ein modifiziertes HUNTER-Tool erarbeitet. In diesem können 5 Jahre jahresübergreifend und 3 explizite Fruchtfolgen berechnet und ausgewertet werden. Darüber hinaus verfügt der HUNTER über eine regionale Anpassung zur Bewertung der Bilanzüberschüsse. Das heißt, je nach Standort oder Boden-Klima-Raum, können die berechneten Bilanzergebnisse (z.B. der Stickstoffsaldo, der Phosphat-Saldo, etc.) mit unterschiedlichen Bewertungsfunktionen verknüpft werden. Diese Bewertungen sind dann im modifizierten Netzdiagramm ablesbar.

4.2.5 Diskussion und Schlussfolgerungen

HUNTER war auf zahlreichen Betrieben und bei vielen verschiedenen Anwendungsfällen im Einsatz und hat seine Praxistauglichkeit bewiesen. Die Ergebnisse des Referenzdatensatzes passen in ihren Aussagen zu den Ergebnissen, die in der ausführlichen Bilanzierung nach REPRO durchgeführt wurden. Einzige Ausnahme ist die THG-Bilanz, bei der aufgrund der unterschiedlichen Methodik und Berechnungsansätze größere Differenzen zu den REPRO Berechnungen auftreten.

Die größten Unsicherheiten bei der Datenverarbeitung im HUNTER liegen wie bei allen Bilanzierungen im Pflanzenbau in der Genauigkeit der Ertragserfassung. Insbesondere die Grünfüttererträge sind für viele Betriebe schwer abzuschätzen und werden nur selten per Waage bzw. Analyse und Ertragsmessung erfasst. Dadurch ergibt sich eine erhebliche Unsicherheit, insbesondere bei der Betrachtung der Produkteinheit (Input je erzeugter Einheit). Es gilt der Grundsatz, der auch den beteiligten Pilotbetrieben entsprechend mitgeteilt wurde: je genauer und differenzierter die Datenlage, desto zuverlässiger und aussagekräftiger sind auch die Ergebnisse.

Was die Verständlichkeit und intuitive Bedienbarkeit des Tools HUNTER betrifft, so muss aufgrund der noch nicht so stark in der Beratung und öffentlichen Wahrnehmung verbreiteten Themenfelder Humus, Energie und THG davon ausgegangen werden, dass eine ungeschulte Arbeit mit dem Tool für Einsteiger und Laien nicht komplikationsfrei gelingen wird. So ist zum Beispiel die Interpretation der Ergebnisse in diesen Themenfeldern nicht ohne Vorkenntnisse, beispielsweise durch eine Schulung oder erweiterter Literatureinblicke, möglich. So ist vermutlich den meisten Landwirten und Pflanzenbauberatern die Einheit „GJ ha⁻¹“ im landwirtschaftlichen Zusammenhang kaum geläufig. Eine vorherige Einarbeitung in die Thematik ist also für die erfolgreiche und zielführende Bedienung und Nutzung von HUNTER unbedingt erforderlich und wird von den Erstellern empfohlen.

4.2.6 Literatur

Arbeitsgruppe BEK (2016) Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft. Hg. vom Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL). Arbeitsgruppe BEK

Brock C (2009) Humusdynamik und Humusreproduktion in Ackerbausystemen und deren Bewertung mit Hilfe von Humusindikatoren und Humusbilanzmethoden. 1. Aufl. Berlin: Köster Berlin

Brock C, Franko U, Oberholzer H-R, Kuka K, Leithold G, Kolbe H, Reinhold J (2013) Humus balancing in Central Europe-concepts, state of the art, and further challenges. J. Plant Nutr. Soil Sci. 176:3-11. DOI: 10.1002/jpln.201200137

Brock C, Hoyer U, Leithold G, Hülsbergen K-J (2008) Entwicklung einer praxisanwendbaren Methode der Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖL), zuletzt geprüft am 07.08.2016

Brock C, Hoyer U, Leithold G, Hülsbergen K-J (2012) The humus balance model (HU-MOD): a simple tool for the assessment of management change impact on soil organic matter levels in arable soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems 92:239-254

Frank H, Braun M, Plagge J, Fisel T (2013) Entwicklung eines Beratungsansatzes und eines Instruments zur Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsberatung landwirtschaftlicher Betriebe. In: Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 333-350. Thünen Rep 8, DOI:10.3220/ REP_8_2013

Hülsbergen K-J (2003) Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Aachen: Shaker (Berichte aus der Agrarwissenschaft)

Kolbe H (2010) Site-adjusted organic matter-balances method for use in arable farming systems. J. Plant Nutr. Soil Sci. 173:678–691

Kolbe H (2012) Bilanzierungsmethoden und Versorgungsniveau für Humus. Hg. v. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG). Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) (LfULG-Schriftenreihe Heft, 19/2012), zuletzt geprüft am 07.08.2016

Kolbe H, Zimmer J (2015) Leitfaden zur Humusversorgung. Informationen für Praxis, Beratung und Schulung. Unter Mitarbeit von Beck R, Breuer J, Reinhold J, Barthelmes G, Bauriegel A, Weiser C et al. Hg. v. Landwirtschaft und Geologie (LfULG) Sächsisches Landesamt für Umwelt. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)

Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2020) Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft in Deutschland und Niedersachsen von 1990 bis 2018. Online verfügbar unter: <https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/6/nav/198/article/36194.html>, zuletzt aufgerufen am 19.08.2021

Schmid H, Hülsbergen K-J (2015) Ressourceneffizienz im Pflanzenbau und der Milchviehhaltung – Untersuchungskonzept und erste Ergebnisse. In: Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben, Forschungsergebnisse 2013-2014. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 89-117. Thünen Rep 29, DOI:10.3220/ REP_29_2015

Spork A (2011) Vergleich verschiedener Verfahren der Humusbilanzierung. Bachelorarbeit. Georg-August-Universität, Göttingen. Department für Nutzpflanzenwissenschaften

VDLUFA-Standpunkt (2014) Ebertseder T, Engels C, Heyn J, Reinhold J, Brock C, Fürstenfeld F et al.: Humusbilanzierung. Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerland. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA). Speyer

4.3 Energie- und Treibhausgasbilanzen der Milchviehhaltung

Helmut Frank, Harald Schmid, Kurt-Jürgen Hülsbergen

Zusammenfassung

Die Milchviehhaltung ist ein bedeutender Verursacher von Treibhausgas (THG)-Emissionen. Es gibt zahlreiche wissenschaftliche Studien, in denen THG-Flüsse der Milchviehhaltung analysiert und Maßnahmen zur THG-Minderung geprüft werden, aber nur in wenige wissenschaftliche Arbeiten, in denen alle relevanten THG-Flüsse erfasst werden. Schwer quantifizierbare THG-Flüsse wie die C-Sequestrierung von Böden, die Wirkungen von Landnutzungsänderungen (LUC) oder der Energieinput für Investitionsgüter bleiben meist unberücksichtigt.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Beschreibung und Anwendung eines Modells zur Energie- und Treibhausgasbilanzierung der Milchviehhaltung. Das Modell erlaubt die Bilanzierung aller relevanten Stoff-, Energie- und THG-Flüsse auf Betriebsebene, die Systemanalyse und Ableitung von THG-Minderungsstrategien. Das Modell kam in 18 ökologischen und 18 konventionellen Pilotbetrieben zur Anwendung. Die berechneten CO_{2eq}-Emissionen je kg Energiekorrigierte Milch (ECM) betrugen im Mittel der ökologischen Betriebe (öko) 995 g, im Mittel der konventionellen Betriebe (konv) 1.048 g. Die stoffwechselbedingten Methanemissionen hatten mit 549 g CO_{2eq} (kg ECM)⁻¹ (öko) bzw. 449 g CO_{2eq} (kg ECM)⁻¹ (konv) den größten Anteil (55 % bzw. 43 %) an den Gesamt-THG-Emissionen. Die ökologische Milchviehhaltung führte zu einer C-Bindung durch Humusaufbau, in der konventionellen Milchviehhaltung traten Emissionen durch LUC, verursacht durch den Sojaeinsatz, auf. Der höhere Energieinput der konventionellen Systeme resultiert aus dem Einsatz energieintensiv erzeugter Kraftfuttermittel, dem Mineraldünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatz sowie den Transporten (Importfuttermittel).

Die Untersuchungen zeigen, dass viele sich überlagernde Einflussfaktoren die Treibhausgasemissionen der Milchviehhaltung bestimmen. Die Leistungssteigerung ist eine von mehreren Optimierungsstrategien; sie darf aber nicht zu Lasten der Nutzungsdauer gehen oder einen extrem hohen Kraftfutteraufwand erfordern. Die THG-Minderung in der Milchviehhaltung erfordert aufgrund der Heterogenität der Produktionssysteme betriebsspezifische Optimierungsansätze.

Schlüsselwörter: Energiebilanz, THG-Emissionen, Methanemissionen, Modellierung, Systemansatz, Landnutzungsänderung, Kohlenstoffbindung, Minderungsstrategie

Abstract

Dairy farming is a major source of greenhouse gas (GHG) emissions in agriculture. There are numerous scientific studies analysing GHG flows and testing GHG reduction methods in dairy farming, yet very few scientific papers cover all the relevant GHG flows. GHG flows that are difficult to quantify, such as C sequestration in soils, the effects of land-use change (LUC) or the energy input used to produce capital equipment, are not always considered.

The article describes the application of a model for energy and GHG balances accounting in dairy farming. It contains all relevant nutrient, energy and GHG flows. Furthermore the model includes the emissions from the fodder production (N_2O , CO_2 from soil organic matter), the methane-emissions and the emissions from the storage of manure at farm level. This forms the basis for system analysis and derivation of GHG mitigation strategies.

The model was used on 18 organic and 18 conventional farms in Germany. Calculated $\text{CO}_{2\text{eq}}$ emissions per kg of Energy Corrected Milk (ECM) were 995 g on average for organic farms (org) and 1,048 g on average for conventional farms (con). The largest contribution (55 % respectively 43 %) to total GHG emissions came from enteric methane emissions ($549 \text{ g CO}_{2\text{eq}} (\text{kg ECM})^{-1}$ respectively $449 \text{ g CO}_{2\text{eq}} (\text{kg ECM})^{-1}$). On the organic dairy farms, there was an increase in soil humus and therefore carbon storage and sequestration in soils, whereas the GHG emissions for the conventional farms included CO_2 emissions from LUC due to soybean usage. The higher energy input in the conventional systems resulted from the production of energy-intensive concentrates, mineral fertilisers and pesticides, and transportation (imported feed).

This study shows that there are many factors that influence GHG emissions in dairy farming. An increase in productivity is one of several optimization strategies; however, it must not be at the expense of productive lifetime or require an extremely high amount of concentrates. GHG reduction in dairy farming requires farm-specific optimization approaches due to the heterogeneity of production systems.

Keywords: energy balance, GHG emissions, methane emissions, modelling, system approach, land-use change, carbon sequestration, mitigation strategy

4.3.1 Einleitung

Problemstellung und Forschungsbedarf

Die Milchviehhaltung ist national und global ein bedeutender Verursacher von Treibhausgas (THG)-Emissionen (FAO 2006, UBA 2019) und steht wegen der stoffwechselbedingten Methanemissionen im Fokus der gesellschaftlichen Diskussion über die Klimawirkungen der Nutztierhaltung (Deutscher Bundestag 2016). Es gibt zahlreiche wissenschaftliche Studien, in denen THG-Flüsse der Milchviehhaltung analysiert und Maßnahmen zur THG-Minderung geprüft werden (Thomassen et al., 2008; FAO, 2010; Bell et al., 2011; Hörtenhuber et al., 2011; Vellinga et al., 2011; Zehetmeier et al., 2012; Grandl et al., 2019). Oftmals waren die Untersuchungen auf die Methanemissionen in Abhängigkeit von Fütterung und Milchleistung fokussiert (Kirchgeßner et al., 1991; Jentsch et al., 2007), nur wenige wissenschaftliche Arbeiten haben den Anspruch, alle relevanten THG-Flüsse der Milchviehhaltung zu quantifizieren. Beispielweise wurden der Einfluss der Milchviehhaltung auf die Bodenkohlenstoffvorräte einschließlich der Wirkungen von Landnutzungsänderungen nur in wenige TGH-Bilanzen der Milcherzeugung einbezogen. Obwohl es Modelle zum Einsatz fossiler Energie in der Milchproduktion gibt (vgl. Refsgaard et al., 1998; Kraatz, 2008), gingen die mit dem Energieeinsatz verbundenen CO_2 -Emissionen bisher kaum in die THG-Bilanzen der Milchviehhaltung ein.

Aufgrund der systembedingten Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Milchviehhaltung steht die Frage, in welchem System die Milch klimaschonender produziert werden kann. Vergleichsuntersuchungen, die auf die stoffwechselbedingten Methanemissionen fokussiert waren, kamen zu dem Schluss, dass die ökologische Milchviehhaltung aufgrund des niedrigeren Leistungsniveaus höhere produktbezogene THG-Emissionen aufweisen müsste. Allerdings bleiben bei dieser vereinfachten Betrachtung wesentliche Aspekte wie die unterschiedliche Lebensdauer der Kühe, das Futterregime und die Haltungsbedingungen unberücksichtigt. Die Resultate bisheriger Vergleichsuntersuchungen zur THG-Bilanz der ökologischen und konventionellen Milcherzeugung sind z. T. widersprüchlich und inkonsistent; sie lassen noch keine fundierte Bewertung zu (Weckenbrock et al., 2019).

Die für die Milchviehhaltung vorliegenden Energie- und THG-Bilanzen basieren meist auf einer kleinen Zahl von Versuchs- oder Modellbetrieben (u.a. Refsgaard et al., 1998; Cederberg und Mattson, 2000; Haas et al., 2001; Thomassen und de Boer, 2005; Kraatz, 2008) oder sind einzeltierbezogen (Grandl et al., 2019). Eine systematische Untersuchung der THG-Flüsse der Milchviehhaltung in Praxisbetrieben unterschiedlicher Struktur und Produktionsintensität ist bisher nur in Ansätzen realisiert, auch weil hierfür geeignete Modelle fehlen.

Gegenstand und Ziele der Arbeit

In der vorliegenden Arbeit wird ein im Forschungsprojekt Netzwerk der Pilotbetriebe entwickeltes Modell beschrieben, mit dem Energie- und THG-Flüsse der Milchviehhaltung auf betrieblicher Ebene analysiert werden können. Die Modellentwicklung erfolgte auf der Basis des Modells REPRO (Hülsbergen, 2003; Küstermann et al., 2008), welches um eine neue Modellkomponente für die Milchviehhaltung erweitert wurde. Die Systemgrenze der energetischen Analyse ist der landwirtschaftliche Betrieb, der in verschiedene Subsysteme gegliedert ist, die untereinander vernetzt sind und interagieren. Der Fokus liegt dabei auf der konsistenten Modellierung der Stoff- und Energieflüsse des Futterbaus und der Milchviehhaltung. Für die Integration der Milchviehhaltung in das bestehende Modellsystem wurden Algorithmen sowie Energie- und Treibhausgasäquivalente abgeleitet. Zudem wurden innerbetriebliche Allokationsverfahren entwickelt und Inputs bewertet. Für die vollständige Abbildung des Produktionssystems Milch erfolgt eine Bewertung von Zukauffuttermitteln und der Nachzucht von Kühen.

Bei der Modellentwicklung stand das übergeordnete Ziel, alle relevanten, mit der Milcherzeugung in Verbindung stehenden Stoff-, Energie- und THG-Flüsse zu erfassen und in einer Systembetrachtung zusammenzuführen. Das Modell soll gleichermaßen in ökologischen und konventionellen Milchviehbetrieben einsetzbar sein. Es basiert weitgehend auf verfügbaren Betriebsdaten (Ackerschlagkartei, Futterbilanzen, Tierbestandsmanager, Milchleistungsprüfungen) und erfordert daher nur relativ wenig Aufwand zur Datenerfassung in den Betrieben.

Das Modell zur Energie- und THG-Bilanzierung kam in 18 ökologischen und 18 konventionellen Pilotbetrieben mit Milchviehhaltung in vier Agrarregionen Deutschlands zum Einsatz, um die Praxistauglichkeit und Leistungsfähigkeit des Modells zu testen sowie einen Systemvergleich durchzuführen¹. Ein wesent-

¹ Ergebnisse der THG-Bilanzierung der Milchviehhaltung wurden in Frank et al. (2019) veröffentlicht.

liches Ziel war es, die einzelbetriebliche Variabilität der THG-Flüsse in Abhängigkeit von Standortbedingungen, Betriebsstruktur, Fütterung, Milchleistung und weiteren Einflussfaktoren zu analysieren. Die Anwendung des Modells soll zeigen, ob signifikante THG-Minderungen auf betrieblicher Ebene möglich sind, welche Interaktionen und Zielkonflikte auftreten. Es werden Schlussfolgerungen gezogen, ob Klimaschutz-Beratungstools auf der Grundlage des Modells dazu beitragen können, THG-Emissionen in der Praxis wirksam zu reduzieren.

4.3.2 Material und Methoden

Grundlage der Treibhausgasbilanzierung der Milchviehhaltung ist eine Prozessanalyse, die folgende Komponenten und Prozessschritte umfasst: (1) die Futtererzeugung und den Futterzukauf, (2) die Futterlagerung, (3) das Haltungssystem², (4) die stoffwechselbedingten Emissionen, (5) die Milchgewinnung, (6) die Entmistung und Düngerlagerung, (7) die Nachzucht (vgl. Tabelle 4.3-5).

Bei der Energiebilanzierung werden alle relevanten Inputs fossiler Energie der Milchviehhaltung, bezogen auf den Primärenergieeinsatz, erfasst; die Sonnenenergie und die menschliche Arbeit werden in der Prozessanalyse nicht berücksichtigt (Abbildung 4.3-1).

Jeder Prozessschritt wird in einem Modul abgebildet. Die Module bauen aufeinander auf, wobei ein nachfolgendes Modul Eingangsdaten von vorhergehenden Modulen nutzt. Quantifiziert werden die auftretenden CO₂-, CH₄- und N₂O-Flüsse, die in CO₂-Äquivalente³ umgerechnet und produktbezogen ausgewiesen werden (Frank, 2014). In einem weiteren Modul „Allokation“ werden die Ergebnisse zusammengeführt; die Treibhausgasflüsse werden den erzeugten Produkten nach festgelegten Allokationsregeln anhand physikalischer Kenngrößen (bezogen auf den Energieoutput der Produkte) zugeordnet. Die Modellierung der einzelnen Prozessschritte ist bei Frank (2014) detailliert beschrieben.

Im Modell werden folgende THG-Flüsse abgebildet:

- Prozessbedingte Treibhausgasemissionen durch den Einsatz fossiler Energie: Erfasst werden THG-Emissionen aus der Nutzung fossiler Energie im Milchviehbetrieb (direkte Emissionen) und der Erzeugung von Betriebsmitteln und Investitionsgütern (indirekte Emissionen). Grundlage ist eine neuentwickelte Methode zur Energiebilanzierung der Milchviehhaltung (Frank, 2014).
- Landnutzungsbedingte Treibhausgasemissionen: Die Bilanzierung der N₂O-Emissionen erfolgt nach IPCC (2006) in Abhängigkeit von der Stickstoffzufuhr unter Verwendung von Emissionsfaktoren nach Dämmgen et al. (2007). Die CO₂-Emissionen bzw. die CO₂-Sequestrierung durch Humusvorratsänderungen werden auf der Grundlage von Humus- und C-Bilanzen in Abhängigkeit von Standortbedingungen, Kulturpflanzen, Anbauverfahren, Erträgen und Düngung mit dem

² Das „Haltungssystem“ umfasst die Ställe (Gebäude und Installationen, das Einstreu- und Entmistungssystem). Auch der Stroheinsatz im Stallmistverfahren wird zum Haltungssystem gerechnet.

³ Alle Treibhausgasemissionen werden in CO₂ Äquivalente [CO_{2eq}] umgerechnet unter Berücksichtigung des spezifischen Treibhauspotenzials (global warming potential, GWP). Das GWP (mit einer Zeitspanne von 100 Jahren) beträgt CO₂ = 1, CH₄ = 23, N₂O = 296 (IPCC 1997, Küstermann et al 2008).

Modell REPRO berechnet (Hülsbergen, 2003). Treibhausgasemissionen aus der Landnutzungsänderung werden bei Sojaproduktion berücksichtigt (FAO, 2010); diese werden nach Hörtenhuber et al. (2011) je Einheit Sojaextraktionsschrot angesetzt.

- Stoffwechselbedingte Treibhausgasemissionen: Die Methanemissionen der enterogenen Fermentation im Verdauungstrakt von Wiederkäuern werden nach Ellis et al. (2007) anhand der Trockenmasseaufnahme der Rinder berechnet.

Treibhausgasemissionen aus der Wirtschaftsdüngerbehandlung und -lagerung: Für die Berechnung der Emissionen wird Gleichung 10.23 nach IPCC (2006) in angepasster Form verwendet.

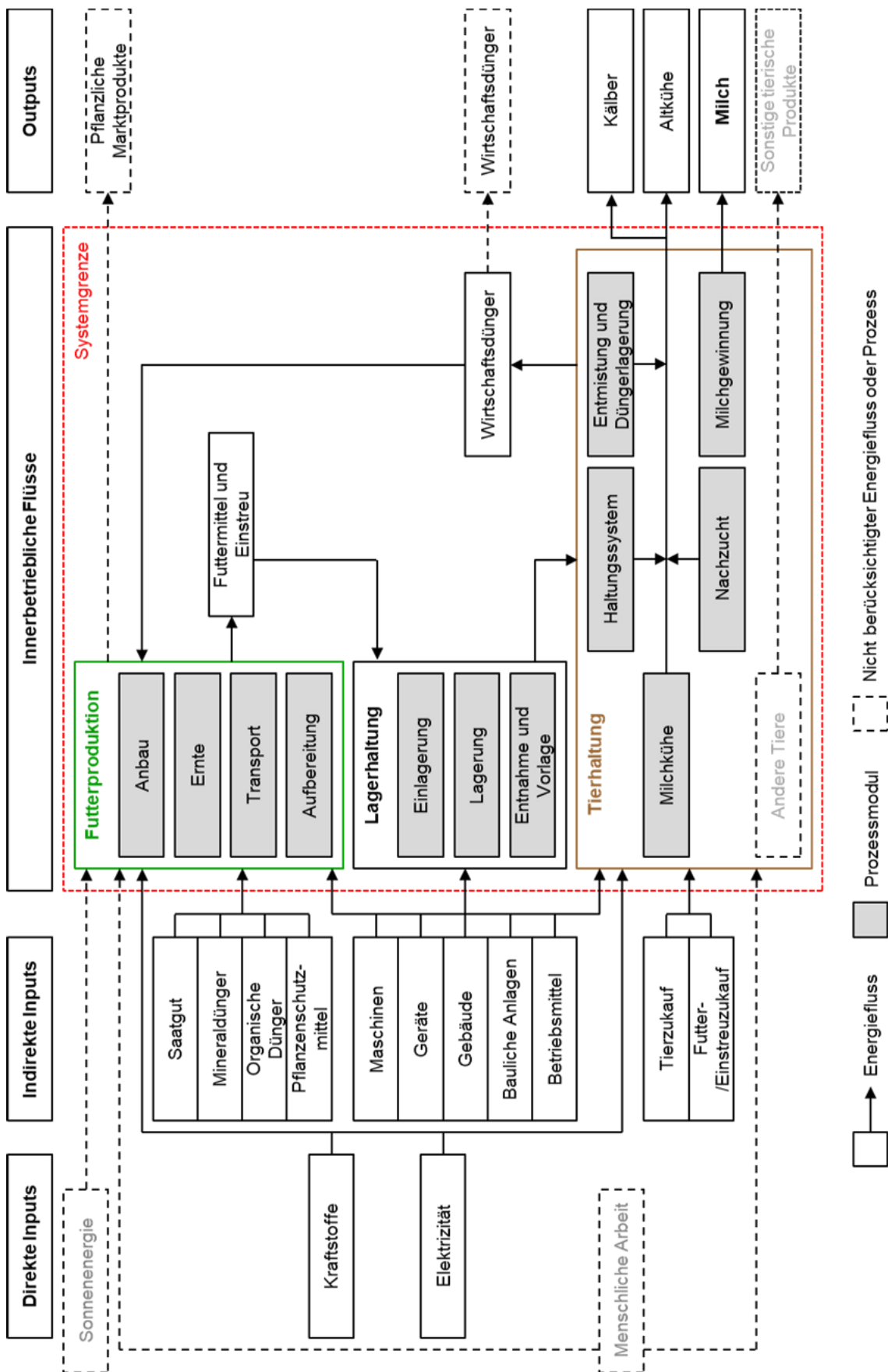


Abbildung 4.3-1: Energiebilanzierungsmodell der Milchviehhaltung: Systemgrenzen, Stoff- und Energieflüsse.

Zur Energiebilanzierung wurden folgende Energieäquivalente verwendet (ausgewählte Inputs, Mittelwerte): Diesel: 39,60 MJ l⁻¹, Biodiesel: 14,10 MJ l⁻¹, Strom: 11,45 MJ kWh⁻¹, Maschinen: 108 MJ kg⁻¹, Saatgut Mais: 14,62 MJ kg⁻¹, Mineral-N-Dünger: 35,30 MJ kg⁻¹, Mineral-P-Dünger: 36,20 MJ kg⁻¹, Herbizide: 259 MJ kg⁻¹, Fungizide: 177 MJ kg⁻¹, Insektizide: 237 MJ kg⁻¹; zur THG-Bilanzierung die THG-Emissionsfaktoren: Diesel: 3,44 kg CO₂eq l⁻¹, Biodiesel: 0,78 kg CO₂eq MJ l⁻¹, Strom: 0,72 kg CO₂eq kWh⁻¹, Maschinen: 7,76 CO₂eq kg⁻¹, Saatgut Mais: 0,91 CO₂eq kg⁻¹, Mineral-N-Dünger: 6,95 CO₂eq kg⁻¹, Mineral-P-Dünger: 0,70 CO₂eq kg⁻¹, Herbizide: 8,33 CO₂eq kg⁻¹, Fungizide: 5,34 CO₂eq kg⁻¹, Insektizide: 10,05 CO₂eq kg⁻¹ (Datenquellen: Kaltschmitt und Reinhardt, 1997; Kalk und Hülsbergen, 1997; Hülsbergen, 2003; Öko-Institut, 2010; Saling und Kölsch, 2008; Frank, 2014).

Zur Quantifizierung der Energieflüsse wurde ein Energiebilanzmodell entwickelt, das auf den methodischen Grundlagen und Konventionen des Modells REPRO (Hülsbergen, 2003; Küstermann et al., 2008) basiert. Ein Landwirtschaftsbetrieb wird demnach in Subsysteme unterteilt, die über Stoff- und Energieflüsse verbunden sind. Im Produktionsprozess ist der Output eines Subsystems der Input des folgenden Subsystems. Bisher war in REPRO nur energetische Analysen des Pflanzenbaus bzw. der betrieblichen Futterzeugung möglich (Hülsbergen et al., 2001); durch die neu entwickelte Methode kann die gesamte Milchviehhaltung abgebildet werden.

Die wichtigsten direkten Energieinputs milchviehhaltender Betriebe sind Kraftstoff und Strom. Der indirekte Energieeinsatz umfasst den Energieeinsatz, der für die Produktion, die Erhaltung und Entsorgung stofflicher Inputs und Investitionsgüter (VDI, 1997) erforderlich ist. Die wichtigsten indirekten Energieinputs sind Maschinen und Geräte, bauliche Anlagen und Betriebsmittel wie Saatgut, Dünge- und Pflanzenschutzmittel sowie der Zukauf von Tieren und Futtermitteln. Die Outputs eines Milchviehbetriebs sind Milch, Altkühe, Kälber und Färsen sowie Wirtschaftsdünger und ggf. pflanzliche Marktprodukte. Die Bewertung der Energieinputs und Outputs erfolgt über Energieäquivalente (Gaillard et al, 1997; Kalk und Hülsbergen, 1997; Hülsbergen et al., 2001). Die verwendeten Energieäquivalente sind dem aktuellen Stand der Technik angepasst.

Das vorgestellte Modell kam in 18 ökologischen und 18 konventionellen Milchviehbetrieben in Süd-, West- und Norddeutschland zur Anwendung. Die Auswahl der Betriebe erfolgte anhand definierter Kriterien (Haupterwerbsbetrieb, Zugehörigkeit zu einer Untersuchungsregion, gute Datendokumentation, Bereitschaft zur aktiven Mitarbeit im Projekt). Dabei liegen stets ein ökologischer und ein konventioneller Betrieb in unmittelbarer Nachbarschaft, so dass von vergleichbaren Boden- und Klimabedingungen ausgegangen werden kann.

Tabelle 4.3-1 zeigt Standort- und Bewirtschaftungsdaten zur Kennzeichnung der Milchviehbetriebe.

Tabelle 4.3-1: Betriebsdaten der untersuchten Pilotbetriebe mit Milchviehhaltung

	Einheit	ökologisch				konventionell				t-Test
		MW	MIN	MAX	SD	MW	MIN	MAX	SD	
Standortbedingungen										
Höhenlage	m	256	3	780	263	258	1	780	262	n.s.
Jahresniederschlag	mm	852	536	1.507	247	854	536	1.507	245	n.s.
Jahrestemperatur	°C	8.5	6.9	10.8	1.0	8.5	6.9	10.8	1.0	n.s.
Bodenzahl		43	21	54	9	48	31	68	10	n.s.
Betriebsstruktur										
Nutzfläche	ha	159	30	1.346	300	144	30	973	222	n.s.
Grünland	% LN	46	5	100	30	43	10	100	30	n.s.
Kleegras	% AF	36	0	81	22	10	0	46	12	*
Mais	% AF	4	0	19	5	24	0	72	20	*
Getreide	% AF	36	0	68	21	40	0	69	22	n.s.
Tierbesatz	GV ha ⁻¹	0.94	0.27	1.56	0.50	1.64	0.74	2.72	0.60	*
Milchviehhaltung										
Milchkühe	Stück	52	19	228	47	87	27	452	103	n.s.
Milchleistung (ECM)	kg a ⁻¹	6.491	4.236	8.840	1.305	8.555	6.273	10.275	1.142	*
Erstkalbealter	Monate	30	27	35	3	29	23	34	3	*
Nutzungsdauer	Monate	41	27	81	14	30	25	38	4	*
Laktationen		3,1	2,0	5,8	1,0	2,2	1,8	2,9	0,3	*
Zwischenkalbezeit	Tage	402	368	464	23	406	367	437	19	n.s.
Futterwirtschaft										
Grobfutter	%	90	77	100	7	71	51	93	11	*
Weidegras	%	26	1	48	15	7	0	34	11	*
Konzentrate	%	10	0	23	7	29	7	49	11	*
Sojaextraktionsschrot	%	0	0	0	0	3	0	9	3	*
Haltungssystem										
Stallung	%	44				17				
Gülle	%	56				83				

* signifikant bei $p \leq 0,05$, t-Test

Mit den Untersuchungsbetrieben wird ein breites Spektrum an Boden- und Klimabedingungen, Betriebsgrößen und Betriebsstrukturen abgebildet. Die mittlere Milchleistung (ECM) der ökologischen Betriebe liegt mit 6491 kg a⁻¹ signifikant niedriger als die der konventionellen Betriebe (8555 kg a⁻¹).

Die ökologische Milchviehhaltung zeichnet sich durch eine längere Nutzungsdauer der Milchkühe aus. Der Weideanteil und der Grobfutteranteil in der Futterration sind deutlich höher als in der konventionellen Milchviehhaltung. Auch im Haltungssystem gibt es Unterschiede, z. B. höhere Anteile an Festmistsystemen und Weidegang für Kühe und Färsen.

4.3.3 Ergebnisse

4.3.3.1 Energiebilanz und Energieeffizienz der Milchviehhaltung

Der produktbezogene Energieinput der ökologischen Milchviehhaltung (im Mittel 2,32 MJ (kg ECM)⁻¹) unterschied sich nicht signifikant vom Energieinput der konventionellen Milchviehhaltung (2,39 MJ (kg ECM)⁻¹), allerdings unterschieden sich die Energieinputs der einzelnen Prozesse deutlich und zum Teil signifikant (Tabelle 4.3-2).

Tabelle 4.3-2: Einsatz fossiler Energie (MJ (kg ECM)⁻¹) in der Milchviehhaltung, differenziert nach Prozessen

Nr. Prozess	ökologisch				konventionell				t-Test
	MW	MIN	MAX	SD	MW	MIN	MAX	SD	
1. Futterproduktion	0,61	0,33	1,04	0,20	0,87	0,67	1,07	0,12	*
1.1 Eigenes Futter	0,52	0,25	1,01	0,19	0,57	0,35	0,96	0,16	*
Grundfutter	0,41	0,12	1,00	0,19	0,44	0,22	0,71	0,13	*
Kraftfutter	0,11	0,00	0,41	0,11	0,13	0,00	0,34	0,11	n.s.
1.2 Futterzukauf	0,09	0,00	0,30	0,08	0,30	0,02	0,56	0,16	*
Grundfutter	0,03	0,00	0,19	0,05	0,00	0,00	0,02	0,01	*
Kraftfutter	0,04	0,00	0,30	0,07	0,28	0,02	0,56	0,15	*
Trinkwasser	0,02	0,01	0,03	0,00	0,02	0,01	0,02	0,00	*
2. Futterlagerung	0,22	0,06	0,88	0,18	0,18	0,11	0,24	0,03	n.s.
3. Haltungssystem	0,32	0,16	0,77	0,17	0,19	0,13	0,37	0,06	*
Stallgebäude	0,11	0,05	0,26	0,04	0,09	0,06	0,12	0,02	*
Einstreu	0,13	0,01	0,59	0,16	0,06	0,00	0,23	0,07	*
Betrieb Stallgebäude	0,05	0,02	0,08	0,02	0,03	0,02	0,04	0,01	*
Weidehaltung	0,03	0,00	0,06	0,02	0,01	0,00	0,04	0,02	*
5. Milchgewinnung	0,72	0,52	0,95	0,08	0,71	0,66	0,76	0,03	n.s.
Melken	0,44	0,39	0,67	0,06	0,42	0,39	0,51	0,03	n.s.
Milchkühlung	0,19	0,00	0,22	0,05	0,20	0,07	0,22	0,03	n.s.
Reinigung	0,09	0,08	0,09	0,00	0,09	0,08	0,09	0,00	n.s.
6. Düngerlagerung	0,13	0,07	0,22	0,04	0,10	0,06	0,14	0,02	*
Entmistung	0,06	0,02	0,11	0,03	0,05	0,00	0,09	0,02	n.s.
Düngerlagerung	0,07	0,02	0,18	0,04	0,05	0,02	0,09	0,02	*
7. Nachzucht	0,32	0,17	0,54	0,09	0,34	0,24	0,63	0,10	n.s.
Gesamtenergieeinsatz	2,32	1,81	3,27	0,42	2,39	2,20	2,59	0,14	n.s.
Direkter Energieeinsatz	1,22	0,94	1,74	0,18	1,03	0,90	1,14	0,07	*
Indirekter Energieeinsatz	1,10	0,74	2,20	0,36	1,35	1,13	1,60	0,15	*
Betriebsmittel	0,46	0,24	0,79	0,13	0,92	0,69	1,14	0,13	*
Investitionsgüter	0,65	0,40	1,72	0,31	0,43	0,34	0,61	0,06	*

* signifikant bei $p \leq 0,05$, t-Test

In der ökologischen Milchviehhaltung waren der direkte Energieeinsatz (Kraftstoff, Elektroenergie) und der Energieeinsatz für Investitionsgüter (Maschinen, Geräte, Gebäude, bauliche Anlagen, Melktechnik, etc.) signifikant höher als in der konventionellen Milchviehhaltung. Hingegen war der Einsatz von Betriebsmitteln (einschließlich des zugekauften Futters) mit $0,92 \text{ MJ (kg ECM)}^{-1}$ in der konventionellen Milchviehhaltung doppelt so hoch wie in der ökologischen Milchviehhaltung ($0,46 \text{ MJ (kg ECM)}^{-1}$).

Die energetische Prozessanalyse zeigt, dass die eigenbetriebliche Futterproduktion und der Futterzukauf wesentliche Faktoren sind, die den Gesamt-Energieeinsatz prägen. Der deutlichste Unterschied zwischen den Systemen ist beim Futterzukauf zu erkennen. In den konventionellen Milchviehsystemen wird sehr viel fossile Energie für die zugekauften Futtermittel (vor allem Kraftfutter einschließlich Sojaprodukte) benötigt, in den ökologischen Milchviehsystemen wird das Futter weitgehend innerbetrieblich erzeugt. Es gibt ökologische Betriebe, die kein Kraftfutter zu kaufen, und auch Betriebe, die überhaupt kein Kraftfutter in der Milchproduktion einsetzen. Diese Betriebe haben einen höheren Energieeinsatz für die Grundfüttererzeugung. Energetisch besonders günstig ist Futter auf der Weide zu erzeugen.

Beim Haltungssystem sind die konventionellen Betriebe energetisch betrachtet im Vorteil; sie benötigen weniger fossile Energie je Produkteinheit aufgrund der höheren Milchleistungen, aber auch aufgrund anderer Stallbau- und Entmistungssysteme (mehr Güllesysteme, weniger Stallmistssysteme mit hohem Aufwand für die Einstreu, vgl. Tabelle 4.3-1). Die ökologischen Betriebe haben mehr Weidehaltung, was auch in der Energiebilanz deutlich wird.

Tabelle 4.3-3: Energieeffizienz und Flächenbedarf der Milcherzeugung

Prozess	ME	ökologisch				konventionell				t-Test
		MW	MIN	MAX	SD	MW	MIN	MAX	SD	
Energieinput ^a	GJ a ⁻¹	16,3	13,2	22,9	2,68	22,2	17,3	27,1	2,82	*
Energieoutput ^a	GJ a ⁻¹	23,6	15,8	32,0	4,53	30,9	24,2	36,0	3,61	*
Milch	GJ a ⁻¹	20,8	13,6	28,3	4,17	27,4	20,1	32,9	3,66	*
Altkühe	GJ a ⁻¹	2,6	1,2	3,6	0,65	3,3	2,6	4,0	0,37	*
Kälber	GJ a ⁻¹	0,2	0,2	0,3	0,03	0,2	0,1	0,2	0,03	*
Anteil am Energieoutput										
Milch	%	87,9	81,9	92,3	2,6	88,4	82,9	91,4	2,0	n.s.
Altkühe	%	11,1	6,7	16,8	2,5	11,0	8,1	16,5	2,0	n.s.
Kälber	%	1,0	0,5	1,6	0,3	0,6	0,4	0,7	0,1	*
Energieoutput ^b	GJ ha ⁻¹	12,6	4,3	27,6	6,5	24,6	7,8	44,6	10,9	*
Output/Input-Verhältnis		1,48	1,02	1,84	0,24	1,40	1,27	1,51	0,09	n.s.
Flächenbedarf ^c	ha t ⁻¹	0,20	0,12	0,46	0,07	0,12	0,10	0,14	0,01	*
Milcherzeugung ^d	kg ha ⁻¹	5.490	2.306	8.700	1.408	8.442	6.984	9.705	912	*

* signifikant bei $p \leq 0,05$, t-Test

^a Angaben in GJ je Kuh und Jahr

^b Energieoutput der Milchviehhaltung je ha landwirtschaftlicher Nutzfläche des Betriebes

^c Flächenbedarf (ha) zur Erzeugung von 1 t Milch

^d Milcherzeugung (kg) je ha Gesamtfläche

Die Milchgewinnung (Melken, Milchkühlung) benötigt sehr viel fossile Energie (0,72 bzw. 0,71 MJ (kg ECM)⁻¹), allerdings wurden keine signifikanten Unterschiede im Energieinput zwischen den Systemen festgestellt. Trotz signifikant längerer Nutzungsdauer der Milchkühe in der ökologischen Milchviehhaltung (im Mittel 41 Monate gegenüber 30 Monaten, Tabelle 4.3-1) war der Energieeinsatz für die Nachzucht in beiden Systemen auf gleichem Niveau.

Bei der Interpretation der Ergebnisse zum produktbezogenen Energieinput ist zu beachten, dass ein Allokationsverfahren nach physikalischem Brennwert angewandt wurde, d.h. der Energieinput wurde den einzelnen Produkten zugeordnet. Die Milch hat einen Anteil von im Mittel 88 % am Energieout; die Altkühe machen im Mittel 11% des Energieoutputs aus (Tabelle 4.3-3).

Der Energieinput und der Energieoutput je Kuh und Jahr sind in der konventionellen Milchviehhaltung signifikant höher als in der ökologischen Milchviehhaltung (Tabelle 4.3-3). Das Output/Input-Verhältnis ist mit 1,48 (öko) und 1,40 (kon) etwa auf gleichem Niveau. In der ökologischen Milchviehhaltung ist der Flächenbedarf signifikant höher und die Milcherzeugung je ha signifikant niedriger als in der konventionellen Milchviehhaltung.

Mit steigender Milchleistung je Kuh und Jahr vermindert sich der Energieeinsatz je kg ECM in den ökologischen Milchviehbetrieben, in den konventionellen Betrieben ist kein Zusammenhang zwischen Milchleistung und Energieeinsatz erkennbar (Abbildung 4.3-2).

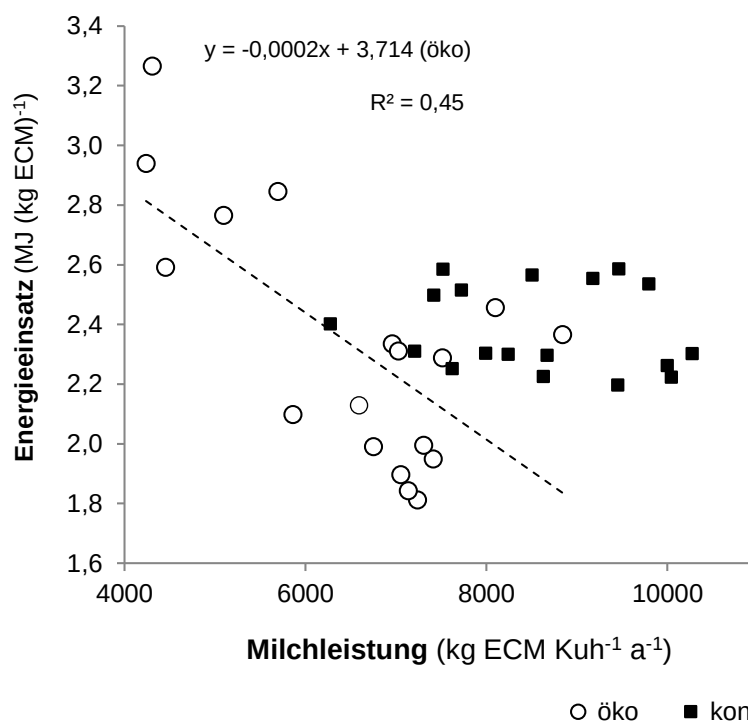


Abbildung 4.3-2: Energieeinsatz in MJ je kg ECM in Abhängigkeit von der Milchleistung je Kuh und Jahr.

4.3.3.2 Treibhausgasemissionen der Milchviehhaltung

Die mit dem Modell berechneten mittleren CO_{2eq}-Emissionen je kg ECM betrugen in den ökologischen Betrieben (öko) 995 g, in den konventionellen Betrieben (konv) 1.048 g (Tabelle 4.3-4).

Die in Abhängigkeit von der Milchleistung und der Futterration berechneten stoffwechselbedingten Methanemissionen (Milchkühe und Nachzucht) haben mit im Mittel 549 g CO_{2eq} (kg ECM)⁻¹ (öko) bzw. 449 g CO_{2eq} (kg ECM)⁻¹ (konv) den größten Anteil (55 % bzw. 43 %) an den Gesamt-THG-Emissionen; sie sind in den konventionellen Betrieben signifikant niedriger als in den ökologischen Betrieben, vor allem aufgrund höherer Milchleistungen und Futterrationen mit geringerem Rohfaseranteil. Die Methanemissionen aus der Düngerlagerung unterscheiden sich nicht zwischen den Systemen (öko: 85, konv: 77 g CO_{2eq} (kg ECM)⁻¹).

Die berechneten N₂O-Emissionen im Produktionsverfahren Milch einschließlich der Nachzucht (Emissionen aus Böden und Wirtschaftsdüngerlagerung) sind die zweitwichtigste THG-Quelle. Sie sind mit 253 (öko) bzw. 248 (konv) g CO_{2eq} (kg ECM)⁻¹ in beiden Systemen auf etwa gleichem Niveau.

Deutliche Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Milcherzeugung zeigten sich bei den CO₂-Flüssen durch C-Sequestrierung und indirekte Landnutzungsänderungen. Nach den Modellberechnungen führt die ökologische Milchviehhaltung im Mittel zur C-Bindung (- 57 g CO_{2eq} (kg ECM)⁻¹) durch Humusaufbau (u.a. durch Grünlandnutzung, Klee gras-Ackerfutteranbau und Stallmistdüngung); es gab keine direkten oder indirekten Landnutzungsänderungen (kein Grünlandumbruch, kein Einsatz von importiertem Soja). In der konventionellen Milchviehhaltung hingegen betragen die CO₂-Emissionen 82 g CO_{2eq} (kg ECM)⁻¹ (Tabelle 4.3-4), vor allem verursacht durch den Sojaeinsatz, während die betrieblichen Humusbilanz weitgehend ausgeglichen sind.

Tabelle 4.3-4: Übersicht der THG-Emissionen (g CO_{2eq} (kg ECM)⁻¹) der Milchviehhaltung in den Pilotbetrieben einschließlich der Nachzucht

Prozess	THG	ökologisch				konventionell				
		MW	MIN	MAX	SD	MW	MIN	MAX	SD	
Energieinput ^a	CO ₂	165	133	218	25	192	165	222	19	*
C-Sequestrierung, LUC ^b	CO ₂	-57	-171	38	56	82	-71	235	71	*
Anbau ^c	N ₂ O	192	156	263	29	191	140	247	30	n.s.
Stoffwechsel ^d	CH ₄	549	473	706	71	449	392	574	46	*
Düngerlagerung ^e	N ₂ O	61	33	95	16	57	36	90	13	n.s.
Düngerlagerung ^f	CH ₄	85	34	151	28	77	18	127	30	n.s.
Gesamtemissionen	THG	995	835	1.397	149	1.048	901	1.269	88	n.s.

^a CO₂-Emissionen durch Energieinputs für alle Prozesse für Milchkühe und Nachzucht

^b CO₂-Emissionen durch C_{org}-Vorratsänderungen im Boden und Landnutzungsänderungen

^c N₂O-Emissionen aus Dünger und Böden (Futteranbau) für Milchkühe und Nachzucht

^d Stoffwechselbedingte CH₄-Emissionen der Milchkühe und der Nachzucht

^e N₂O-Emissionen durch Entmistung und Wirtschaftsdüngerlagerung für Milchkühe und Nachzucht

^f CH₄-Emissionen durch Entmistung und Wirtschaftsdüngerlagerung für Milchkühe und Nachzucht

* signifikant bei p ≤ 0,05, t-Test

Die mit dem Einsatz fossiler Energie verbundenen THG-Emissionen der konventionellen Milchviehhaltung ($192 \text{ g CO}_{2\text{eq}} (\text{kg ECM})^{-1}$) übertreffen die THG-Emissionen der ökologischen Milchviehhaltung ($165 \text{ g CO}_{2\text{eq}} (\text{kg ECM})^{-1}$) signifikant.

In Tabelle 4.3-5 sind die wichtigsten THG-Flüsse, differenziert nach Prozessen dargestellt. Die THG-Emissionen der Futtererzeugung unterscheiden sich zwischen ökologischer und konventioneller Milchviehhaltung deutlich (öko: $123 \text{ g CO}_{2\text{eq}} (\text{kg ECM})^{-1}$, konv: $308 \text{ g CO}_{2\text{eq}} (\text{kg ECM})^{-1}$); dies gilt für die betriebseigene Futterproduktion und den Futterzukauf. Der höhere Energieinput der konventionellen Systeme resultiert vor allem aus dem Einsatz energieintensiv erzeugter Kraftfuttermittel, Soja- oder Rapsextraktionsschrot sowie dem Mineraldünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatz. In den konventionellen Betrieben beträgt der Anteil der THG-Emissionen durch Zukauffuttermittel 11 % (einschließlich LUC). Im ökologischen Landbau hat die energieextensive Weidenutzung einen höheren Anteil, auch das Ackerfutter (vor allem Klee gras) wird energieeffizient erzeugt. Die einzelbetriebliche Variabilität des Energieeinsatzes in der Futtererzeugung ist allerdings sehr hoch, verursacht durch unterschiedliche Ertragspotenziale der Standorte und stark abweichende Futterproduktionssysteme (z. B. Schnitthäufigkeit, Konservierungsverfahren, z. B. Silage- oder Heuproduktion).

Die Lachgasemissionen im Futterbau tragen mit $149 \text{ g CO}_2 \text{ eq} (\text{kg ECM})^{-1}$ (öko) bzw. $129 \text{ g CO}_2 \text{ eq} (\text{kg ECM})^{-1}$ (konv) zu den Gesamtemissionen bei. Die N_2O -Emissionen je kg ECM hängen vom N-Input (Mineral-N, organische Dünger-N, N_2 -Fixierleistung der Leguminosen) je ha Futterfläche, vom Futterertrag, dem Futterregime und der Milchleistung ab. Obwohl die konventionellen Betriebe einen wesentlich höheren Dünger-N-Einsatz als die ökologischen Betriebe haben, schlägt sich dies aufgrund höherer Erträge kaum in den produktbezogenen N_2O -Emissionen nieder.

Beim Haltungssystem ist der höhere produktbezogene Energieeinsatz der ökologischen Betriebe auf den höheren Anteil von Festmistsystemen mit Strohbedarf, z. B. Tretmistställe, zurückzuführen. Hieraus entstehen zudem auch THG-Emissionen bei der Stroherzeugung. Auch die differenzierten Anforderungen an den Weidegang und Auslauf der Tiere haben Einfluss auf die THG-Emissionen. Zwar weisen die Ställe der ökologischen Betriebe bauartbedingt häufig einen geringeren Energieeinsatz auf, dies wird jedoch durch die benötigte Einstreu kompensiert. Bei der Entmistung und Düngerlagerung zeigen sich keine systembedingten Unterschiede.

Die Gesamt-THG-Emissionen der Färsenaufzucht zur Remontierung des Milchviehbestands sind in beiden Systemen nahezu gleich hoch (öko: $251 \text{ g CO}_{2\text{eq}} (\text{kg ECM})^{-1}$; konv: $233 \text{ g CO}_{2\text{eq}} (\text{kg ECM})^{-1}$). In der Färsenaufzucht entstehen THG-Emissionen vor allem durch die Nutzung fossiler Energie, stoffwechselbedingte CH_4 -Emissionen, N_2O -Emissionen im Futterbau und der Düngerlagerung. Die im ökologischen Landbau erzeugten Färsen haben eine längere Aufzuchtdauer (Tabelle 4.3-1), aber auch die Nutzungsdauer und Laktationszahl sind höher als in den konventionellen Betrieben, so dass weniger Färsen zur Bestandsergänzung benötigt werden. Die hohe Variabilität der Emissionen zwischen den Betrieben zeigt die bedeutenden Managementeinflüsse und zum Teil auch die THG-Einsparpotenziale.

Tabelle 4.3-5: THG-Emissionen (g CO_{2eq} (kg ECM)⁻¹) der Milchviehhaltung in den Pilotbetrieben, differenziert nach Prozessen

Nr. Prozess	THG	ökologisch				konventionell				
		MW	MIN	MAX	SD	MW	MIN	MAX	SD	
1. Futterproduktion	THG	123	52	237	50	308	197	406	59	*
1.1 Eigenes Futter	THG	102	14	183	52	196	109	287	49	*
Energieinput	CO ₂	39	18	65	13	59	32	105	22	*
Düngung, Böden	N ₂ O	149	109	193	23	129	77	210	36	*
C Sequestrierung	CO ₂	-86	-199	0	57	8	-89	104	47	*
1.2 Futterzukauf	THG	21	1	79	23	112	7	224	59	*
Energieinput	CO ₂	7	2	23	6	30	4	54	15	*
Düngung, Böden	N ₂ O	6	0	33	8	25	0	50	15	*
C-Sequestrierung	CO ₂	8	-4	53	14	16	0	60	14	*
LUC	CO ₂	0	0	0	0	41	0	115	41	*
2. Futterlagerung	THG	11	3	22	6	13	6	18	3	n.s.
3. Haltungssystem	THG	23	8	54	15	11	5	27	5	*
Energieinput	CO ₂	15	7	26	7	9	5	21	4	*
Düngung, Böden	N ₂ O	1	0	10	2	2	0	7	2	n.s.
C-Sequestrierung	CO ₂	7	-3	28	9	0	-12	3	3	*
4. Stoffwechsel	CH ₄	410	349	498	49	321	294	355	19	*
5. Milchgewinnung	CO ₂	46	34	60	5	44	42	48	2	n.s.
6. Düngerlagerung	THG	131	77	227	35	118	47	163	34	n.s.
Energieinput	CO ₂	14	8	28	6	11	5	16	3	*
Düngerlagerung	N ₂ O	35	12	67	12	33	9	48	10	n.s.
Düngerlagerung	CH ₄	82	30	149	28	74	16	124	30	n.s.
7. Nachzucht	THG	251	132	423	73	233	164	437	68	n.s.
Energieinput	CO ₂	33	17	56	10	26	18	51	8	*
Düngung, Böden	N ₂ O	36	19	60	10	35	23	69	12	n.s.
C-Sequestrierung	CO ₂	14	6	29	6	13	3	35	9	n.s.
LUC	CO ₂	0	0	0	0	4	0	12	3	*
Stoffwechsel	CH ₄	139	74	230	40	128	87	224	32	n.s.
Düngerlagerung	N ₂ O	26	14	43	7	24	16	42	6	n.s.
Düngerlagerung	CH ₄	3	2	5	1	3	2	5	1	n.s.
Gesamtemissionen	THG	995	835	1.397	149	1.048	901	1.269	88	n.s.

* signifikant bei p ≤ 0,05, t-Test

Ein wesentlicher Einflussfaktor auf die Höhe der CH₄- und der Gesamt-THG-Emissionen ist die Milchleistung. Die stoffwechselbedingten CH₄-Emissionen sinken mit steigender Milchleistung (Abbildung 4.3-3). Bei gleicher Milchleistung sind die produktbezogenen CH₄-Emissionen der ökologischen Pilotbetriebe ca. 50 g CO_{2eq} (kg ECM)⁻¹ höher als die der konventionellen Betriebe.

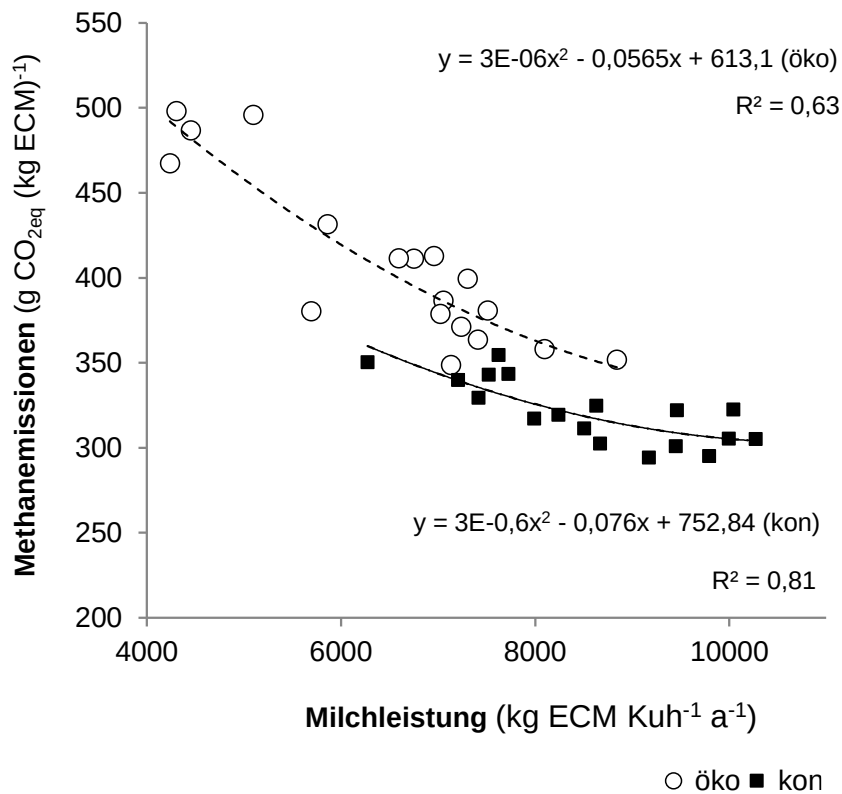


Abbildung 4.3-3: Stoffwechselbedingte Methanemissionen je kg ECM in Abhängigkeit von der Milchleistung je Kuh.

Mit steigender Leistung vermindern sich auch die THG-Emissionen (Abbildung 4.3-4). Bei gleicher Milchleistung sind jedoch die produktbezogenen THG-Emissionen der ökologischen Pilotbetriebe ca. 200 g CO_{2 eq} (kg ECM)⁻¹ niedriger als die der konventionellen Betriebe.

Der Verlauf der Regressionskurven zeigt, dass deutliche THG-Minderungen durch eine Leistungssteigerung zu erreichen sind, wenn das Ausgangs-Leistungsniveau relativ niedrig ist. So führt in den ökologischen Milchviehbetrieben eine Verdopplung der Jahresmilchleistung von 4.000 auf 8.000 kg ECM zu einer Einsparung von etwa 450 g CO_{2 eq} (kg ECM)⁻¹ (ca. 33 %). Bei noch höheren Milchleistungen sind die Potenziale zur THG-Minderung nur noch gering. Weitere Leistungssteigerungen erfordern einen höheren Kraftfuttereinsatz (mit hohem Energieaufwand und THG-Emissionen der Futtererzeugung) und die Nutzungsdauer der Milchkühe geht zurück (höherer Aufwand für die Bestandsreproduktion).

Die ökologischen Betriebe erreichten die geringsten THG-Emissionen bereits bei ca. 8.000 kg ECM, während in den konventionellen Betrieben das theoretische Minimum der produktbezogenen THG-Emissionen selbst bei 11.000 kg ECM noch nicht erreicht war.

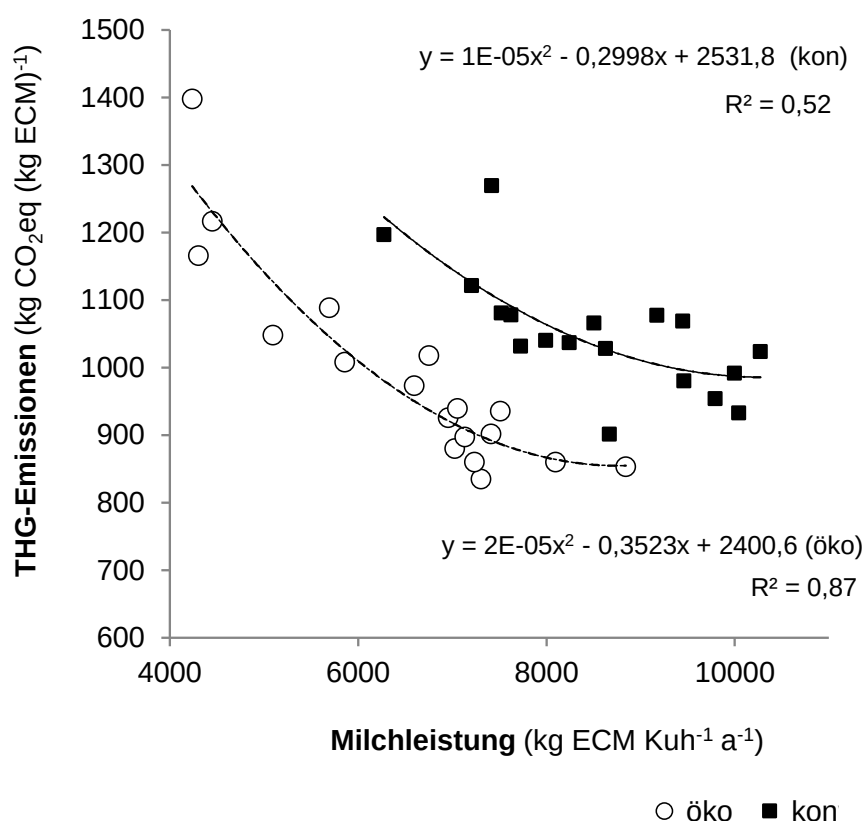


Abbildung 4.3-4: Treibhausgasemissionen je kg ECM in Abhängigkeit von der Milchleistung je Kuh.

4.3.4 Diskussion

4.3.4.1 Methodendiskussion

Das verwendete Modell zur Energie- und Treibhausgasbilanzierung der Milchviehhaltung ist in der Lage, unterschiedliche Betriebstypen (z. B. ökologisch, konventionell), unterschiedliche Betriebsgrößen und Standortbedingungen abzubilden. Es ist sensitiv genug, um Managementänderungen, z. B. im Futterproduktions- und Haltungssystem abzubilden. Alle Modellberechnungen zur Energie- und Treibhausgasbilanz basieren auf der gleichen Methodik der Prozessanalyse sowie den vorgegebenen Algorithmen und Modellparametern, wodurch die betrieblichen Ergebnisse miteinander vergleichbar sind.

Modell zur Energiebilanzierung

Die Energiebilanz (Abbildung 4.3-1) ist die Grundlage des Modells der Milchviehhaltung. In der Energiebilanz werden alle Produktionsschritte sowie alle Inputs und Outputs des Systems mit allen dafür notwendigen Energie- und Stoffflüssen erfasst. Auf dieser Basis könnten prinzipiell auch weitere ökologische Nachhaltigkeitsparameter (z. B. Eutrophierung, Ressourceneffizienz mit geringen Anpassungen und Modellerweiterungen berechnet werden.

Die Energiebilanz im Modul Milchviehhaltung ist als Prozessanalyse (Jones, 1989) konzipiert. Sie orientiert sich an den Produktionsschritten in der Milchviehhaltung (Refsgaard et al., 1998; Cederberg und Mattson, 2000; Kraatz, 2008), wodurch sie direkt in landwirtschaftlichen Betrieben anwendbar ist. Zudem kann auf messbare Betriebsdaten zurückgegriffen werden (z. B. Ackerschlagkartei, zugekaufte Betriebsmittel durch Buchführung belegbar), die durch angepasste Kalkulationsdaten ergänzt werden. Das Vorgehen ist durch die Bewertung der Aufwendungen für die Inputs (Vorkette) konform mit den ISO-Normen zum Life-Cycle-Assessment (ISO, 2006; 2009), weil der gesamte Produktionsprozess einschließlich des Vorleistungsbereichs und alle relevanten Energieinputs berücksichtigt werden. Einzelne, quantitativ vernachlässigbare Energieinputs werden nicht erfasst, da sie, wie z. B. der Medikamenteneinsatz, nur schwer zu erheben sind oder dafür keine geeigneten Energieäquivalente zur Verfügung stehen (Cederberg und Mattson, 2000; Thomassen et al., 2008; Kristensen et al., 2010).

Energieäquivalente

Die in das Betriebssystem eingehenden stofflichen und energetischen Inputs werden mit Energieäquivalenten bewertet, die anhand einer Literaturrecherche ermittelt wurden. Kriterien für die Auswahl waren die Gültigkeit für Deutschland und Mitteleuropa, die Aktualität, die Konformität mit den Ökobilanz-Normen (ISO, 2006; 2009) sowie die Dokumentation und Nachvollziehbarkeit der Berechnungen (Datenquellen, regionaler und zeitlicher Bezug, Allokationsverfahren). Dabei werden nur frei zugängliche Daten verwendet, Daten aus kostenpflichtigen Datenbanken werden nicht einbezogen. Insgesamt gibt es nur wenige aktuelle Studien, die sich mit der Bilanzierung von Energieträgern beschäftigen; vorhandene Untersuchungen bauen oft aufeinander auf. Daher weisen sie oft nur geringe Unterschiede in den Energieäquivalenten auf (Fluck, 1992; Reinhardt, 1993; Gaillard et al., 1997; Kaltschmitt und Reinhardt, 1997; GEMIS, 2010; UBA, 2012). Viele Quellen basieren auf den Arbeiten von Kaltschmitt und Reinhardt (1997), die eine umfangreiche, mit Reinhardt (1993) vergleichbare Ökobilanz für verschiedene Energieträger vorlegten. Hier ist zu prüfen, ob diese Daten auch noch heute Gültigkeit besitzen. Wegen fehlender aktueller Datengrundlagen, der Vielfalt der Quellen und ihrer schwierigen Bewertbarkeit wird beispielsweise für Diesel das von Hülsbergen (2003) und in REPRO angesetzte Energieäquivalent verwendet. Somit sind die Ergebnisse des direkten Energieeinsatzes im Futterbau unmittelbar mit anderen REPRO-Analysen vergleichbar. Auch die Energieäquivalente für elektrischen Strom unterscheiden sich - trotz sich ändernder Rahmenbedingungen in der Stromerzeugung (Energimix, Atomausstieg) - nur wenig. Auch hier muss in Zukunft ein besonderes Augenmerk auf die Gültigkeit der Äquivalente gelegt werden.

Die Bewertung von Maschinen und Geräten im Pflanzenbau, wie auch in den neu erarbeiteten Verfahren für die Futtermittelherstellung und Entmischung, erfolgt anhand REPRO-eigener Berechnungen, die auf Algorithmen von Kalk und Hülsbergen (1997) zurückgehen (Bewertung auf Basis der Maschinenmasse). Ähnliche Verfahren verwenden auch Gaillard et al. (1997) und Refsgaard et al. (1998). Der Ansatz von Dalgaard et al. (2001), wonach der indirekte Energieeinsatz proportional zum Dieseleinsatz ist, würde dazu führen, dass z. B. selbstfahrenden Arbeitsmaschinen und Schleppern (mit Dieserverbrauch) ein indirekter Energieeinsatz zugewiesen würde, Geräten ohne Dieserverbrauch (z. B. Pflug, Egge) jedoch nicht. Es ist auch davon auszugehen, dass sich im Rahmen des technischen Fortschritts Änderungen in der Konstruktion von Maschinen und Geräten ergeben (z. B. neue Materialien, effizientere Produktionsmethoden, höherer Anteil elektronischer Komponenten; Kutzbach, 2000). Dies hat Einfluss auf den Energieeinsatz bei der

Herstellung von Maschinen und Geräten, so dass die Energieäquivalente stets auf ihre Aktualität zu überprüfen sind.

Modell zur Treibhausgasbilanzierung

In der Milchviehhaltung tragen verschiedene Prozesse zur Emission von Treibhausgasen bei. In Modell werden die CO₂-Emissionen aus dem Einsatz fossiler Energie, die Lachgasemissionen, die CO₂-Emissionen (bzw. CO₂-Bindung) durch Kohlenstoffsequestrierung, Emissionen aus durch Futtererzeugung verursachten indirekten Landnutzungswandel (z. B. Sojaimport aus Brasilien), die Methanemissionen aus der Verdauung der Wiederkäuer und die Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung einbezogen. Emissionen aus der Landnutzung (z. B. Grünlandumbruch) und der Bewirtschaftung organischer Böden (IPCC, 2006; Dämmgen et al., 2007) wurden zunächst nicht in die Modellierung eingeschlossen, sollten aber künftig berücksichtigt werden. Die einzelnen Emissionsquellen und -prozesse beeinflussen sich gegenseitig (Smith et al., 2007; Rotz et al., 2010; Vellinga et al., 2011). Daher ist die Emissionsminderung sehr komplex. So wird die Höhe der stoffwechselbedingten Methanemissionen aus der Verdauung maßgeblich von der Zusammensetzung der Futterration bestimmt (Kirchgeßner, 2004). Die Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung hängen mit der Zusammensetzung der Exkremente und Wirtschaftsdünger zusammen (Amon et al., 2001; 2006). Die Zusammensetzung der Exkremente ist wiederum von der Fütterung der Tiere abhängig (IPCC, 2006; Weiske et al., 2006; Küstermann et al., 2010; Bell et al., 2011).

Wegen dieser Zusammenhänge und der Komplexität der biologischen Systeme hat die Abschätzung von Treibhausgasemissionen ein hohes Fehlerpotenzial (Cole et al., 1997; Amon et al., 2001; 2006; IPCC, 2007; Jentsch et al., 2007). Die Berechnungen beruhen auf standardisierten, wenn auch möglichst genau angepassten Emissionsfaktoren. Diese Emissionsfaktoren wurden aber unter Versuchsbedingungen ermittelt und können in der Praxis weit variieren (Flessa et al., 2002; Dechow und Freibauer, 2011). Auch in die Berechnungen eingehende grundlegende Parameter (z. B. Boden- oder Pflanzeninhaltsstoffgehalte) beruhen in vielen Fällen auf differenzierten und angepassten Standardwerten (Hülsbergen, 2003). Eine exakte Erfassung der genauen betrieblichen Stoffströme würde umfangreiche Laboranalysen erfordern.

Das Modell zur Treibhausgasbilanzierung der Milchviehhaltung ist eng mit dem Umweltmanagementsystem REPRO vernetzt. Mit dem Modell REPRO werden der Pflanzenbau – die Futterproduktion, die Energiebilanz im Pflanzenbau (Hülsbergen et al., 2001), die Humusdynamik der Böden (Brock et al., 2012; Leithold et al., 2015) sowie die betrieblichen Nährstoffkreisläufe (Küstermann et al., 2010; Lin et al., 2016), analysiert. Die relevanten Modelldaten werden von REPRO an das Milchvieh-Modell übergeben. Die Prozessschritte Futterlagerung, Haltungssystem, Stoffwechsel, Milchgewinnung, Düngerlagerung werden mit dem neuen Milchviehmodell berechnet. In der Kombination beider Modelle werden alle relevanten Treibhausgasflüsse der Milchviehhaltung detailliert abgebildet.

Der Anspruch an die Modellierung ist hoch, denn die Milchviehhaltung ist außerordentlich komplex mit vielen Subsystemen, Prozessen und Interaktionen. Zudem sind die Milchviehställe und die technischen Systeme sehr variabel und zum Teil betriebsindividuell gestaltet. Daher waren Vereinfachungen notwendig, um das Modell handhabbar zu machen. So wurden beispielsweise die Futterlager und Stallgebäude typisiert und für jeden dieser Lager- und Stallbautypen entsprechende Parameter abgeleitet, z. B. der

Energieinput zur Herstellung. Die Gebäude und baulichen Anlagen der Pilotbetriebe wurden diesen Lager- und Stallbautypen zugeordnet. Vergleichbare methodische Ansätze wurden zur Energiebilanzierung der Milchviehhaltung von Kraatz (2008) sowie von Dux et al. (2009) verwendet. Auch die Bewertung der Färsenaufzucht wurde durch definierte Standardverfahren vereinfacht, wodurch aber auch Genauigkeitsverluste in Kauf genommen wurden. Eine exakte betriebsspezifische Datenerhebung wäre extrem aufwändig und mit Unsicherheiten behaftet gewesen.

Die Modellierung der Treibhausgasflüsse der Milchviehhaltung setzt die Erhebung von Betriebsdaten in Praxisbetrieben, und damit eine gute Datendokumentation und Kooperation der Betriebsleiter voraus. Um den Erfassungsaufwand zu begrenzen, können weniger bedeutsame Teilprozesse vereinfacht und aggregiert abgebildet werden. Bei Prozessen, die für die Energie- und Treibhausgasbilanz entscheidend sind, insbesondere die Futtererzeugung, wurde hingegen eine detaillierte Modellierung angestrebt. Das Modell ist auf die Anwendung in Praxisbetrieben und die Verarbeitung von betrieblich verfügbaren Daten zugeschnitten. Trotz mancher Unsicherheiten wird es dem Anspruch gerecht, vollständige Energie- und Treibhausgasbilanzen milchviehhaltender Praxisbetriebe nach einer einheitlichen Methodik zu ermitteln und diese vergleichbar darzustellen.

4.3.4.2 Ergebnisdiskussion

Energiebilanz der Milchviehhaltung

Die Ergebnisse der Energiebilanz (z. B. Output-Input-Verhältnis) sind wichtige Nachhaltigkeitsindikatoren (Bockstaller et al., 1997; 2009). Sie dienen zur Bewertung der Effizienz der Nutzung fossiler Energie als limitierte Ressource (Chow et al., 2003; Leopoldina, 2012; Lin et al., 2017). Eine möglichst vollständige Energiebilanz ist Voraussetzung für die Quantifizierung der daraus entstehenden Treibhausgasemissionen und somit für die Vollständigkeit der Treibhausgasbilanz (Rotz et al., 2010).

Der mittlere Energieeinsatz liegt in den ökologischen Pilotbetrieben bei $2,32 \text{ MJ (kg ECM)}^{-1}$, in den konventionellen Betrieben bei $2,39 \text{ MJ (kg ECM)}^{-1}$. Die Variabilität des produktspezifischen Energieeinsatzes ist in den ökologischen Betrieben größer, was darauf hindeutet, dass sich Standortfaktoren im ökologischen Landbau stärker auswirken und die Betriebe vielfältiger sind. So können in ökologischen Betrieben z. B. ungünstige Standortbedingungen nicht durch zusätzliche Inputs (z. B. Mineraldünger, Pflanzenschutzmittel) ausgeglichen werden. Trotz des um 5 % niedrigeren Mittelwerts der ökologischen Pilotbetriebe zeigt ein statistischer Mittelwertvergleich der beiden Produktionssysteme keinen signifikanten Unterschied im Energieeinsatz je kg Milch. Viele konventionelle Betriebe erreichen eine vergleichbar hohe Energieeffizienz wie ökologische Betriebe. Aus diesen Ergebnissen kann also kein eindeutiger Einfluss des Produktionssystems (ökologisch oder konventionell) auf die Energieeffizienz abgeleitet werden. Der in dieser Studie ermittelte mittlere Energieeinsatz für die ökologischen und konventionellen Produktionssysteme stimmt gut mit Ergebnissen von Haas et al. (2001) (konventionell: $2,70 \text{ MJ (kg ECM)}^{-1}$) und Kraatz (2008) ($2,09 \text{ MJ (kg ECM)}^{-1}$) überein.

Ein direkter Vergleich der Ergebnisse einzelner Studien ist nur schwer durchführbar, da sich die Methoden unterscheiden. Die meisten Studien, außer Refsgaard et al. (1998), Dalgaard et al. (2001) und Kraatz (2009), schließen den indirekten Energieeinsatz durch Investitionsgüter (Maschinen, Geräte, Gebäude und bauliche Anlagen) aus. Der Anteil dieses Energieinputs liegt nach Ergebnissen dieser Arbeit bei 15

bis 25 % des Gesamtenergieeinsatzes je kg Milch. Als größte Energieinputs werden die Futtererzeugung und hier wiederum der Kraftstoff- und Strombedarf sowie der Mineraldüngereinsatz angegeben (Cederberg und Mattson, 2000; Thomassen und de Boer, 2005; Thomassen et al., 2008). Meist fehlen Angaben über die genauen Anteile der einzelnen Prozesse am Gesamtenergieeinsatz.

Insgesamt zeigt sich in den Pilotbetrieben, dass für die Erzeugung des eingesetzten Kraftfutters mehr Energie aufgewendet wird als für Grundfutter. Dabei hängt der Energieeinsatz vorwiegend von der Wahl der Futterkomponenten und der Energieeffizienz bei deren Erzeugung ab. Während für die Eigenfuttererzeugung detaillierte Berechnungen auf Basis der betrieblichen Daten durchgeführt werden, wird der Futterzukauf anhand der Zukaufmenge und standardisierter und systemangepasster Energieäquivalente berechnet. Somit finden hier einzelbetriebliche Effizienzunterschiede (z. B. geringere Transportentfernungen, effizientere Erzeugung) keine Berücksichtigung. In den konventionellen Betrieben wird ein deutlich geringerer Anteil des Futterbedarfs durch Eigenfuttermittel gedeckt. Der Futterzukauf trägt maßgeblich zum Gesamtenergieeinsatz bei. Besonders der Einsatz von Milchleistungsfutter, Soja- und Rapsextraktionsschrot bedeutet einen hohen Energieeinsatz (Cederberg und Mattson, 2000; Thomassen und de Boer, 2005; Olesen et al., 2006; Kraatz, 2008).

Aus dem höheren Energieeinsatz für die Kraftfuttererzeugung wäre zu erwarten, dass mit steigendem Kraftfutteranteil in der Ration und ein höherer Energieeinsatz für die Futtererzeugung verbunden ist. Ein solcher Zusammenhang liegt aber nicht vor, da große Unterschiede in der Rationsgestaltung, der eingesetzten Rationskomponenten und der Energieeffizienz der einzelnen Futtermittel bestehen. Eine grundsätzliche Aussage kann aus den Ergebnissen der Pilotbetriebe nicht abgeleitet werden.

Insgesamt setzen die konventionellen Pilotbetriebe mehr Energie für die Futtererzeugung ein, was auch durch die höhere Milchleistung nicht ausgeglichen wird. Dabei kommt der Gestaltung der Futterration eine bedeutende Rolle zu. Der höhere Kraftfutteranteil und geringere Weidegrasanteil wie auch der höhere Futterzukauf in den konventionellen Rationen führt zu einem deutlich höheren Energieeinsatz.

Treibhausgasbilanz der Milchviehhaltung

Die Untersuchungen der Treibhausgasflüsse der Milchviehhaltung zeigen, dass viele sich überlagernde Einflussfaktoren die Treibhausgasemissionen bestimmen. Die Leistungssteigerung ist eine von mehreren Optimierungsstrategien; sie darf aber nicht zu Lasten der Nutzungsdauer (Zahl der Laktationen, Aufwand für Nachzucht) gehen oder einen extrem hohen Kraftfutteraufwand erfordern. In den von uns untersuchten Betrieben werden die geringsten Treibhausgasemissionen mit 800 bis 900 g CO₂ eq (kg ECM)⁻¹ bei Milchleistungen von 7.000 bis 9.000 kg ECM a⁻¹ unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus erreicht. Die konventionellen Untersuchungsbetriebe mit Leistungen von 10.000 kg ECM a⁻¹ weisen hingegen Treibhausgasemissionen von 900 bis 1.050 g CO₂eq (kg ECM)⁻¹ auf.

Wie häufig in der Literatur beschrieben (z. B. Flachowsky und Brade, 2007), führt eine Leistungssteigerung zu abnehmenden stoffwechselbedingten Methanemissionen. Eine Steigerung von 4.000 auf 8.000 kg ECM Kuh⁻¹ a⁻¹ bewirkte in den ökologischen Pilotbetrieben eine CH₄-Minderung von rund 100 g CO₂ eq (kg ECM)⁻¹; in den konventionellen Pilotbetrieben betrug das CH₄-Minderungspotenzial bei einem Anstieg der Leistung von 7.000 auf 10.000 kg ECM Kuh⁻¹ a⁻¹ nur ca. 30 g CO₂ eq (kg ECM)⁻¹. Die Methanemissionen können durch die Futterqualität und Futterzusammensetzung beeinflusst werden

(Flachowsky und Brade, 2007), was aber auf Grund der spezifischen Standort- und Produktionsbedingungen (z. B. Grünlandregionen), z. T. auch aufgrund von Restriktionen im ökologischen Landbau, nur begrenzt möglich ist.

In den Pilotbetrieben wurde eine große Variabilität der Treibhausgasflüsse in den einzelnen Prozessen und auch bei den produktbezogenen Treibhausgas-Gesamtemissionen festgestellt. Eine Ursache ist die enorme Vielfalt der erfassten Standortbedingungen und Milchproduktionssysteme (Tabelle 4.3-1) sowie erhebliche Betriebsleiter- und Managementeinflüsse. Obwohl systembedingte Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Milchviehhaltung bei einigen Treibhausgasflüssen nachweisbar waren (Tabelle 4.3-4 und Tabelle 4.3-5), sind die Unterschiede zwischen den Betrieben innerhalb der ökologischen bzw. konventionellen Milchviehhaltung wesentlich größer. Systemvergleiche zwischen ökologischem und konventionellem Landbau sollten künftig diese Variabilität der Ergebnisse und auch die Unsicherheiten und möglichen Fehler besser berücksichtigen (vgl. Seufert und Ramankutty, 2017). Eine einfache Gegenüberstellung von ökologischem und konventionellem Landbau ohne Darstellung der Variabilität kann zu falschen Bewertungen führen.

Zur Ermittlung standortspezifischer Leistungsoptima, bei denen die geringsten Treibhausgasemissionen erreicht werden, ist es notwendig, weitere Untersuchungsbetriebe und Standorte einzubeziehen. Modellkalkulationen und Sensitivitätsanalysen (Frank, 2014), bei denen die Einflussparameter variiert und ein großer Leistungsbereich untersucht werden, können die Analyse realer Betriebe sinnvoll ergänzen, weil für die Betrachtung unwesentliche und zufällige betriebsindividuelle Gegebenheiten eliminiert werden.

4.3.4.3 Schlussfolgerungen

Die Milchviehhaltung hat enorme wirtschaftliche Bedeutung; für viele spezialisierte Betriebe ist die Milcherzeugung die einzige Einnahmequelle. Rinder haben zudem wichtige ökologische Funktionen in betrieblichen Nährstoffkreisläufen (Küstermann et al., 2010). Wie unsere Untersuchungen bestätigen, trägt eine ökologische Milchviehhaltung zum Humusaufbau und zur C-Sequestrierung bei. Milchkühe können rohfaserreiche Biomasse vom Grasland nutzen und daher zum Erhalt von ökologisch wertvollem Grünland beitragen. Sie gelten daher auch künftig in weltweiten Ernährungsszenarien als unverzichtbar (Muller et al., 2017). Umso wichtiger ist es, die Ursachen und Einflussfaktoren der Treibhausgasemissionen der Milchviehhaltung aufzuklären und effiziente Treibhausgas-Minderungsstrategien abzuleiten, um die Milchviehhaltung klimafreundlicher zu gestalten.

Unsere Untersuchungen zeigen, dass die Treibhausgas-Minderung in der Milchviehhaltung aufgrund der Heterogenität der Produktions- und Betriebssysteme betriebsspezifische Optimierungsansätze erfordert, pauschale Ansätze sind wenig zielführend. Das Modell ist in der Lage, die Ursachen für hohe Treibhausgasemissionen zu identifizieren und Betriebe vergleichend zu bewerten (siehe Abbildung 4.3-4 und 4.3-4).

Im Netzwerk der Pilotbetriebe wurden in Optimierungsworkshops gemeinsam mit den Landwirten Maßnahmen zur Treibhausgas-Minderung abgeleitet (siehe Kapitel 4.10) und deren Effekte auf die Treibhausgasbilanz im Modell geprüft. Oftmals zeigte sich dabei, dass Einzelmaßnahmen (z. B. maximale Milchleistungssteigerung) nicht die Lösung bringen, weil Zielkonflikte auftreten können (z. B. höherer

Kraftfutterbedarf und abnehmende Nutzungsdauer der Kühe). Vielmehr ist eine gesamtbetriebliche Optimierung unter Berücksichtigung von Wechselbeziehungen, z. B. zwischen Futterbau – Tierhaltung – Düngung – Humus- und Nährstoffmanagement erforderlich. Zudem muss betont werden, dass die Bewertung und Optimierung der ökologischen Nachhaltigkeit der Milchviehhaltung nicht nur die Treibhausgasflüsse und Klimawirkungen beinhalten sollte, sondern weitere relevante Umweltbereiche wie Bodenschutz, Trinkwasserschutz und Biodiversität.

Die Erfahrungen im Netzwerk der Pilotbetriebe zeigen, dass die Betriebsleiter zunehmendes Interesse an der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen in der Milchviehhaltung haben. Unser Modell soll daher so weiterentwickelt werden, dass es nicht nur in der Wissenschaft, sondern auch in der Betriebsberatung erfolgreich eingesetzt werden kann.

4.3.5 Literatur

Amon B, Amon T, Boxberger J, Alt C (2001) Emissions of NH_3 , N_2O and CH_4 from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (housing, manure storage, manure spreading). *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60:103-113

Amon B, Kryvorochko V, Amon T, Zechmeister-Boltenstern S (2006) Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112:153-162

Bell MJ, Wall E, Russel G, Simm G, Stott AW (2011) The effect of improving cow productivity, fertility and longevity on the global warming potential of dairy systems. *Journal of Dairy Science* 94:3662-3678

Brock C, Hoyer U, Leithold G, Hülsbergen K-J (2012) The humus balance model (HU-MOD): a simple tool for the assessment of management change impact on soil organic matter levels in arable soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 92:239-254

Bockstaller C, Girardin P, van der Werf HMG (1997) Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. *European Journal of Agronomy* 7:261-270

Bockstaller C, Guichard L, Keichinger O, Girardin P, Galan MB, Gaillard G (2009) Comparison of methods to assess the sustainability of agricultural systems. A review. *Agronomy Journal* 29:223-235

Cederberg C, Mattson B (2000) Life cycle assessment of milk production - a comparison of conventional and organic farming. *Journal of Cleaner Production* 8:49-60

Chow J, Kopp RJ, Portney PIR (2003) Energy Resources and Global Development. *Science* 302:1528-1531

Cole CV, Duxbury J, Freney J, Heinemeyer O, Minami K, Mosier A, Paustian K, Rosenberg N, Sampson N, Sauerbeck D, Zhao Q (1997) Global estimates of potential mitigation of greenhouse gas emissions by agriculture. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 49:221-228

Dalgaard R, Halberg N, Porter JR (2001) A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 87:51-56

Dämmgen U, Lüttich M, Haenel H-D, Döhler H, Eurich-Menden B, Osterburg B (2007) Berechnungen der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft - Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2007 für 2005. In: Dämmgen U (Hrsg.) Berechnungen der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft - Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2007 für 2005 Einführung Methoden und Daten (GAS-EM). Landbauforschung Völknerode Sonderheft 304

Dechow R, Freibauer A (2011) Assessment of German nitrous oxide emissions using empirical modelling approaches. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 91:235-254

Deutscher Bundestag (2016) Statistische Angaben zu Treibhausgasen aus Landwirtschaft und Forstwirtschaft. Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages, Aktenzeichen: WD 5-3000-068/16

Dux D, Alig M, Herzog D (2009) Umweltwirkung von landwirtschaftlichen Gebäuden. *Agrarforschung* 16:284-289

Ellis JL, Kebreab E, Odongo NE, McBride BW, Okine EK, France J (2007) Prediction of Methane Production from Dairy and Beef Cattle. *Journal of Dairy Science* 90:3456-3467

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2006) Livestock's long shadow. Environmental issues and options. FAO Rome

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2010) Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A Life Cycle Assessment. FAO Rome

Flachowsky G, Brade W (2007) Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. *Züchtungskunde* 79:417-465

Flessa H, Ruser R, Dörsch P, Kamp T, Jimenez MA, Munch JC, Beese F (2002) Integrated evaluation of greenhouse gas emissions (CO₂, CH₄, N₂O) from two farming systems in southern Germany. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 91:175-189

Fluck RC (1992) Energy Analysis for Agricultural Systems. In: Fluck RC (Hg.): Energy in Farm Production. *Energy in World Agriculture* 6, Elsevier, Amsterdam - London - New York - Tokyo, 45-52

Frank H (2014) Entwicklung und Anwendung eines Modells zur Energie- und Treibhausgasbilanzierung landwirtschaftlicher Betriebssysteme mit Milchviehhaltung. Dissertation, Technische Universität München

Gaillard G, Crettaz P, Hausheer J (1997) Umweltinventar der landwirtschaftlichen Inputs im Pflanzenbau. Daten für die Erstellung von Energie- und Ökobilanzen in der Landwirtschaft. Schriftenreihe der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik 46

Grandl F, Furger M, Kreuzer M, Zehetmeier M (2019) Impact of longevity on greenhouse gas emissions and profitability of individual dairy cows analysed with different system boundaries. *Animal* 13:198-208

Haas G, Wetterich F, Köpke U (2001) Comparing intensive extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agriculture Ecosystems & Environment* 83:43-53

Hörtenhuber SJ, Lindenthal T, Zollitsch W (2011) Reduction of greenhouse gas emissions from feed supply chains by utilizing regionally produced protein sources: the case of Austrian dairy production. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91:1118-1127

Hülsbergen K-J, Feil B, Biermann S, Rathke G-W, Kalk W-D, Diepenbrock W (2001) A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 86:303-321

Hülsbergen K-J (2003) Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Aachen: Shaker-Verlag

Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2013) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 412 p, Thünen Rep 8

IPCC (International Panel on Climate Change) (1997) 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

IPCC (International Panel on Climate Change) (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

ISO (International Organization for Standardization) (2006) DIN EN ISO 14044:2006-10, 2006: Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen

ISO (International Organization for Standardization) (2009) DIN EN ISO 14040:2009-11, 2009: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen

Jentsch W, Schweigel M, Weissbach F, Scholze H, Pitroff W, Derno M (2007) Methane production in cattle calculated by the composition of the diet. *Archives of Animal Nutrition* 61:10-19

Jones MR (1989) Analysis of the Use of Energy in Agriculture - Approaches and Problems. *Agricultural Systems* 29:339-355

Kalk WD, Hülsbergen K-J (1997) Methodik zur Einbeziehung des indirekten Energieverbrauchs mit Investitionsgütern in Energiebilanzen von Landwirtschaftsbetrieben. *Kühn-Archiv* 90

Kaltschmitt M, Reinhardt GA (Hrsg.) (1997) Nachwachsende Energieträger. Braunschweig: Vieweg Verlag

Kirchgeßner M (2004) Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 11. neu überarbeitete Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main

Kirchgeßner M, Windisch W, Müller HL, Kreuzer M (1991) Release of methane and of carbon dioxide by dairy cattle. *Agrobiological Research* 44:91-102

Kraatz S (2008) Ermittlung der Energieeffizienz in der Tierhaltung am Beispiel der Milchviehhaltung. Dissertation Humboldt-Universität Berlin

Kristensen T, Mogensen L, Trydeman KM, Hermansen JE (2011) Effect of production system and farming strategy on greenhouse gas emissions from commercial dairy farms in a life cycle approach. *Livestock Science* 140:136-148

Kutzbach HD (2000) Trends in Power and Machinery. *Journal of agricultural Engineering Research* 76:237-247

Küstermann B, Kainz M, Hülsbergen K-J (2008) Modelling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23:38-52

Küstermann B, Christen O, Hülsbergen K-J (2010) Modelling nitrogen cycles of farming systems as basis of site- and farm-specific nitrogen management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 135:70-80

Leithold G, Hülsbergen K-J, Brock C (2015) Organic matter returns to soils must be higher under organic compared to conventional farming. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 178:4-12

Lin HC, Huber JA, Gerl G, Hülsbergen K-J (2016) Nitrogen balances and nitrogen-use efficiency of different organic and conventional farming systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 105:1-23

Lin HC, Huber JA, Gerl G, Hülsbergen K-J (2017) Effects of changing farm management and farm structure on energy balance and energy-use efficiency - A case study of organic and conventional farming systems in southern Germany. *European Journal of Agronomy* 82:242-253

Leopoldina (2012) Bioenergy – Chances and limits. German National Academy of Sciences Leopoldina, Halle (Saale)

Muller A, Schader C, El-Hage Scialabba N, Brüggemann J, Isensee A, Erb K-H, Smith P, Klocke P, Leiber F, Stolze M, Niggli U (2017) Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature Communication* 8:1-13

Olesen JE, Schelde K, Weiske A, Weisbjerg MR, Asman WAH, Djurhuus J (2006) Modelling greenhouse gas emissions from European conventional and organic dairy farms. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112:207-220

Öko-Institut (2010) Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS)

Refsgaard K, Halberg N, Kristensen ES (1998) Energy Utilization in Crop and Dairy Production in Organic and Conventional Livestock Production Systems. *Agricultural Systems* 57:599-630

Reinhardt G (1993) Energie- und CO₂-Bilanzierung nachwachsender Rohstoffe. Theoretische Grundlagen und Fallstudie Raps. Vieweg Umweltwissenschaften, Braunschweig, Wiesbaden

Rotz CA, Montes F, Chianese DS (2010) The carbon footprint of dairy production systems through partial life cycle assessment. *Journal of Dairy Science* 93:1266-1282

Saling P, Kölsch D (2008) Ökobilanzierung: Energieverbräuche und CO₂-Emissionen von Pflanzenschutzmitteln. In: Döhler H, Boxberger J, Kröttsch S (Hrsg.) Energieeffiziente Landwirtschaft. KTBL-Schrift 463:65-71

Schueler M, Hansen S, Paulsen HM (2018) Discrimination of milk carbon footprints from different dairy farms when using IPCC Tier 1 methodology for calculation of GHG emissions from managed soils. Journal of Cleaner Production 177:899-907

Seufert V, Ramankutty N (2017) Many shades of gray – The context-dependent performance of organic agriculture. Sciences Advances 3:1-14

Smith P, Martino D, Cai Z, Gwary D, Janzen H, Kumar P, McCarl B, Ogle S, O'Mara F, Rice C, Scholes B, Sirotenko O (2007) Agriculture. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge

Thomassen MA, de Boer IJM (2005) Evaluation of indicators to assess the environmental impact of dairy production systems. Agriculture, Ecosystems & Environment 111:185-199

Thomassen MA, van Calker KJ, Smits MCJ, Ipema GL, de Boer IJM (2008) Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. Agricultural Systems 96:95-107

UBA (Umweltbundesamt) (2012) ProBas: Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente. Datenbank. www.probas.umweltbundesamt.de

UBA (Umweltbundesamt) (2019) Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgas-Emissionen. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft>

VDI-Richtlinie 4600 (1997) Kumulierter Energieaufwand - Begriffe Definitionen Berechnungsmethoden

Vellinga TV, de Haan MHA, Schils RLM, Evers A, van den Pol-van Dasselaar, A (2011) Implementation of GHG mitigation on intensive dairy farms: Farmers' preferences and variation in cost effectiveness. Livestock Science 137:185-195

Weckenbrock P, Sanchez-Gellert HL, Gattinger A (2019) Klimaschutz. In: Sanders J, Hess J (eds.) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Johann Heinrich von Thünen-Institut Braunschweig, Thünen Rep 65:164-190

Weiske A, Vabitsch A, Olesen JE, Schelde K, Michel J, Friedrich R, Kaltschmitt M (2006) Mitigation of greenhouse gas emissions in European conventional and organic dairy farming. Agriculture, Ecosystems and Environment 112:221-232

Zehetmeier M, Baudracco J, Hoffmann H, Heißenhuber A (2012) Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse emissions? A system approach. Animal 6:154-166

4.4 Charakterisierung der Milchproduktion auf den Pilotbetrieben in Hinblick auf Milchleistungs- und Haltungsparmeter

Kathrin Wagner, Franziska Schulz, Peter Hinterstoißer, Maximilian Schüler,
Sylvia Warnecke, Hans Marten Paulsen

Zusammenfassung

Im vorliegenden Kapitel sind ausgewählte Parameter aus den Bereichen Milchleistung und Haltung der Milchviehbetriebe des Pilotbetrieбенnetzwerks zusammenfassend dargestellt. Die ökologisch wirtschaftenden Betriebe wiesen im Mittel sowohl ein niedrigeres Milchleistungsniveau als auch einen geringeren Milcheiweißgehalt, jedoch ein höheres Herdenalter als die konventionell wirtschaftenden Betriebe auf. In Hinblick auf die Haltungsumgebung ergaben sich ebenfalls einige Unterschiede zwischen den beiden Wirtschaftsweisen. Im Vergleich zu den konventionell wirtschaftenden Betrieben bot ein höherer Anteil der ökologisch wirtschaftenden Betriebe den Kühen Zugang zu Auslauf und Weide an. Zudem war das Flächenangebot pro Kuh sowohl im Stall als auch im Auslauf sowie die Anzahl der Weidetage auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Mittel höher als auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben. Mit Ausnahme eines Betriebes, der im Auslauf einige Liegeboxen ohne Einstreu hatte, stellten alle ökologisch wirtschaftenden Betriebe eine eingestreute Liegefläche zur Verfügung. Bei Liegeboxenlaufstallhaltung war zudem der Einsatz von Tiefboxen auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben stärker verbreitet als auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben.

Schlüsselwörter: Milchkühe, Wirtschaftsweise, Daten der Milchleistungsprüfung, Haltungsumgebung, Flächenangebot, Weidegang

Abstract

In this chapter selected parameters relating to milk production and housing of the dairy farms of the pilot farm network are summarized. Organic farms had, on average, both a lower milk yield as well as a lower milk protein content, but a higher herd age compared to conventional farms. There were also some differences between the two production systems in terms of housing conditions. In comparison to conventional farms, a higher proportion of organic farms offered cows access to an outdoor loafing area and pasture. In addition, space allowance per cow both in the barn and in the outdoor loafing area as well as the number of grazing days was on average higher in organic farms compared to conventional farms. With the exception of one farm which offered some cubicles without bedding in the outdoor loafing area, all organic farms provided a bedded lying area. Moreover, in the case of cubicle housing systems, the use of deep bed cubicles was more widespread in organic farms than in conventional farms.

Keywords: dairy cows, production system, data of the milk recording scheme, housing environment, space allowance, access to pasture

4.4.1 Zielsetzung und Vorgehensweise

Die Haltungsbedingungen der Milchkühe schaffen die Rahmenbedingungen für eine gute Unterbringung der Tiere und können demnach einen maßgeblichen Einfluss auf das Tierwohlniveau eines Betriebes ausüben. Um mögliche Unterschiede im Tierwohlniveau der Pilotbetriebe, beispielsweise zwischen den beiden Wirtschaftsweisen, gegebenenfalls durch Haltungsfaktoren besser erklären zu können und die Betriebe hinsichtlich ihrer Haltungssituation allgemein zu charakterisieren, wurden im Rahmen der Betriebsbesuche umfangreiche Daten zur Haltung aufgenommen. Diese werden im Folgenden kurz zusammenfassend dargestellt. Ergänzend sind zur Charakterisierung der Milchviehbetriebe zunächst allerdings ausgewählte Kennzahlen aus der monatlichen Milchleistungsprüfung (MLP) für das MLP-Jahr 2015, d. h. den Zeitraum vom 01.10.2014 bis 30.09.2015, aufgeführt.

Bei der Erfassung der Haltungsumgebung im Rahmen der Betriebsbesuche im Winter 2014/2015 wurde für jede Haltungsgruppe der laktierenden und trockenstehenden Kühe auf den Betrieben eine Skizze mit detaillierten Abmessungen der Liege- und Laufflächen erstellt. Weitere Informationen zur Haltungsumgebung, beispielsweise zur Liegeboxen- (z. B. Boxentyp, Art der Seitenbegrenzung) und Fressplatzgestaltung (z. B. Fressplatzbreite), wurden aufgenommen. Darüber hinaus wurde der aktuelle Sauberkeitszustand der Liege- und Laufflächen visuell mit Hilfe eines fünfstufigen Systems (von Benotung 1 = sehr sauber bis 5 = sehr verschmutzt) bewertet. Die Verformbarkeit der Liegefläche wurde anhand des „Kniefalltests“ auf einer Skala von 1 (= hart) bis 3 (= weich) beurteilt. Kamen auf einem Betrieb mehrere Haltungsgruppen innerhalb der laktierenden beziehungsweise trockenstehenden Kühe vor, so wurden die Werte der Haltungsgruppen proportional zu ihrer Tierzahl jeweils zu einem Wert pro Betrieb zusammengefasst. Umrechnungen auf Pro-Kuh-Basis (z. B. Stallflächenangebot) wurden unter Verwendung des Tierbestands am Tag des Betriebsbesuches durchgeführt. Das praktizierte Weidesystem und die Weidezeiträume (2014 und/oder 2015) wurden mittels Betriebsleiterinterviews in Erfahrung gebracht.

4.4.2 Ergebnisse

Einige ausgewählte Kennzahlen der am Projekt beteiligten Betriebe aus der MLP sind in Tabelle 4.4-1 dargestellt. Im berücksichtigten Untersuchungszeitraum wiesen die ökologisch wirtschaftenden Betriebe sowohl ein niedrigeres Milchleistungsniveau als auch einen geringeren Milcheiweißgehalt als die konventionell wirtschaftenden Betriebe auf. Im Vergleich zu den konventionell wirtschaftenden Betrieben waren darüber hinaus auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben ältere Milchviehherden anzutreffen. Unterschiede zwischen den beiden Wirtschaftsweisen hinsichtlich der Nutzungsdauer der Abgangskühe, des Erstkalbealters und der Zwischenkalbezeit konnten nicht festgestellt werden.

Tabelle 4.4-1: Ausgewählte Kennzahlen der Pilotbetriebe aus der Milchleistungsprüfung für den Zeitraum vom 01.10.2014 bis 30.09.2015¹, Mittelwert und Spannweite (Minimum - Maximum) differenziert nach Wirtschaftsweise (ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftende Betriebe)

Parameter	Betriebe gesamt (n = 34)	Betriebe öko (n = 18)	Betriebe konv (n = 16)	p-Wert
Milchleistung (kg/Kuh und Jahr)	7628 (4991 - 10947)	6636 (4991 - 9257)	8745 (5887 - 10947)	< 0,001
Milcheiweißgehalt (%)	3,29 (3,05 - 3,51)	3,24 (3,05 - 3,49)	3,35 (3,22 - 3,51)	0,006
Milchfettgehalt (%)	4,03 (3,64 - 4,54)	4,03 (3,71 - 4,54)	4,02 (3,64 - 4,25)	0,794
Herdenalter (Jahre)²	5,3 (4,3 - 8,0)	5,7 (4,4 - 8,0)	4,7 (4,3 - 5,5)	0,020
Erstkalbealter (Monate)	29,1 (22,5 - 38,7)	30,2 (25,1 - 38,7)	27,8 (22,5 - 34,1)	0,091
Zwischenkalbezeit (Tage)	405 (352 - 510)	406 (352 - 510)	405 (358 - 450)	0,756
Nutzungsdauer der Abgangskühe (Jahre)	3,9 (2,1 - 10,2)	4,3 (2,1 - 10,2)	3,4 (2,1 - 6,5)	0,091

¹Bei den Auswertungen der monatlichen Milchleistungsprüfung konnten von den 37 Betrieben lediglich 34 berücksichtigt werden, da zwei Betriebe nicht an der Milchleistungsprüfung teilnahmen und ein weiterer Betrieb der Nutzung der Daten im Rahmen des Projektes nicht zustimmte.

²Auswertung auf Basis von 30 Betrieben (davon 17 ökologisch und 13 konventionell wirtschaftend).

Wichtige Parameter zur Charakterisierung der Haltungsumgebung der laktierenden und trockenstehenden Kühe auf den Betrieben sind in den 4.4-2 bis 4.4-10, differenziert nach Wirtschaftsweise, zusammengefasst. Sowohl für die Haltung der laktierenden als auch der trockenstehenden Kühe war der Liegeboxenlaufstall, unabhängig von der Wirtschaftsweise, das meistverwendete Stallsystem (vgl. Tabelle 4.4-2). Zweiflächenstallsysteme (d. h. Tiefstreu- und Tretmistställe) kamen hingegen vor allem auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben zum Einsatz. Eine einstreulose Anbindehaltung der trockenstehenden Kühe wurde auf einem konventionell wirtschaftenden Betrieb praktiziert. Daneben wurden auch die laktierenden Kühe auf drei konventionell wirtschaftenden Betrieben in Anbindung gehalten. Hierbei wurde die den Kühen zur Verfügung stehende Fläche in allen drei Fällen als sauber (d. h. Sauberkeitsbenotung ≤ 2) eingestuft, jedoch wurde diese in Hinblick auf ihre Verformbarkeit trotz der Verwendung von Einstreu auf keinem der Betriebe als weich eingestuft (Daten nicht dargestellt).

Tabelle 4.4-2: Vorkommen verschiedener Stallsysteme und Laufflächenarten in der Haltung laktierender (LAK) und trockenstehender Kühe (TrS) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben

	System	Anzahl Betriebe gesamt ¹	Anzahl Betriebe ² mit						
			Stalltyp			Laufflächenart ³			
			Boxen- laufstall	Zweiflächen- system	Einflächen- system	Anbin- dung	perfo- riert	plan- befestigt	ein- gestreut
LAK	öko	19	12	8	1	0	9	11	1
	konv	18	13	2	2	3	9	7	2
	gesamt	37	25	10	3	3	18	18	3
TrS	öko	13	5	6	3	0	5	6	3
	konv	17	11	2	5	1	9	4	5
	gesamt	30	16	8	8	1	14	10	8

¹Anzahl Betriebe gesamt bei TrS geringer, da hier lediglich Betriebe mit separater Haltung der TrS berücksichtigt sind.

²Die jeweils über alle Stallsysteme und Laufflächenarten zusammengefasste Anzahl der Betriebe kann über der Anzahl Betriebe gesamt liegen, da es Betriebe mit mehreren unterschiedlichen Stalltypen und Laufflächenarten gibt.

³Angaben zur Laufflächenart beziehen sich bei LAK auf 34 Betriebe (19 ökologisch und 15 konventionell wirtschaftend), da Betriebe mit Anbindehaltung hier nicht berücksichtigt sind.

Verglichen zu den konventionell wirtschaftenden Betrieben stellten die ökologisch wirtschaftenden Betriebe ihren laktierenden und trockenstehenden Kühen durchschnittlich mehr Stallfläche zur Verfügung (zusammengefasst über alle Stallsysteme; vgl. Tabelle 4.4-3). Ein Auslauf für die laktierenden Kühe wurde auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben öfter angeboten und war darüber hinaus, bezogen auf Pro-Kuh-Basis, flächenmäßig größer dimensioniert als auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben (vgl. 4.4-4). Hingegen wurde den trockenstehenden Kühen lediglich auf drei konventionellen Betrieben ein Auslauf bereitgestellt. Insgesamt wurde der zum Betriebsbesuch visuell bewertete Zustand des Auslaufs nur in Einzelfällen als sauber (d. h. Sauberkeitsbenotung ≤ 2) eingestuft.

Tabelle 4.4-3: Gesamt- und Verkehrsflächenangebot im Stall sowie Sauberkeitsbeurteilung der Laufflächen in der Haltung laktierender (LAK) und trockenstehender Kühe (TrS) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben

	System	Betriebe Anzahl	Gesamtfläche (m ² /Kuh)		Verkehrsfläche ¹ (m ² /Kuh)		sauber bewertete Lauffläche ¹ Anz. Betriebe
			MW ± SD (MIN - MAX)	Median	MW ± SD (MIN - MAX)	Median	
LAK	öko	19	8,3 ± 2,7 (4,4 - 15,2)	8,2	1,6 ± 2,3 (2,3 - 7,9)	4,3	4
	konv	18	6,1 ± 2,4 (1,5 - 10,4)	6,5	3,8 ± 1,2 (1,9 - 6,2)	3,5	2
	gesamt	37	7,3 ± 2,8 (1,5 - 15,2)	6,8	4,1 ± 1,4 (1,9 - 7,9)	3,7	6
TrS	öko	13	12,3 ± 6,0 (5,5 - 26,1)	12,2	5,4 ± 3,4 (1,3 - 12,7)	4,1	1
	konv	17	8,7 ± 4,8 (2,3 - 23,8)	8,4	5,0 ± 3,0 (0,6 - 12,5)	4,6	4
	gesamt	30	10,2 ± 5,6 (2,3 - 26,1)	8,7	5,2 ± 3,1 (0,6 - 12,7)	4,3	5

¹Angaben zum Verkehrsflächenangebot und zur Sauberkeitsbeurteilung beziehen sich bei LAK auf 32 Betriebe (18 ökologisch und 14 konventionell wirtschaftend) und bei TrS auf 24 Betriebe (11 ökologisch und 13 konventionell wirtschaftend), da hier Betriebe mit Einflächensystem- und Anbindehaltung nicht berücksichtigt sind.

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Tabelle 4.4-4: Flächenangebot im Auslauf sowie deren Sauberkeitsbeurteilung in der Haltung laktierender (LAK) und trockenstehender Kühe (TrS) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben

	System	Betriebe (Anz.)			Auslauffläche (m ² /Kuh)		sauber bewertete Lauffläche ¹ Anz. Betriebe
		gesamt	ohne Auslauf	mit Auslauf	MW ± SD (MIN - MAX)	Median	
LAK	öko	19	5	14	4,0 ± 4,0 (0,4 - 16,0)	2,8	3
	konv	18	13	5	1,7 ± 1,2 (0,2 - 3,6)	1,4	0
	gesamt	37	18	19	3,4 ± 3,6 (0,2 - 16,0)	1,9	3
TrS	öko	13	13	0	—	—	—
	konv	17	14	3	4,7 ± 2,1 (3,4 - 7,2)	3,6	1
	gesamt	30	27	3	4,7 ± 2,1 (3,4 - 7,2)	3,6	1

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben mit Liegeboxenlaufstallhaltung kamen Tiefboxen, ausgestattet mit einer Stroh-Mist-Matratze, am häufigsten zum Einsatz (vgl. Tabelle 4.4-5). Mit Ausnahme eines Betriebes, der im Auslauf einige Hochboxen ohne Einstreu hatte, waren die Liegeboxen, unabhängig vom Boxentyp, auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben mit Einstreu versehen. Auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben wurden hingegen Hochboxen etwas öfter genutzt als Tiefboxen. Im Fall der laktierenden Kühe waren die Hochboxen dabei auf 60 % der konventionell wirtschaftenden Betriebe eingestreut. Insgesamt etwa 65 bzw. 88 % der Pilotbetriebe boten den laktierenden bzw. trockenstehenden Tieren ein Tier-Liegeplatz-Verhältnis von $1: \geq 1$ an, d. h. stellten jedem Tier mindestens ein Liegeplatz zur Verfügung (vgl. Tabelle 4.4-6). Am Tag der Betriebsbesuche wurden die Liegeboxen auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben öfter als weich (d. h. Verformbarkeitsbenotung > 2), jedoch seltener als sauber (d. h. Sauberkeitsbenotung ≤ 2) bewertet als auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben. Allerdings muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass die Liegeboxen auch im Falle der konventionell wirtschaftenden Betriebe auf nur knapp 36 % der Betriebe als sauber bewertet wurden.

Tabelle 4.4-5: Boxengestaltung bei Haltung der laktierenden (LAK) und trockenstehenden Kühe (TrS) in Liegeboxenlaufställen auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben

	Betriebe ¹	Hochbox mit Boxenbelag							Tiefbox mit Boxenbelag			Anzahl Betriebe ¹ mit						
		Gummimatte			Komfortmatratze				Beton	Gummimatte		Beton	Seitenbegrenzung		Nackenriegel			
		Ein- streulos	mit Kalk	mit Einstreu	einstreu- los	mit Kalk	mit Einstreu	mit Einstreu	ein- streulos	mit Einstreu	mit Einstreu	freitra- gend	Pilz- bügel	Sonst.	flexibel	starr		
LAK	öko	12	1	0	0	0	0	0	2	0	0	3	7	8	6	3	3	11
	konv	13	0	0	2	2	1	1	2	1	1	2	3	9	6	1	1	12
	Ges.	25	1	0	2	2	1	1	4	1	1	5	10	17	12	4	4	23
TrS	öko	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	1	1	0	5
	konv	11	0	1	4	1	0	0	2	1	0	1	2	7	4	0	1	10
	Ges.	16	0	1	4	1	0	0	2	1	0	3	4	10	5	1	1	15

¹ Die jeweils über alle Boxentypen-, Seitenbegrenzungs- und Nackenriegelarten zusammengefasste Anzahl der Betriebe kann über der Anzahl Betriebe gesamt liegen, da es Betriebe mit mehreren unterschiedlichen Boxengestaltungen gibt.

² Stroh-Mist-Matratze.

Tabelle 4.4-6: Tier-Liegeplatz-Verhältnis und Boxenbewertung hinsichtlich Sauberkeit und Verformbarkeit bei Haltung der laktierenden (LAK) und trockenstehenden Kühe (TrS) in Liegeboxenlaufställen auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben

	Anzahl Betriebe		Tier-Liegeplatz-Verhältnis von			Liegeboxen bewertet als	
	System	gesamt	MW $\pm$ SD (MIN - MAX)	Median	1: $\geq$ 1 Anzahl	sauber	weich
LAK	öko	12	1,0 $\pm$ 0,1 (0,8 - 1,5)	1,0	8	2	9
	konv	13	1,0 $\pm$ 0,1 (0,8 - 1,5)	1,0	8	5	3
	gesamt	25	1,0 $\pm$ 0,1 (0,8 - 1,5)	1,0	16	7	12
TrS	öko	5	1,5 $\pm$ 0,8 (0,9 - 2,5)	1,0	4	2	1
	konv	11	1,3 $\pm$ 0,7 (0,8 - 3,4)	1,1	10	3	2
	gesamt	16	1,4 $\pm$ 0,7 (0,8 - 3,4)	1,1	14	5	3

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Bei Haltung in Zweiflächen- und Einflächensstallsystemen wurde den Kühen auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Mittel mehr Liege- bzw. Gesamtfläche zur Verfügung gestellt als auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben (vgl. Tabellen 4.4-7 und 4.4-8). Auf allen Betrieben mit Zweiflächensystemen wurde die Liegefläche als weich (d. h. Verformbarkeitsbenotung > 2) bewertet, wohingegen dies auf insgesamt etwa 73 % der Betriebe, die ein Einflächentiefstreusystem nutzten, der Fall war. Hierbei muss jedoch auch berücksichtigt werden, dass eine Haltung, v. a. der laktierenden Kühe, im Einflächensstallsystem recht selten praktiziert wurde. Insgesamt wurde der zum Betriebsbesuch visuell beurteilte Zustand der Liegeflächen auf 33 bis 70 % der Betriebe als sauber (d. h. Sauberkeitsbenotung ≤ 2) eingestuft.

In Hinblick auf die Gestaltung des Fressbereichs waren zwischen den beiden Wirtschaftsweisen generell keine gravierenden Unterschiede festzustellen (vgl. Tabelle 4.4-9). Der einzige ersichtliche Unterschied lag in der größeren Nackenrohrbreite pro Tier, die sich im Mittel der ökologisch wirtschaftenden Betriebe im Vergleich zu den konventionell wirtschaftenden Betrieben zeigte.

Tabelle 4.4-7: Liegeflächenangebot und deren Bewertung hinsichtlich Sauberkeit und Verformbarkeit bei Haltung der laktierenden (LAK) und trockenstehenden Kühe (TrS) in Zweiflächenstallsystemen auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben

	System	Betriebe Anzahl	Liegefläche (m ² /Kuh)		Liegefläche bewertet als	
			MW ± SD (MIN - MAX)	Median	sauber	weich
LAK	öko	8	6,1 ± 1,2 (5,0 - 8,0)	5,7	7	8
	konv	2	5,0 ± 0,6 (4,5 - 5,5)	5,0	0	2
	gesamt	10	5,9 ± 1,1 (4,5 - 8,0)	5,4	7	10
TrS	öko	6	7,0 ± 3,4 (3,0 - 13,3)	6,6	3	6
	konv	2	5,2 ± 1,0 (4,5 - 6,0)	5,2	1	2
	gesamt	8	6,5 ± 3,0 (3,0 - 13,3)	6,1	4	8

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Tabelle 4.4-8: Gesamtflächenangebot (= Liegeflächenangebot) und deren Bewertung hinsichtlich Sauberkeit und Verformbarkeit bei Haltung der laktierenden (LAK) und trockenstehenden Kühe (TrS) in Einflächenstallsystemen auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben

	System	Betriebe Anzahl	Gesamtfläche (m ² /Kuh)		Fläche bewertet als	
			MW ± SD (MIN - MAX)	Median	sauber	weich
LAK	öko	1	9,9 (—)	—	0	1
	konv	2	6,1 ± 0,8 (5,6 - 6,7)	6,1	0	2
	gesamt	3	7,4 ± 2,2 (5,6 - 9,9)	6,7	7	10
TrS	öko	3	14,2 ± 5,8 (8,1 - 19,7)	14,8	3	6
	konv	5	7,4 ± 5,2 (3,2 - 14,5)	4,4	1	2
	gesamt	8	9,9 ± 6,1 (3,2 - 19,7)	9,7	4	8

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Tabelle 4.4-9: Fressplatzgestaltung in der Haltung laktierender (LAK) und trockenstehender Kühe (TrS) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben

System	Anzahl Betriebe ¹				Fressgitter ³			Fressplatzbreite (cm)		Nackenrohrlänge (cm /Kuh)	
	Gesamt	Selbstfang-fressgitter	sonstigem Fressgitter ²	Nackenrohr	Tier-Fressplatz-Verhältnis (1 : x)		1 : ≥1	MW ± SD (MIN - MAX)	Median	MW ± SD (MIN - MAX)	Median
LAK	öko	19	16	2	5	1,1 ± 0,5 (0,7 - 3,0)	1,0	13	68,5 ± 9,8 (40,0 - 88,0)	66,5	234 ± 413 (20,0 - 974)
	konv	18	14	4	7	1,0 ± 0,2 (0,7 - 1,5)	1,0	8	71,4 ± 10,5 (63,0 - 106)	69,2	52,3 ± 16,2 (32,7 - 80,0)
	gesamt	37	30	6	12	1,1 ± 0,4 (0,7 - 2,0)	1,0	21	69,7 ± 10,0 (40,0 - 106)	68,0	128 ± 266 (20,0 - 974)
TrS	öko	13	7	1	5	1,7 ± 0,5 (1,0 - 2,6)	1,5	8	64,8 ± 7,6 (53,0 - 76,0)	63,5	90,7 ± 34,3 (40,0 - 120)
	konv	17	13	5	5	1,2 ± 0,4 (0,7 - 2,0)	1,1	11	66,6 ± 16,5 (40,0 - 106)	70,0	69,0 ± 38,4 (10,0 - 110)
	gesamt	30	20	6	10	1,4 ± 0,5 (0,7 - 2,6)	1,2	19	66,0 ± 13,7 (40,0 - 106)	65,5	79,9 ± 36,2 (10,0 - 120)

¹Die über alle Arten der Fressplatzgestaltung zusammengefasste Anzahl der Betriebe kann über der Anzahl Betriebe gesamt liegen, da es Betriebe mit mehreren unterschiedlichen Fressplatzgestaltungen gibt.

²Hierzu zählen Palisadenfressgitter ohne Selbstfangfunktion, Parallelfressgitter, Raufen (z. B. große Viereckraufen) und Fressplätze in Anbindung.

³Angaben zum Tier-Fressplatz-Verhältnis und zur Fressplatzbreite beziehen sich bei LAK jeweils auf 32 Betriebe (18 ökologisch und 14 konventionell wirtschaftend) und bei TrS auf 23 (8 ökologisch und 15 konventionell wirtschaftend) bzw. 22 Betriebe (8 ökologisch und 14 konventionell wirtschaftend).

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Im Vergleich zu den konventionell wirtschaftenden Betrieben bot ein größerer Anteil der ökologisch wirtschaftenden Betriebe sowohl den laktierenden als auch trockenstehenden Kühen Weidegang an (vgl. Tabelle 4.4-10). Darüber hinaus gewährten die ökologisch wirtschaftenden Weidebetriebe ihren Kühen im berücksichtigten Untersuchungszeitraum an mehr Tagen pro Jahr Zugang zu Weideflächen als die konventionell wirtschaftenden Weidebetriebe. Unterschiede zwischen den beiden Wirtschaftsweisen hinsichtlich der durchschnittlichen Anzahl an Weidestunden pro Tag konnte für die laktierenden Kühe nicht festgestellt werden, allerdings war diese für die trockenstehenden Kühe auf den ökologisch wirtschaftenden Weidebetrieben im Mittel etwas geringer als auf den konventionell wirtschaftenden Weidebetrieben, welche durchweg 24 Stunden Weidegang anboten.

Tabelle 4.4-10: Praktiziertes Weidesystem sowie durchschnittliche Anzahl an Weidetage pro Jahr und Weidestunden pro Tag in der Haltung laktierender (LAK) und trockenstehender Kühe (TrS) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben

	Anzahl Betriebe				Anzahl Betriebe mit Weidesystem				Weidetage /Jahr		Weidestunden /Tag	
	System	Ges.	Weidegang		Stand- weide	Umtriebs- weide	Rations- weide	Kurzrasen- weide	MW ± SD (MIN - MAX)	Median	MW ± SD (MIN - MAX)	Median
LAK	öko	19	2	17	3	5	1	8	200 ± 34,5 (126 - 264)	199	11,1 ± 5,3 (2,2 - 20,0)	9,6
	konv	18	10	8	2	5	0	1	181 ± 27,0 (136 - 215)	181	11,6 ± 6,6 (3,0 - 18,7)	12,4
	Ges.	37	12	25	5	10	1	9	194 ± 33,0 (126 - 264)	195	11,3 ± 5,6 (2,2 - 20,0)	9,6
TrS	öko	19	1	18	11	4	1	2	209 ± 34,0 (153 - 303)	208	19,9 ± 5,9 (7,5 - 24,0)	24,0
	konv	18	10	8 ¹	4	2	0	1	179 ± 14,1 (157 - 204)	177	24,0 ± 0,0 (24,0 - 24,0)	24,0
	Ges.	37	11	26	15	6	1	3		194		24,0

¹Hiervon ein Betrieb ohne Angabe des Weidesystems.

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

4.5 Charakterisierung des Managements sowie der Fütterungs- und Haltungssituation in der Kälber- und Jungviehaufzucht auf den Pilotbetrieben

Franziska Schulz, Kathrin Wagner, Peter Hinterstoißer, Maximilian Schüller,
Sylvia Warnecke, Hans Marten Paulsen

Zusammenfassung

Die Qualität der Kälber- und Jungviehaufzucht ist für eine erfolgreiche Milchproduktion von großer Bedeutung. Daneben beeinflusst die Gestaltung der Aufzucht maßgeblich das Wohlbefinden und die Gesundheit des Jungtieres. Aus diesen Gründen wurden zur Charakterisierung der Aufzuchtbedingungen ausgewählte Parameter aus den Bereichen Management, Fütterung sowie Haltung auf den ökologisch und konventionell wirtschaftenden Milchviehbetrieben des PilotbetriebeNetzwerks erfasst. Bei vielen der untersuchten Parameter war die einzelbetriebliche Variabilität hoch, auch innerhalb der beiden Wirtschaftsweisen (d. h. ökologisch/konventionell). Potentielle Vorteile der ökologisch wirtschaftenden Betriebe ergaben sich in den Bereichen Enthornungspraxis, Angebot von Weidegang, Stallhaltungssystem als auch Stallflächenangebot, welche aufgrund der gesetzlichen Vorgaben durch die Verordnung (EG) Nr. 889/2008 (2008) zu erwarten waren. Generell zeigte sich auf den Betrieben des PilotbetriebeNetzwerks, unabhängig von der Wirtschaftsweise, jedoch noch Optimierungsbedarf insbesondere in Hinblick auf die Gestaltung des Abkalbebereichs, die Tränkefütterung der Kälber, die Sauberkeit der Stallflächen sowie die Wasserversorgung im Stall. Eine Optimierung der Aufzuchtbedingungen dürfte nicht nur aufgrund einer Verbesserung des Tierwohls, sondern auch aufgrund ihres erwarteten Beitrages zu einer gesteigerten Nachhaltigkeit des Milchviehbetriebes von großem Interesse sein.

Schlüsselwörter: Aufzuchtbedingungen, Tränkekälber, Jungvieh, Management, Fütterung, Haltung, Wirtschaftsweise

Abstract

The quality of calf and young stock rearing is of great importance for a successful milk production. In addition, rearing conditions considerably affect the well-being and health of the young animals. For these reasons, selected parameters relating to management, feeding and housing were recorded on the organic and conventional dairy farms of the pilot farm network to characterize the rearing conditions on the farms. For many of the parameters studied, the variability among individual farms was high, even within the two farming systems (i. e., organic/conventional). Organic dairy farms had certain potential advantages in terms of practices for calf disbudding, providing access to pasture, housing system, and space allowance per animal, which were to be expected due to the legal requirements of Regulation (EC) No. 889/2008 (2008). In general, however, there was still a need for optimization on the dairy farms of the pilot farm network, irrespective of the type of farming system, in particular with regard to design and use of the calving area, milk feeding of calves, cleanliness of stables, as well as water supply in the stable. An optimization of the rearing conditions is likely to be of great interest not only because of an improvement in animal welfare, but also because of its expected contribution to increased sustainability of the dairy farm.

Keywords: rearing conditions, calves, management, feeding, housing, farming system

4.5.1 Einleitung und Zielsetzung

Zusammen mit den Futter- und Arbeitserledigungskosten zählt die Färsenaufzucht zur Bestandsergänzung zu den drei größten Kostenblöcken in der Milchproduktion. So ergaben Auswertungen des DLG-Projekts „Spitzenbetriebe Milcherzeugung“ im Jahr 2015, dass im Durchschnitt aller teilnehmenden Betriebe etwa 17 % der Gesamtkosten für die Milchviehhaltung auf die Färsenaufzucht entfallen. Auch wird der Grundstein für eine gesunde, produktive und langlebige Milchkuh bereits im jungen Alter des Tieres gelegt (DLG, 2016). Untersuchungen im Rahmen des Pilotbetriebesprojektes zeigten zudem, dass die Färsenaufzucht im Mittel aller Betriebe knapp 25 % der produktbezogenen Treibhausgasemissionen je kg energiekorrigierte Milch bedingt und somit eine wichtige Quelle für die Treibhausgasemissionen der Milchproduktion darstellt (Frank et al., 2015). Demnach ist die Qualität der Kälber- und Jungviehaufzucht für eine (wirtschaftlich) erfolgreiche und gleichzeitig nachhaltige Milchproduktion von großer Bedeutung.

Derzeit gibt es jedoch nur vereinzelt Untersuchungen, die Informationen zu den Aufzuchtbedingungen in deutschen Milchviehbetrieben bereitstellen (Welfare Quality®, 2010; Diersing-Espenhorst, 2014a; 2014b; Hoedemaker, 2018). Im Rahmen der Erhebungen auf den ökologisch und konventionell wirtschaftenden Milchviehbetrieben des Pilotbetriebsnetzwerks wurden deshalb auch ausgewählte Parameter zur Kälber- und Jungviehaufzucht aus den Bereichen Management, Fütterung sowie Haltung erfasst. Da diese die Rahmenbedingungen für das Wohlbefinden und die Gesundheit der gehaltenen Tiere festlegen, werden die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung in dieser Hinsicht eingeordnet und kurz diskutiert.

4.5.2 Material und Methoden

Bei den Datenerhebungen im Winter 2014/2015 und im Sommer 2015 auf den 37 Milchviehbetrieben des Pilotbetriebsnetzwerks, von denen 19 ökologisch und 18 konventionell wirtschaften, wurden die Tiere entsprechend ihres Alters fünf Kategorien (Kat) zugeteilt:

- Kat 0: Geburt bis zur Gruppeneingliederung (mit ca. 14 Tagen)
- Kat 1: Gruppeneingliederung bis zum Absetzen
- Kat 2: Absetzen bis zu einem Alter von ca. sechs Monaten
- Kat 3: Alter von ca. sechs Monaten bis zur Besamung
- Kat 4: Besamung bis zur Abkalbung bzw. Eingliederung in die Herde der laktierenden Kühe

Angaben zur Nabeldesinfektion nach der Geburt sowie Enthornungspraxis wurden in Interviews mit den Betriebsleitern erfragt. Darüber hinaus wurden der Kälbertränkeplan und die Rationszusammensetzungen für alle Jungviehkategorien der weiblichen Nachzucht für das MLP-Jahr 2015 (01.10.2014 bis 30.09.2015), das als Referenzjahr dient, erfasst. Informationen zum Kolostrummanagement (z. B. Zeitpunkt der ersten Kolostrumgabe und Überprüfung der Kolostrumqualität) wurden dabei jedoch nicht aufgenommen.

Im Bereich der Haltung wurden im Rahmen der Betriebsbesuche im Winter 2014/2015 für jede Haltungsgruppe der Kälber und des Jungviehs auf den Betrieben eine Skizze mit detaillierten Abmessungen der Liege- und Laufflächen angefertigt. Gleiches wurde bei Vorhandensein eines separaten Abkalbbereichs durchgeführt. Bei Vorhandensein von Liegeboxen wurden die Anzahl der Liegeboxen und Informationen

zur Liegeboxengestaltung (Boxentyp, Untergrundmaterial und Typ der Seitenbegrenzung) aufgenommen. Bei Laufflächen wurde die Art des Untergrunds (d. h. planbefestigt/perforiert) dokumentiert. Im Fressbereich wurden bei Vorhandensein von Fressgittern die Anzahl der Fressplätze und die Fressplatzbreite beziehungsweise die Nackenrohrlänge erfasst. Darüber hinaus wurden die Anzahl der Tränken sowie bei Verwendung von Trogtränken die Gesamttroglänge je Haltungsgruppe ermittelt. Eine Prüfung der Tränkeeinrichtungen auf Funktionsfähigkeit sowie ausreichende Nachflussgeschwindigkeit wurde bei den Betriebsbesuchen nicht vorgenommen. Der aktuelle Sauberkeitszustand der Liege- und Laufflächen wurde mit Hilfe eines fünfstufigen Systems (von Benotung 1 = sehr sauber bis 5 = sehr verschmutzt) visuell bewertet. Bei der späteren Auswertung wurden die Flächen bei einer Benotung von ≤ 2 als sauber gezählt. Bei der Sauberkeitsbeurteilung von Kälberiglus wurde diese gesondert für die Innen- und Außenfläche durchgeführt. Die beiden Werte wurden später jedoch zu einem Gesamtwert gemittelt, um eine bessere Vergleichbarkeit zur Einzelhaltung in Boxen (mit nur einer Fläche und somit einer Benotung) zu ermöglichen. Bei Vorhandensein mehrerer Haltungsgruppen innerhalb einer Jungviehkategorie wurden die Werte der Haltungsgruppen proportional zu ihrer Tierzahl zu einem Wert pro Betrieb und Kategorie zusammengefasst. Umrechnungen auf Pro-Tier-Basis (z. B. Stallflächenangebot) erfolgten unter Verwendung des Tierbestands am Tag des Betriebsbesuches. Das praktizierte Weidesystem und die Weidezeiträume (2014 und/oder 2015) aller Jungviehkategorien wurden in Interviews mit den Betriebsleitern erfragt.

4.5.3 Ergebnisse und Diskussion

4.5.3.1 Tränkekälber (Kat 0 und 1)

4.5.3.1.1 Management

Gestaltung des Abkalbebereichs: Die Bedingungen bei der Kalbung können eine große Gefahr für die Gesundheit des neugeborenen Kalbes darstellen. Um Kuh und Kalb einen guten Start in die Laktation bzw. ins Leben zu ermöglichen, sollten deshalb rund um die Kalbung Bedingungen geschaffen werden, die den Stress für Kuh und Kalb minimieren sowie hohen Komfort und gute Hygienebedingungen gewährleisten (Vasseur et al., 2010). Zur Unterbringung bieten sich hierbei separate Abkalbebuchten an, in denen sich die Kühe frei bewegen können. Diese sollten unter anderem ausreichend dimensioniert sein und einen trittsicheren Boden mit reichlich trockener und sauberer Einstreu aufweisen (DLG, 2015a).

Ein separater Abkalbebereich wurde auf 30 (14 ökologisch und 16 konventionell wirtschaftend) der 37 Betriebe des Pilotbetriebsnetzwerks bereitgestellt (81 %; vgl. Tabelle 4.5-1). Hierbei handelte es sich vorrangig um mit Stroh eingestreute Abkalbeboxen (27 von 30 Betrieben; 90 %). Einzelbuchten waren auf 16 Betrieben vorhanden, die im Median aller Betriebe eine Fläche von knapp 15 m² aufwiesen und auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben größer dimensioniert waren als auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben (im Median 17 vs. 14 m²). Empfehlungen des aid infodienstes (2015) und der DLG (2015a) zur Mindestgröße einer Abkalbebox reichen von 12 bis 18 m² für eine Einzelbucht bzw. von 10 bis 12 m² pro Kuh für eine Gruppenbucht. Vom KTBL (2009) wird allgemein eine Mindestgröße für Abkalbebuchten von 8 m² pro Kuh angegeben. Eine Mindestgröße der Einzelbucht von 8 m² wurde mit Ausnahme eines ökologisch wirtschaftenden Betriebes, dessen Abkalbebucht mit einer Größe von 6,5 m² als unzureichend einzustufen ist, auf allen Betrieben gewährt. Siebzehn Betriebe hielten Gruppenbuchten

vor, die im Median ca. 42 m² groß waren. Eine Angabe über das Platzangebot pro Kuh und somit Vergleich zu aktuellen Empfehlungswerten kann allerdings nicht gemacht werden, da zwar die Fläche der Gruppenbuchten bei den Betriebsbesuchen ausgemessen, die durchschnittliche oder maximale Kuhzahl pro Gruppenbucht jedoch nicht im Interview erfragt wurde.

Bei der visuellen Sauberkeitsbeurteilung am Erhebungstag wurde der Abkalbebereich auf lediglich 18 der 30 Betriebe als sauber eingestuft (60 %; vgl. Material und Methoden). Fehlende Sauberkeit im Abkalbebereich birgt ein hohes Gesundheitsrisiko v. a. für das neugeborene Kalb, beispielsweise hinsichtlich Durchfallerkrankungen (Lorenz et al., 2011a; Klein-Jöbstl et al., 2014). So stellten Klein-Jöbstl et al. (2014) in ihrer Fall-Kontroll-Studie mit 100 österreichischen Milchviehbetrieben fest, dass die Wahrscheinlichkeit für Kälber, an Durchfall zu erkranken, auf Betrieben geringer ist, die den Abkalbebereich nach jeder Kalbung reinigen als auf jenen, die eine Reinigung nur selten oder mehrmals im Jahr durchführen. Auch wenn es sich bei der visuellen Sauberkeitsbeurteilung der Flächen in der vorliegenden Untersuchung lediglich um eine Momentaufnahme handelt und Angaben zur Reinigung und Desinfektion des Abkalbebereichs nicht abgefragt wurden, lässt sich vermuten, dass das Einstreu- und Hygienemanagement auf einigen Betrieben noch optimiert werden könnte.

Vierzehn der Betriebe, die über einen separaten Abkalbebereich verfügten, gaben das Vorhandensein einer zusätzlichen Krankenbox an. Demzufolge wurde der Abkalbebereich in etwa der Hälfte der Betriebe gleichzeitig auch für kranke Kühe genutzt, was vergleichbar mit den Ergebnissen von Vasseur et al. (2010; 53 % der Betriebe) zu Managementpraktiken in der Kälberaufzucht auf 115 Milchviehbetrieben der kanadischen Provinz Quebec ist. In einer Untersuchung mit 56 niedersächsischen Milchviehbetrieben hingegen nutzen sogar knapp 75 % der Betriebe die Abkalbebox auch für kranke Kühe, wobei berücksichtigt werden muss, dass das Auswahlkriterium zur Teilnahme an der Studie hohe Kälberaufzuchtverluste (≥ 20 %) auf den Betrieben waren (Hoedemaker, 2018). Aufgrund der Gefahr der Übertragung von Infektionserregern wird von einer gleichzeitigen Nutzung der Abkalbebox für kranke Kühe jedoch unbedingt abgeraten (Vasseur et al., 2010; DLG, 2015a).

In Hinblick auf die Gestaltung des Abkalbebereichs ergibt sich auf den Betrieben des PilotbetriebeNetzwerks somit teilweise noch Verbesserungspotential bezüglich der Einrichtung eines separaten Abkalbebereichs sowie dessen Nutzungsart.

Tabelle 4.5-1: Gestaltung des Abkalbebereichs auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des PilotbetriebeNetzwerks

System	Anzahl Betriebe gesamt	Anzahl Betriebe mit			
		separatem Abkalbe- bereich	eingestreutem Abkalbe- bereich	zusätzlicher Krankenbox	als sauber eingestuftem Abkalbebereich
öko	19	14	14	8	10
konv	18	16	14	6	8
gesamt	37	30	28	14	18

Durchführung von Nabeldesinfektion: Zur Erstversorgung des Kalbes zählt unter anderem die Nabelkontrolle und -versorgung, da der Nabelstumpf eine potentielle Eintrittspforte für Krankheitserreger darstellt. Als Prophylaxe zur Vermeidung von Nabelentzündungen werden in der Regel Antiseptika (z. B. Jodtinktur) eingesetzt, um den Nabelstumpf zu reinigen und zu desinfizieren sowie sein Austrocknen und Ausheilen zu beschleunigen (Robinson et al, 2015; DLG, 2015b).

Eine Nabeldesinfektion erfolgte auf insgesamt 14 (5 ökologisch und 9 konventionell wirtschaftend) der 37 Betriebe des Pilotbetriebsnetzwerks (38 %; vgl. Tabelle 4.5-2), vorrangig innerhalb von zwei Stunden nach der Geburt (10 von 14 Betrieben; 71 %). Zur Nabeldesinfektion verwendeten die ökologisch wirtschaftenden Betriebe hauptsächlich Jod (3 von 5 Betrieben; 60 %), während auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben Blauspray und Jod gleich häufig (jeweils 4 von 9 Betrieben; 44 %) zum Einsatz kamen. Hoedemaker (2018) beobachtete in ihrer Untersuchung mit 56 niedersächsischen Milchviehbetrieben einen ähnlichen Anteil an Betrieben, die eine Nabeldesinfektion durchführten (30 % der Betriebe). Ebenso gaben in einer Umfrage des Magazins *dlz primus Rind* mit 170 Befragungsteilnehmern aus fünf europäischen Ländern (z. B. Deutschland und Italien) zur Kälberaufzucht 34 % der Betriebe an, stets den Nabel nach der Geburt zu desinfizieren, während 21 % gelegentlich eine Nabeldesinfektion durchführen und 45 % grundsätzlich darauf verzichten (Diersing-Espenhorst, 2014a). In der kanadischen Studie von Vasseur et al. (2010) führten hingegen knapp 63 % der untersuchten Milchviehbetriebe eine Nabeldesinfektion nach der Geburt durch, was gegebenenfalls auf generelle länderspezifische Unterschiede in der Verbreitung der Nabeldesinfektion hindeuten könnte. Vasseur et al. (2010) identifizierten darüber hinaus das Ausbleiben einer Nabeldesinfektion als einen wesentlichen Risikofaktor, der das Wohlbefinden von Tränkekälbern gefährden könnte. Allerdings sollte dem Auftreten von Nabelentzündungen v. a. mit einer Optimierung der Hygienebedingungen im Abkalbe- bzw. Kälberbereich (Brinkmann und March, 2010; Lorenz et al., 2011b) sowie Sicherstellung einer frühen und ausreichenden Versorgung des Kalbes mit Kolostrum (Lorenz et al., 2011b) begegnet werden.

Enthornungspraxis: Nach dem Tierschutzgesetz (2018) ist für die Entfernung der Hornanlagen sowie Enthornung von Kälbern im Alter von unter sechs Wochen keine Betäubung erforderlich. Allerdings verursachen diese Eingriffe sowohl Stress als auch Schmerzen beim Tier und haben somit enorme Auswirkungen auf das Tierwohl und die Tiergesundheit. Bei der Agrarministerkonferenz am 20.05.2015 in Bad Homburg wurde vereinbart, dass das Enthornen von Kälbern zur Schmerzreduktion zukünftig unter Gabe von Sedativa und Schmerzmitteln durchzuführen ist und Verstöße gegen dieses Fachrecht Cross-Compliance-Relevanz auslösen. Generell wird zur Schmerzausschaltung bei der Entfernung der Hornanlagen und Enthornung allerdings die kombinierte Gabe von Betäubungs- und Schmerzmitteln empfohlen (Stafford und Mellor, 2011). Nach Verordnung (EG) Nr. 889/2008 (2008) ist ein routinemäßiges Enthornen in der ökologischen Tierhaltung nicht gestattet, jedoch kann dieser Eingriff von der zuständigen Kontrollbehörde fallweise genehmigt werden. Um das Leid der Tiere hierbei auf ein Minimum zu begrenzen, müssen angemessene Betäubungs- und/oder Schmerzmittel verabreicht sowie der Eingriff nur im geeigneten Alter der Tiere und von qualifiziertem Personal vorgenommen werden. Der ökologische Anbauverband Demeter e. V. verbietet das Enthornen von Rindern gänzlich, während andere Anbauverbände (z. B. Naturland e. V. und Biokreis e. V.) von der Enthornung abraten und eine Durchführung mit Betäubungs- und Schmerzmitteleinsatz vorschreiben.

Aufgrund der genannten Neuerungen der Vorgaben zur Durchführung der Enthornung bei Kälbern in Deutschland werden im Folgenden die Ergebnisse der Sommererhebung 2015 zur Enthornungspraxis auf den Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks dargestellt (vgl. Tabelle 4.5-2).

Eine Entfernung der Hornanlage wurde auf allen konventionell wirtschaftenden Betrieben und sechs der ökologisch wirtschaftenden Betriebe (32 %) durchgeführt. Diese wurde mit Ausnahme eines konventionell wirtschaftenden Betriebes thermisch, d. h. mittels eines Brennstabes, durchgeführt (96 %). Der Einsatz einer lokalen Betäubung plus Schmerzmittel kam auf allen enthornenden ökologisch wirtschaftenden Betrieben, aber auch auf 11 der 18 konventionell wirtschaftenden Betriebe (61 %) zur Anwendung. Drei konventionell wirtschaftende Betriebe (17 %) führten die Entfernung der Hornanlagen ohne die Gabe von Betäubungs- oder Schmerzmitteln durch. In der Umfrage des Magazins *dlz primus Rind* zur Gestaltung der Kälberaufzucht führten 86 % der befragten Betriebe ein Enthornen der Kälber durch (Diersing-Espenhorst, 2014a), während in der Studie von Hoedemaker (2018) alle teilnehmenden niedersächsischen Betriebe enthornten. In beiden Erhebungen fehlt eine explizite Angabe zur Wirtschaftsweise der Betriebe (d. h. ökologisch/konventionell), auch wenn der hohe Anteil an Betrieben mit Enthornung eine, zumindest hauptsächlich, konventionelle Wirtschaftsweise der Betriebe nahelegt. Ebenso wie in der vorliegenden Untersuchung wurde die Enthornung in der Studie von Hoedemaker (2018) auf dem Großteil der Milchviehbetriebe thermisch durchgeführt (86 % der Betriebe). Hierbei setzten knapp 68 % der Betriebe Schmerzmittel ein, was den Ergebnissen unserer Untersuchung nahekommt (19 der 24 enthornenden Betriebe; 79 %). Im Gegensatz zur vorliegenden Untersuchung, wo die Gabe von Betäubungsmittel beim Enthornen auf den Betrieben stark verbreitet war (19 der 24 enthornenden Betriebe; 79 %), kamen Lokalanästhetika in der Untersuchung von Hoedemaker (2018) auf den Betrieben nicht zur Anwendung.

Zusammenfassend kann demnach festgehalten werden, dass auch ein Großteil der konventionell wirtschaftenden Betriebe des PilotbetriebeNetzwerks trotz fehlender rechtlicher Vorgaben eine der Empfehlung folgende Enthornung mit Betäubungs- und Schmerzmittelgabe durchführten. Aussagen zur Verwendung von Sedativa auf den Betrieben können nicht getroffen werden, da die Angaben zum Arzneimitteleinsatz bei der Entfernung der Hornanlagen und Enthornung im Rahmen der Durchführung des Welfare Quality® assessment protocol for cattle (2009) aufgenommen wurden und dieses alleinig den Einsatz von Betäubungs- und Schmerzmitteln berücksichtigt (vgl. Kapitel 4.7).

Die Nutzung genetisch hornloser Tiere wird in der Literatur häufig als mögliche Alternative zum Enthornen von Rindern diskutiert (Stafford und Mellor, 2011; aid infodienst, 2015; DLG, 2016). Der ökologische Anbauverband Demeter e. V. verbietet allerdings die Nutzung genetisch hornloser Tiere mit Ausnahme traditionell genetisch hornloser Rinderrassen wie beispielsweise Galloway. Zum Zeitpunkt der Betriebsbesuche gaben vier ökologisch wirtschaftende Betriebe an (21 % bzw. 11 % aller Betriebe), genetisch hornlose Tiere (20 bis 100 % der Herde) zu halten. Hingegen wurden auf keinem der konventionell wirtschaftenden Betriebe des PilotbetriebeNetzwerks genetisch hornlose Tiere eingesetzt. In der Umfrage des Magazins *dlz primus Rind* gaben 9 % der befragten Betriebe an, auf Hornlosigkeit zu züchten (Diersing-Espenhorst, 2014b). Trotz Fortschritten in der Hornloszucht (DLG, 2016) scheint die Nutzung genetisch hornloser Tiere demnach sowohl in der ökologischen als auch konventionellen Milchviehhaltung derzeit (noch) nicht weit verbreitet zu sein.

Tabelle 4.5-2: Durchführung von Nabeldesinfektion sowie Enthornungspraxis auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks

System	Anzahl Betriebe gesamt	Betriebe mit Durchführung von		Betriebe mit Enthornung unter Einsatz von		
		Nabel- desinfektion	Ent- hornung	Betäubung + Schmerzmittel (kombiniert)	Betäubung (alleinig)	Schmerz- mittel (alleinig)
öko	19	5	6	6	0	0
konv	18	9	18	11	2	2
gesamt	37	14	24	17	2	2

4.5.3.1.2 Fütterung

In den ersten Lebenswochen ist das Kalb vollkommen auf die Nährstoffversorgung über Flüssigfutter (d. h. Milch oder Milchaustauscher) angewiesen, da die Aufnahme an Festfutter während dieses Zeitraums noch gering ist (Lorenz et al., 2011b; aid infodienst, 2015). Demnach ist es ihnen über die Aufnahme an Festfutter nicht möglich, Nährstoffdefizite (z. B. Energie), die durch ein unzureichendes Angebot an Milch bzw. Milchaustauscher verursacht sind, auszugleichen, was das Kalb an Hunger leiden lässt und sich negativ auf die Immunfunktion und Leistungsentwicklung des Kalbes auswirken kann (Khan et al., 2011; Lorenz et al., 2011b; aid infodienst, 2015). Darüber hinaus gibt es Hinweise in der Literatur, dass sich ein höheres Nährstoffangebot aus Milchbestandteilen und somit Wachstum im frühen Leben des Kalbes positiv auf die spätere Leistungsfähigkeit, beispielsweise auf das Alter bei Eintritt der Zuchtrefe sowie Milchleistung in der ersten Laktation, auswirken kann (Vasseur et al., 2010; Khan et al., 2011).

In der vorliegenden Untersuchung standen für zwei Betriebe keine Informationen zur Fütterung der Tränkekälber zur Verfügung, sodass sich die folgenden Ergebnisse auf insgesamt 35 (18 ökologisch und 17 konventionell wirtschaftend) Betriebe beziehen.

Tränkefütterung: In der vorliegenden Untersuchung konnte zwischen den beiden Wirtschaftsweisen kein Unterschied in der durchschnittlichen täglichen Tränkemenge (über die gesamte Tränkephase hinweg, d. h. inklusive Abtränkephase) festgestellt werden (vgl. Tabelle 4.5-3). Sie betrug im Median 5,9 Liter pro Kalb und Tag. Auch in der Untersuchung von Hoedemaker (2018) mit 56 niedersächsischen Betrieben lagen die Tränkemengen der Kälber in Einzel- sowie Gruppenhaltung am häufigsten im Bereich zwischen 5 bis 6 Liter pro Kalb und Tag (47 bzw. 48 % der Betriebe), während in der Umfrage des Magazins dlz primus Rind der Großteil der Befragungsteilnehmer (69 % der Betriebe) eine Tränkemenge von 6 bis 8 Litern pro Kalb und Tag angab (Diersing-Espenhorst, 2014a). In vom Landwirtschaftszentrum Baden-Württemberg beispielhaft vorgeschlagenen Tränkeplänen ergeben sich bei acht und zehn Wochen Tränkedauer eine Gesamtmenge von etwa 322 bzw. 399 Litern pro Kalb im Fall von Vollmilch sowie 301 bzw. 427 Litern (entsprechend 38 bzw. 46 kg) pro Kalb im Fall von Milchaustauscher (van Ackeren, 2013). Umgerechnet entspricht dies einer mittleren Tränkemenge von 5,7 Litern Vollmilch bzw. 5,4 bis 6,1 Litern Milchaustauscher pro Kalb und Tag, was im Bereich der im Median vertränkten Menge auf den

Betrieben des Pilotbetrieбенnetzwerks liegt. Jedoch wurden auf insgesamt drei Betrieben mit durchschnittlich $\leq 3,8$ Litern Vollmilch pro Kalb und Tag lediglich Mengen verfüttert, die nicht oder lediglich knapp den Energiebedarf des Kalbes (bei 50 kg Lebendgewicht) für die Erhaltung abdecken (Bedarf für Erhaltung nach GfE (2001): 0,53 MJ umsetzbare Energie pro kg metabolischem Körpergewicht).

Auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetrieбенnetzwerks war die Tränkedauer im Median deutlich länger als die der konventionell wirtschaftenden Betriebe (104 vs. 72 Tage; vgl. Tabelle 4.5- 3). Dies war zu erwarten, da im ökologischen Landbau die Versorgung des Kalbes mit Vollmilch für eine Mindestzeit von drei Monaten nach Verordnung (EG) Nr. 889/2008 (2008) gesetzlich vorgeschrieben ist. Der Maximalwert von 365 Tagen Tränkedauer wurde auf einem der ökologisch wirtschaftenden Betriebe mit Ammenhaltung erfasst. In der Untersuchung von Hoedemaker (2018) erfolgte eine Entwöhnung der Kälber von der Tränke auf den meisten Betrieben ab einem Alter von neun bis zwölf Wochen (78 % der Betriebe), was somit etwa im Bereich der beobachteten mittleren Tränkedauer der konventionell wirtschaftenden Betriebe des Pilotbetrieбенnetzwerks liegt. Auch Marcé et al. (2010) konnten in ihrer Studie zur Beschreibung der hauptsächlich vorkommenden Kälberhaltungssysteme in 14 europäischen Ländern (z. B. Deutschland und Österreich) für die teilnehmenden Betriebe in Deutschland am häufigsten ein Absetzalter der Kälber von zehn Wochen feststellen. Übereinstimmend empfiehlt die DLG (2016) eine Tränkedauer von mindestens zehn Wochen, wobei mit dem Abtränken aufgrund noch nicht vollständig abgeschlossener Verdauungsenzymentwicklung frühestens ab der siebten Lebenswoche begonnen werden sollte. In der vorliegenden Untersuchung wiesen fünf konventionelle Betriebe (29 % der konventionellen Betriebe bzw. 14 % aller Betriebe) eine Tränkedauer von unter zehn Wochen auf (42 bis 65 Tage). Neben dem Alter der Kälber sollte das Absetzen der Tränke jedoch v. a. auch in Abhängigkeit von der Festfutteraufnahme erfolgen (Roth et al., 2009; DLG, 2016). Eine Abfrage der entscheidenden Kriterien für das Absetzen der Tränke auf den Betrieben erfolgte in der vorliegenden Untersuchung allerdings nicht. In der Studie von Hoedemaker (2018) berücksichtigten lediglich 13 und 19 % der teilnehmenden Milchviehbetriebe aus Niedersachsen die Kraftfutter- bzw. Raufutteraufnahme als Kriterium für das Absetzen der Tränke. Übereinstimmend gaben 15 % der an der Umfrage des Magazins dlz primus Rind teilnehmenden Betriebe an, die Kälber anhand der Kraftfutteraufnahme abzusetzen (Diersing-Espenhorst, 2014a).

In der vorliegenden Untersuchung wurde auch auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben recht häufig ausschließlich Vollmilch während der Tränkephase verfüttert. So setzten lediglich sieben konventionell wirtschaftende Betriebe (41 %) Milchaustauscher während der Tränkephase ein (vgl. Tabelle 4.5-4), wobei die Betriebe zwischen dem ersten und fünfzehnten Lebenstag mit der Fütterung von Milchaustauscher (im Median 7,0 Tage; Daten nicht dargestellt) begannen. Dies stimmt mit den Ergebnissen der Umfrage des Magazins dlz primus Rind (Diersing-Espenhorst, 2014a) sowie einer Studie zur Kälberaufzucht auf konventionell und ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieben in Großbritannien (Langford et al., 2009) überein, bei denen 38 % der Betriebe bzw. 40 % der konventionellen Betriebe Milchaustauscher einsetzten. In der Untersuchung von Hoedemaker (2018) setzten knapp 45 % der niedersächsischen Betriebe Milchaustauscher zur Fütterung der Kälber in Einzelhaltung ein, meist ab der ersten bis zweiten Lebenswoche (78 % der Betriebe). Den Kälbern in Gruppenhaltung wurde hingegen deutlich häufiger Milchaustauscher als Tränke verabreicht (70 % der Betriebe).

Die Entwöhnung des Kalbes von Milch bzw. Milchaustauscher stellt die erste Fütterungsumstellung im Leben des Tieres dar (Vasseur et al., 2010). Um diese Phase für das Kalb möglichst stressfrei zu gestalten und Leistungseinbrüche beim Absetzen zu minimieren bzw. zu verhindern, wird empfohlen, nicht

abrupt, sondern graduell abzutränken (Vasseur et al., 2010; Khan et al., 2011; Lorenz et al., 2011b). Zudem identifizierten Vasseur et al. (2010) das abrupte Abtränken als eine der am häufigsten verbreiteten Managementpraktik auf den untersuchten Betrieben ihrer Studie, die das Wohlbefinden von Tränkekälbern gefährden könnte. In der vorliegenden Untersuchung führten insgesamt 22 von 33 Betrieben (67 %; exklusive Betriebe mit reiner Ammenhaltung; vgl. Tabelle 4.5-4) ein graduelles Abtränken (über mehrere Reduktionsstufen) durch, was deutlich weniger ist als von Vasseur et al. (2010) und Hoedemaker (2018) für die an ihrer Studie teilnehmenden kanadischen bzw. niedersächsischen Milchviehbetriebe beobachtet (90 bzw. 87 % der Betriebe). Auch im Endbericht des Welfare Quality® Projekts zur Entwicklung eines ersten Prototyps zur Tierwohlbewertung von Kälbern und Aufzuchtfärsen (2010) setzten insgesamt 85 % der deutschen und österreichischen Betriebe (51 von 60 Betrieben) die Tränkekälber graduell ab. Werden in der vorliegenden Untersuchung jedoch noch Betriebe hinzugezählt, welche die Milchmenge zur Entwöhnung um wenigstens eine Reduktionsstufe verringern (z. B. Reduktion von 8 auf 4 Liter pro Kalb und Tag für die letzten Tage der Tränkeperiode), so erhöht sich der Anteil der Betriebe auf ein Niveau, welches vergleichbar mit den genannten Studien ist (82 %; 27 von 33 Betrieben). Während ein graduelles Abtränken in der Studie von Langford et al. (2009) tendenziell häufiger auf den teilnehmenden ökologisch als konventionell wirtschaftenden Betrieben durchgeführt wurde (21 von 26 Betrieben vs. 15 von 25 Betrieben), konnte in der vorliegenden Untersuchung kein Unterschied zwischen den beiden Wirtschaftsweisen hinsichtlich der Art des Absetzens festgestellt werden.

Tabelle 4.5-3: Durchschnittliche Tränkedauer und -menge der Kälber auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks

System	Anzahl Betriebe gesamt	Tränkedauer (Tage)		Tränkemenge (Liter /Tier und Tag)		Tränkemenge (Liter /Tier)	
		MW ± SD (MIN - MAX)	Median	MW ± SD (MIN - MAX)	Median	MW ± SD (MIN - MAX)	Median
öko	18	125 ± 65 (84 - 365)	104	5,6 ± 1,4 (2,4 - 8,0)	5,9	679 ± 243 (225 - 1179)	643
konv	17	75 ± 18 (42 - 120)	72	6,0 ± 1,1 (3,7 - 8,9)	5,8	455 ± 136 (227 - 784)	438
gesamt	35	101 ± 54 (42 - 365)	90	5,8 ± 1,3 (2,4 - 8,9)	5,9	570 ± 226 (225 - 1179)	515

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Tabelle 4.5-4: Vorkommen von Ammenhaltung, Fütterung von Milchaustauscher (MAT) während der Tränkephase und stufenweisem Abtränken auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks

System	Anzahl Betriebe gesamt	Anzahl Betriebe mit		
		Ammenhaltung	Fütterung von MAT	stufenweisem Abtränken
öko	18	3	0	10
konv	17	0	7	12
gesamt	35	3	7	22

Fütterung von Festfutter: Die Aufnahme von Festfutter ist entscheidend für die Pansenentwicklung des Kalbes und somit dessen Entwicklung zum Wiederkäuer. So beginnen Kälber selbst bei unbegrenztem Milchangebot bereits im Alter von etwa zwei Wochen Festfutter aufzunehmen (Khan et al., 2011). Die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2017) schreibt vor, dass Kälbern spätestens vom achten Lebenstag an Raufutter oder sonstiges rohfaserreiches strukturiertes Futter zur freien Aufnahme angeboten werden muss. Übereinstimmend hierzu lag der Zeitpunkt der Zufütterung von Raufutter auf den Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks im Median bei 8,0 Tagen (Daten nicht dargestellt). Dabei legten neun (5 ökologisch und 4 konventionell wirtschaftend) der 35 Betriebe (26 %) Raufutter sogar bereits ab dem ersten oder zweiten Lebenstag vor (Daten nicht dargestellt). In der Umfrage des Magazins dlz primus Rind gaben 48 % der teilnehmenden Betriebe an, nach dem achten Lebenstag mit der Festfütterung zu beginnen (Diersing-Espenhorst, 2014a). Verglichen zur vorliegenden Untersuchung legten mit einem Anteil von 13 % allerdings verhältnismäßig wenige Betriebe der Umfrage bereits zwischen dem ersten und dritten Lebenstag der Kälber Festfutter vor. In der vergleichenden Studie von Langford et al. (2009) zur Kälberaufzucht auf ökologisch und konventionell wirtschaftenden Milchviehbetrieben in Großbritannien wurde den Kälbern Rau- und Kraftfutter im durchschnittlichen Alter von 7,0 Tagen angeboten, wobei kein Unterschied zwischen den beiden Wirtschaftsweisen festgestellt wurde.

In der vorliegenden Untersuchung wurde den Tränkekälbern auf 30 bzw. 21 der 35 Betriebe (86 bzw. 60 %) Heu bzw. Mais- und/oder Grassilage verfüttert (Einzelvorlage oder als Bestandteil der vorgelegten Laktiererration; Daten nicht dargestellt), wobei letztgenannte zum Teil erst ab einem höheren Alter gegeben wurden, wie es in der Literatur oft empfohlen wird (Kirchgeßner, 2004; DLG, 2016). Übereinstimmend stellte Hoedemaker (2018) in ihrer Untersuchung mit niedersächsischen Milchviehbetrieben fest, dass mit der Zufütterung von Silagen am häufigsten in der sechsten bis siebten Lebenswoche begonnen wird (38 % der Betriebe). Derzeit gilt eine gemischte Festfütterration von Rau- und Kraftfutter (z. B. Heu und Getreide) zur Stimulation der gesamten Pansenentwicklung als besonders vorteilhaft. Während chemische Reize hauptsächlich die Entwicklung der Pansenmucosa und -zotten anregen, tragen mechanische Reize (z. B. durch Heugaben hervorgerufen) zur Muskelentwicklung und so zur Vergrößerung des Pansen Volumens bei (Kirchgeßner, 2004; Khan et al., 2011). Aufgrund dessen ist es nicht überraschend, dass der Einsatz von Kraftfutter während der Tränkephase auf den Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks sehr verbreitet war. So setzten lediglich zwei ökologisch wirtschaftende Betriebe der Region Süd keinerlei Kraftfutter ein (5,6 % aller Betriebe; Daten nicht dargestellt).

In der vorliegenden Untersuchung kann zusammenfassend festgehalten werden, dass mit Ausnahme der Tränkedauer und des Einsatzes von Milchaustauscher, keine weiteren Unterschiede in der Fütterung der Tränkekälbern zwischen den beiden Wirtschaftsweisen festgestellt werden konnten. Auf vereinzelteten Betrieben sollte über eine Erhöhung der Tränkemenge, v. a. in den ersten Lebenswochen, wo das Kalb noch keine nennenswerte Menge an Festfutter aufnimmt, nachgedacht werden. Zudem besteht auf mindestens einem Fünftel der Betriebe des PilotbetriebeNetzwerks noch Verbesserungspotential in Hinblick auf die Art des Entwöhnens der Kälber von der Tränke (graduell statt abrupt). Diese Maßnahmen zielen nicht nur auf eine Verbesserung der Gesundheit und des Wohlbefindens der Kälber ab, sondern könnten auch in Hinblick auf die Leistungsfähigkeit der späteren Milchkuh von Vorteil sein.

4.5.3.1.3 Haltung

Die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2017) schreibt vor: „Ställe müssen so gestaltet sein, dass die Kälber ungehindert liegen, aufstehen, sich hinlegen, eine natürliche Körperhaltung einnehmen, sich putzen sowie ungehindert Futter und Wasser aufnehmen können.“ Folglich ist zum einen die Anbindehaltung von Kälbern verboten. Zum anderen muss den Kälbern ausreichend Platz zur Verfügung gestellt werden. So beobachteten beispielsweise Calvo-Lorenzo et al. (2016), dass sich eine Erhöhung des Platzangebots für Kälber in Einzelhaltung positiv auf verschiedene Leistungs- und Gesundheitsparameter (z. B. tägliche Lebendmassezunahme) sowie den Verschmutzungsgrad der Tiere auswirkte. Außerdem zeigten Kälber in Einzel- (Jensen et al., 1998) als auch Gruppenhaltung (Jensen et al., 1998; Jensen und Kyhn, 2000) bei höherem Platzangebot mehr Spielverhalten, welches bedeutend für die Entwicklung sozialer Kompetenzen der Tiere ist (Rushen et al., 2008).

Während die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2017) die Haltung von Kälber im Alter von bis zu acht Wochen in Einzelhaltung erlaubt, ist die Unterbringung von Kälbern in Einzelhaltung nach der ersten Lebenswoche gemäß der Verordnung (EG) Nr. 889/2008 (2008) in der ökologischen Tierhaltung verboten. Die anfängliche Einzelhaltung von Kälbern entspricht dem hohen Ruhebedürfnis des neugeborenen Tieres, während ihr späteres hohes Bedürfnis nach Bewegung und Sozialkontakt nur durch Gruppenhaltung befriedigt werden kann (Sambras et al., 2002). Die Vermutung, dass eine Einzelhaltung von Kälbern Vorteile gegenüber einer Gruppenhaltung bezüglich der Kälbergesundheit (v. a. Atemwegs- und Durchfallerkrankungen) hat, konnte durch Studien bislang nicht konsistent bestätigt werden (Costa et al., 2016). Allerdings dürfte die Kontrolle der Kälber hinsichtlich ihres Gesundheitszustandes bei Einzel- verglichen zur Gruppenhaltung leichter sein, was eine schnellere Identifikation und gegebenenfalls Behandlung kranker Kälber ermöglichen könnte. Eine im Rahmen des Welfare Quality® Projekts durchgeführte Risikofaktorenanalyse mit Milchviehbetrieben aus Deutschland und Österreich (2010) zeigte allerdings auch, dass agonistische Verhaltensweisen bei Kälbern verstärkt beobachtet werden können, wenn die Dauer der Einzelhaltung über sieben Wochen beträgt (im Vergleich zu einer Dauer von bis zu drei Wochen sowie vier bis sieben Wochen, zwischen welchen kein Unterschied festgestellt wurde).

Stallsystem: In der vorliegenden Untersuchung setzten 20 (6 ökologisch und 14 konventionell wirtschaftend) Betriebe für die Einzelhaltung der Tränkekälber (Kat 0) Boxen ein (63 %), während 12 (8 ökologisch und 4 konventionell wirtschaftend) Betriebe Iglus nutzten (37 %; Daten nicht dargestellt). Hierbei setzte ein ökologisch wirtschaftender Betrieb beide Systeme ein. In der Untersuchung von Hoedemaker (2018) hingegen wurden die in Einzelhaltung aufgestellten Kälber bevorzugt in Iglus gehalten (67 % der Betriebe

mit Iglus vs. 49 % der Betriebe mit Boxen). Sowohl auf den ökologisch als auch konventionell wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks erfolgte die Gruppenhaltung der Tränkekälber (Kat 1) am häufigsten im Einflächentiefstreusystem (vgl. Tabelle 4.5-5).

Tabelle 4.5-5: Vorkommen verschiedener Stallsysteme für die Jungviehkategorien (Kat) 1 bis 4 auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks

Kategorie	System	Anz. Betriebe	Anzahl Betriebe ¹ mit							
			Einflächen-system		Zweiflächen-system		Boxen-laufstall		Anbindung	System nicht bekannt
			Voll-spalten	Tief-streu	Plan-befestigt	Per-foriert	Plan-befestigt	Per-foriert		
1	öko	19	0	15	5	0	0	0	0	1
	konv	18	0	15	2	1	0	1	0	0
	Ges.	37	0	30	7	1	0	1	0	1
2	öko	18	0	8	6	3	0	3	0	0
	konv	18	1	9	1	1	0	7	1	0
	Ges.	36	1	17	7	4	0	10	1	0
3	öko	19	0	2	7	2	2	6	0	1
	konv	18	5	3	1	0	0	8	1	0
	Ges.	37	5	5	8	2	2	14	1	1
4	öko	18	0	1	8	2	2	6	0	0
	konv	18	4	4	0	0	2	10	2	1
	Ges.	36	4	5	8	2	4	16	2	1

¹Die über alle Stallsysteme zusammengefasste Anzahl der Betriebe kann über der Anzahl Betriebe gesamt liegen, da es Betriebe mit mehreren unterschiedlichen Stalltypen gibt.

Stallflächenangebot: Auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben wurde den Tränkekälbern sowohl in Einzel- (Kat 0) als auch Gruppenhaltung (Kat 1) im Median etwa doppelt so viel Stallfläche pro Kalb zur Verfügung gestellt als auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben (2,9 vs. 1,5 m² für Kat 0 bzw. 5,0 vs. 2,5 m² für Kat 1; vgl. Tabelle 4.5-6 bzw. 4.5-7). Insgesamt lag das Stallplatzangebot auf den Betrieben der vorliegenden Untersuchung (im Median 2,1 und 3,7 m² pro Tier für Kat 0 bzw. 1) höher als jenes, welches im Rahmen des Welfare Quality® Projekts zur Entwicklung eines ersten Prototyps zur Tierwohlbewertung von Kälbern und Aufzuchtfärsen (2010) auf den teilnehmenden Betrieben in Deutschland und Österreich beobachtet wurde (im Median 1,8 und 2,7 m² pro Tier für Kat 0 bzw. 1). Hierbei muss allerdings angemerkt werden, dass Informationen zur Wirtschaftsweise der Betriebe in der Studie des

Welfare Quality® Projekts (2010) nicht angegeben wurden. Die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2017) und Verordnung (EG) Nr. 889/2008 (2008) enthalten Vorgaben zum Mindestflächenangebot für Kälber (d. h. Hausrinder im Alter von bis zu sechs Monaten) bzw. Zucht- und Mastrinder im Allgemeinen (d. h. zusätzlich auch Hausrinder im Alter von über sechs Monaten). In beiden Fällen orientieren sich die Vorgaben für Gruppenhaltung am Lebendgewicht der Tiere. Auch wenn Angaben zum mittleren Lebendgewicht der Tiere in Gruppenhaltung auf den Betrieben des Pilotbetrieбенnetzwerks im Allgemeinen nicht vorhanden sind und so unklar ist, welche gesetzliche Vorgabe im Einzelfall konkret Gültigkeit hat, können trotzdem zwei interessante Beobachtungen hinsichtlich des Flächenangebots für die Tränkekälber in Gruppenhaltung (Kat 1) gemacht werden. Zum einen wies am Erhebungstag im Winter jeweils ein ökologisch und konventionell wirtschaftender Betrieb mit 0,9 bzw. 1,1 m² pro Kalb in Gruppenhaltung (vgl. Tabelle 4.5-7) ein Stallflächenangebot auf, welches unter den gesetzlichen Vorgaben der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2017) bzw. Verordnung (EG) Nr. 889/2008 (2008) für die jeweils geringste angegebene Lebendgewichtskategorie lag (1,5 m² pro Kalb bis zu einem Lebendgewicht von 150 bzw. 100 kg). Demnach kann die angebotene Stallfläche für die Tränkekälber in Gruppenhaltung auf diesen beiden Betrieben eindeutig als unzureichend eingestuft werden. Zum anderen boten die ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betriebe (ohne Berücksichtigung der zuvor genannten Betriebe) zwischen 2,1 bis 14,5 bzw. 1,8 bis 6,4 m² pro Tier an. Dabei übertraf das Stallflächenangebot der konventionell wirtschaftenden Betriebe mit 2,5 m² pro Tier im Median die in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2017) für die höchste Lebendgewichtskategorie vorgeschriebene Mindestfläche (1,8 m² pro Kalb mit einem Lebendgewicht von mehr als 220 kg). Die Stallfläche, die die ökologisch wirtschaftenden Betriebe den Tränkekälbern in Gruppenhaltung im Median zur Verfügung stellten (5,0 m² pro Kalb), lag sogar im Bereich der Vorgaben der Verordnung (EG) Nr. 889/2008 (2008) zur Mindeststallfläche, die für Zucht- und Mastrinder mit einem Lebendgewicht von mehr als 350 kg angegeben ist (5 m² pro Tier, mindestens 1 m² pro 100 kg Lebendgewicht).

Tabelle 4.5-6: Stallflächenangebot und deren Sauberkeitsbeurteilung von Tränkekälbern in Einzelhaltung (Jungviehkategorie (Kat) 0) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetrieбенnetzwerks

System	Anzahl Betriebe gesamt	Fläche (m ² /Tier)		Anzahl Betriebe mit als sauber eingestufte Fläche
		MW ± SD (MIN - MAX)	Median	
öko	14	2,8 ± 1,3 (0,9 - 6,0)	2,8	8
konv	17	1,8 ± 0,8 (0,6 - 4,1)	1,6	13
gesamt	31	2,3 ± 1,1 (0,6 - 6,0)	2,1	21

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Tabelle 4.5-7: Stallflächenangebot und deren Sauberkeitsbeurteilung von Tränkekälbern in Gruppenhaltung (Jungviehkategorie (Kat) 1) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks

System	Anzahl Betriebe gesamt	Fläche (m ² /Tier)		Anzahl Betriebe mit als sauber eingestufte Fläche
		MW ± SD (MIN - MAX)	Median	
öko	19	5,8 ± 3,5 (0,9 - 14,5)	5,0	6
konv	18	3,1 ± 1,4 (1,1 - 6,4)	2,5	7
gesamt	37	4,5 ± 3,0 (0,9 - 14,5)	3,7	13

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Sauberkeitsbeurteilung der Stallflächen: Neben Mindestwerten für das Stallflächenangebot schreibt die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2017) in den allgemeinen Anforderungen an das Halten von Kälbern außerdem vor, dass Kälbern im Stall ein trockener Liegebereich zur Verfügung stehen muss und sie nicht mehr als unvermeidbar in Kontakt mit Kot und Urin kommen dürfen. So können sich nasse Liegematratzen, z. B. bedingt durch zu geringes und/oder zu seltenes Einstreuen, nicht nur negativ auf das Stall- und Mikroklima, den Liegekomfort und die Tiersauberkeit sowie Thermoregulation der Kälber auswirken, sondern auch Atemwegserkrankungen und Nabelentzündungen bedingen (Brinkmann et al., 2016). Zudem wurde eine Akkumulation von Dung in der Haltungsbucht im Rahmen des Welfare Quality® Projekts (2010) als Risikofaktor für das Auftreten von anderen Erkrankungen als jene der Atemwege bei Kälbern und Jungvieh identifiziert.

Im Rahmen der Betriebsbesuche im Winter wurde deshalb auch die Sauberkeit der Flächen visuell bewertet (vgl. Tabelle 4.5-6 und 4.5-7). Es hat sich gezeigt, dass die Flächen bei Einzelhaltung der Tränkekälber generell auf deutlich mehr Betrieben als sauber eingestuft wurden als bei Gruppenhaltung (21 von 31 Betrieben (68 %) vs. 14 von 37 Betrieben (38 %)). Dazu passend stellte Hoedemaker (2018) in ihrer Studie mit niedersächsischen Milchviehbetrieben fest, dass eine vollständige Entmistung, Reinigung und Desinfektion des Liegebereichs in Gruppenhaltung (Tränkekälber und abgesetzte Kälber) deutlich seltener durchgeführt wurde als in Einzelhaltung der Kälber. Hinsichtlich der Einzelhaltung deuteten sich darüber hinaus in der vorliegenden Untersuchung Unterschiede zwischen den zwei Wirtschaftsweisen an. So wurden die Flächen am Tag der Erhebung auf 14 konventionell wirtschaftenden Betrieben (78 %), aber nur auf sieben ökologisch wirtschaftenden Betrieben (54 %) als sauber eingestuft. Hierbei muss zum einen allerdings der geringere Stichprobenumfang der ökologisch wirtschaftenden Betriebe hinsichtlich der Einzelhaltung der Tränkekälber berücksichtigt werden (13 ökologisch vs. 18 konventionell wirtschaftende Betriebe). Zum anderen wurden die Tränkekälber auf den ökologisch im Gegensatz zu den konventionell wirtschaftenden Betrieben vermehrt in Iglus gehalten (vgl. oben). Auf sechs der insgesamt 12 Betriebe (50 %), die ihre Tränkekälber in Einzeliglus hielten, wurden die Flächen als verschmutzt eingestuft, was in der Regel auf eine schlechte Sauberkeitsbeurteilung der Außenfläche der Iglus zurückzuführen war. Im Vergleich dazu waren es bei den Betrieben mit Unterbringung der Tränkekälber in Einzelboxen mit vier von 20 Betrieben (20 %) verhältnismäßig wenig. Die Frage, ob diese Beobachtung lediglich

durch einzelbetriebliche Managementeinflüsse bedingt ist oder generelle Unterschiede zwischen Einzelboxen und -iglus hinsichtlich ihres Verschmutzungspotentials widerspiegelt und somit gegebenenfalls einen Erklärungsansatz für den geringeren Anteil an ökologisch wirtschaftenden Betrieben mit als sauber eingestufte Fläche in Einzelhaltung darstellen könnte, bleibt jedoch ungeklärt. Darüber hinaus muss bei der Interpretation der Ergebnisse allgemein berücksichtigt werden, dass es sich bei der Sauberkeitsbeurteilung der Flächen im Gegensatz zur Erfassung der Verschmutzungen am Tier, welche in der vorliegenden Untersuchung nicht durchgeführt wurde, lediglich um eine Momentaufnahme handelt und folglich weniger aussagekräftig ist.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung, dass den Tränkekälbern auf den Betrieben des Pilotbetrieбенnetzwerks, mit Ausnahme von zwei Betrieben, ausreichend Stallfläche angeboten wurde, wobei auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Schnitt mehr Platz gewährt wurde als auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben. Dem Bereich Sauberkeit sollte jedoch, besonders aufgrund der hohen Bedeutung für Wohlbefinden und Gesundheit der Kälber, insgesamt noch mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden (v. a. bei Gruppenhaltung).

4.5.3.2 Abgesetzte Kälber (Kat 2) und Jungvieh (Kat 3 und 4)

4.5.3.2.1 Fütterung

Nach Verordnung (EG) Nr. 889/2008 (2008) muss im ökologischen Landbau mindestens 60 % der Trockenmasse in der Tagesration von Pflanzenfressern aus frischem, getrocknetem oder siliertem Raufutter bestehen. Darüber hinaus existieren für die Fütterung von Wiederkäuern je nach Anbauverband noch weitere Vorgaben. So verbietet Demeter e. V. beispielsweise eine auf die Tagesration bezogene reine Silagefütterung von Wiederkäuern.

In Hinblick auf die Rationszusammensetzung (auf Trockensubstanzbasis), zusammengefasst für den Altersabschnitt vom Abtränken der Kälber bis zur Kalbung bzw. Eingliederung der Färsen in die Herde der Laktierer (d. h. exklusive eventuell durchgeführter Vorbereitungsfütterung der Färsen), deuteten sich sowohl Unterschiede zwischen den zwei Wirtschaftsweisen (vgl. Tabelle 4.5-8) als auch zwischen den vier Regionen des Pilotbetrieбенnetzwerks an (Daten nicht dargestellt). So setzten die konventionell wirtschaftenden Betriebe im Vergleich zu den ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Median mehr Kraftfutter (5,6 vs. 2,3 %) und Maissilage (15 vs. 1,7 %) sowie weniger Heu (0,1 vs. 7,8 %) in der Ration ein. Der höchste Anteil an Heu wurde mit 16 % im Median auf den Südbetrieben beobachtet (0,0, 0,4 bzw. 3,9 % für die Betriebe der Region Nord, West bzw. Ost). Die Ostbetriebe wiesen im Median mit 10 bzw. 19 % den höchsten Anteil an Kraftfutter bzw. Maissilage (3,6, 2,8 bzw. 0,4 % Kraftfutter sowie 8,6, 6,4 bzw. 1,7 % Maissilage für die Betriebe der Region Nord, West bzw. Süd) sowie mit 16 % den geringsten Anteil an Weidefutter in der Ration auf (39, 39 bzw. 35 % für die Betriebe der Region Nord, West bzw. Süd). Insgesamt verzichteten vier (3 ökologisch und 1 konventionell wirtschaftend) bzw. neun (7 ökologisch und 2 konventionell wirtschaftend) Betriebe auf jeglichen Einsatz von Kraftfutter bzw. Maissilage.

Zusammenfassend kann trotz der aufgeführten Unterschiede festgehalten werden, dass die Fütterung während der Aufzucht auf nahezu allen Betrieben als stark grünfutterbasiert (in frischer plus konservierter Form), häufig mit einem hohen Anteil an Weidefutter, charakterisiert werden kann.

Tabelle 4.5-8: Durchschnittliche Zusammensetzung der Jahresration (auf Trockensubstanzbasis) für den Altersabschnitt vom Abtränken der Kälber bis zur Kalbung bzw. Eingliederung der Färsen in die Herde der Laktierer (d. h. exklusive eventuell durchgeführter Vorbereitungsfütterung der Färsen) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks

System	Anz. Betriebe	Kraftfutter		Maissilage		Gras- und Kleegrassilagen		Heu		Weidefutter		sonst. Grund- und Saftfutter	
		MW ± SD (MIN - MAX)	Median	MW ± SD (MIN - MAX)	Median	MW ± SD (MIN - MAX)	Median	MW ± SD (MIN - MAX)	Median	MW ± SD (MIN - MAX)	Median	MW ± SD (MIN - MAX)	Median
öko	19	3,2 ± 3,5 (0 - 12,8)	2,3	4,2 ± 6,2 (0 - 24,5)	1,7	30,2 ± 18,5 (0 - 63,2)	33,1	17,0 ± 25,0 (0 - 92,4)	7,8	36,9 ± 14,5 (7,6 - 59,9)	38,8	8,7 ± 10,8 (0 - 33,0)	2,4
konv	18	6,4 ± 5,3 (0 - 15,3)	5,6	18,1 ± 16,3 (0 - 58,0)	15,0	37,2 ± 23,6 (0 - 93,5)	38,8	6,1 ± 11,3 (0 - 33,2)	0,1	23,7 ± 20,0 (0 - 47,3)	34,7	6,7 ± 9,1 (0 - 28,1)	3,2
Ges.	37	4,7 ± 4,7 (0 - 15,3)	2,8	10,9 ± 14,0 (0,0 - 58,0)	6,4	33,6 ± 21,1 (0 - 93,5)	34,4	11,7 ± 20,1 (0 - 92,4)	1,4	31,2 ± 17,7 (0 - 59,9)	36,1	7,9 ± 10,0 (0 - 33,0)	3,2

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

4.5.3.2.2 Haltung

4.5.3.2.2.1 Weidegang

Weidegang wird, zumindest im zweiten Lebensjahr des Jungviehs, uneingeschränkt empfohlen (Meyer, 2005). So bietet die Weidehaltung eine Reihe von Vorteilen für die Entwicklung der Tiere, beispielsweise hinsichtlich Skelett- und Muskulaturentwicklung (DLG, 2016), Klauengesundheit und Fruchtbarkeit (Meyer, 2005), und ermöglicht den Tieren, ihr art eigenes Verhalten voll auszuleben (Schleip et al., 2016). Darüber hinaus stellt die Fütterung auf der Weide eine kostengünstige Art der Raufutternutzung dar (Schleip et al., 2016). In der ökologischen Tierhaltung müssen Pflanzenfresser wie Rinder Zugang zu Weideland erhalten, wann immer es die Umstände gestatten, um ein Maximum an Weidegang zu gewährleisten (Verordnung (EG) Nr. 889/2008, 2008).

Auf den Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks war Weidegang während der Aufzucht stark verbreitet, wobei sich dieser hauptsächlich auf das Jungvieh beschränkte (Kat 3 und 4; d. h. Tiere im Alter von über sechs Monaten; vgl. Tabelle 4.5-9). Lediglich sechs konventionell wirtschaftende Betriebe (33 % bzw. 16 % aller Betriebe) boten für keine der Jungviehkategorie Weidegang an, wovon drei Betriebe in der Region Süd lagen. Zudem ist an dieser Stelle erwähnenswert, dass alle Betriebe der Region Nord Weidegang während der Aufzucht gewährten. In der Untersuchung von Hoedemaker (2018) gaben knapp 65 % der teilnehmenden niedersächsischen Milchviehbetriebe an, dem Jungvieh im Sommer Weidegang zu gewähren, während es im Winter knapp 2 % der Betriebe waren. Auf den Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks war, unabhängig von der Jungviehkategorie und der Wirtschaftsweise, die Standweide das am häufigsten verwendete Weidesystem. Sowohl auf den ökologisch als auch konventionell wirtschaftenden Betrieben, die Weide anboten, wurde dem Jungvieh (Kat 3 und 4) zum größten Teil mehr als 180 Weidetage im Jahr gewährt (55 bis 83 % der Betriebe; Daten nicht dargestellt).

Tabelle 4.5-9: Praktiziertes Weidesystem und durchschnittliche Weidetage pro Jahr für die Jungviehkategorien (Kat) 2 bis 4 auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks

Kat	System	Anzahl Betriebe			Anzahl Betriebe ¹ mit Weidesystem				Weidetage pro Jahr	
		Ges.	ohne Weidegang	mit Weidegang	Standweide	Umtriebsweide	Rationsweide	Kurzrasenweide	MW ± SD (MIN - MAX)	Median
2	öko	19	15	4	4	0	0	0	216 ± 61,8 (169 - 303)	196
	konv	18	16	2	1	1	0	0	185 ± 0,0 (185 - 185)	185
	gesamt	37	31	6	5	1	0	0	205 ± 50,4 (169 - 303)	185
3	öko	19	0	19	12	7	1	0	193 ± 53,2 (47 - 329)	201
	konv	18	7	11	10	3	0	1	163 ± 53,4 (42 - 210)	180
	gesamt	37	7	30	22	10	1	1	182 ± 54,4 (42 - 329)	189
4	öko	19	1	18	13	5	1	0	204 ± 26,5 (153 - 231)	213
	konv	18	6	12	7	5	0	1	183 ± 14,4 (154 - 210)	185
	gesamt	37	7	30	20	10	1	1	196 ± 24,4 (153 - 231)	192

¹Die über alle Weidesysteme zusammengefasste Anzahl der Betriebe kann über der Anzahl Betriebe gesamt liegen, da es Betriebe mit mehreren unterschiedlichen Weidesystemen gibt.

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Insgesamt wurde dem Jungvieh somit nicht nur auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben, sondern auch auf der Mehrzahl der konventionell wirtschaftenden Betriebe Weidegang in hohem Maße angeboten. Auch wenn eine Einführung von Weidehaltung aus Sicht des Tierwohls auf allen konventionell wirtschaftenden Betrieben an sich wünschens- und empfehlenswert wäre, dürfte dies z. B. aufgrund von Innerortslage des Betriebes nicht immer umsetzbar sein. Gegebenenfalls wäre in diesen Fällen das Angebot eines Laufhofes ein guter Kompromiss, um die positiven Effekte der Außenklimareize und zusätzlichen Bewegungsmöglichkeit auf die Tiergesundheit und das Wohlbefinden zu nutzen.

4.5.3.2.2.2 Stallhaltung

Während in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2017) lediglich konkrete Anforderungen an die Haltung von Kälbern (d. h. Hausrinder im Alter von bis zu sechs Monaten) formuliert sind, enthält die Verordnung (EG) Nr. 889/2008 (2008) auch Vorgaben für Zucht- und Mastrinder in höherem Alter, beispielsweise zum Mindestangebot an Stallfläche. Darüber hinaus muss den Tieren in der ökologischen Tierhaltung eine eingestreute Liegefläche (z. B. mit Stroh) bereitgestellt werden (Verordnung (EG) Nr. 889/2008, 2008).

Stallsystem: In der vorliegenden Untersuchung wurden Einflächentiefstreuställe bzw. -buchten sowohl auf den ökologisch als auch konventionell wirtschaftenden Betrieben hauptsächlich zur Haltung der abgesetzten Kälber (Kat 2), seltener des Jungviehs (Kat 3 und 4), genutzt (vgl. Tabelle 4.5-5). Zweiflächensysteme (Tiefstreu- und Tretmistställe) waren ein weit verbreitetes Haltungssystem auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben, während sie auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben nur vereinzelt zum Einsatz kamen. Das Vorkommen von Liegeboxenlaufställen nahm bei beiden Wirtschaftsweisen mit steigendem Alter der Tiere (d. h. von Kat 2 zu 4) zu, wurde aber generell häufiger auf den konventionell als ökologisch wirtschaftenden Betrieben genutzt (50 % der konventionell vs. 34 % der ökologisch wirtschaftenden Betriebe, zusammengefasst für die Kat 2 bis 4). Unabhängig von der Jungviehkategorie kamen auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben vorrangig Tiefboxen mit Stroheinstreu oder Stroh-Mist-Matratze zum Einsatz, während die konventionell wirtschaftenden Betriebe hauptsächlich einstreulose Hochboxen mit Gummimatte oder Komfortmatratze nutzten (vgl. Tabelle 4.5-15). Eine Haltung des Jungviehs auf Vollspaltenboden kam auf fünf (Kat 3) bzw. vier (Kat 4) konventionell wirtschaftenden Betrieben vor. Anbindehaltung wurde auf insgesamt vier konventionell wirtschaftenden Betrieben für jeweils eine einzelne Jungviehkategorie praktiziert. Auf zwei Betrieben stand den Tieren hierbei eine täglich frisch mit Stroh eingestreute Liegefläche zur Verfügung, während in den anderen beiden Fällen eine uneingestreute Liegefläche mit Gummimatte angeboten bzw. die Tiere in Anbindung auf Vollspaltenboden gehalten wurden. Keiner der Betriebe mit Anbindehaltung gewährte den Tieren Auslauf und lediglich ein Betrieb bot den Tieren im Sommer Weidegang an. Auch in der Untersuchung von Hoedemaker (2018) hielt ein Teil der niedersächsischen Milchviehbetriebe das Jungvieh in der Stallperiode im Winter auf Vollspaltenboden und in Anbindung (30 bzw. 11 % der Betriebe), wobei jedoch der Liegeboxenlaufstall das hauptsächliche Haltungssystem war (72 % der Betriebe, Mehrfachnennungen möglich).

Eine Haltung des Jungviehs auf reinen Vollspaltenböden erfüllt zum einen nicht die Anforderungen der Tiere an eine weiche, verformbare und wärmegeämmte Liegefläche und kann zum anderen dazu führen, dass die Tiere bei späterer Haltung im Liegeboxenlaufstall die Liegeboxen schlechter annehmen und vermehrt auf den Verkehrsflächen ruhen (LAVES, 2007). So schnitt in der Studie von Absmanner et al. (2009), in der vier verschiedene Haltungssysteme (Vollspaltenbuchten vs. Vollspaltenbuchten mit Gummiauflage vs. stroheingestreute Buchten vs. kombiniertes Aufzuchtssystem aus stroheingestreuten Buchten und Vollspaltenbuchten) für die Aufzucht von Bullen unter Praxisbedingungen in Österreich verglichen wurden, das stroheingestreute System bezüglich einiger Parameter des Liegekomforts (z. B. Auftreten von atypischen Abliegebewegungen sowie Schwierigkeiten beim Aufstehen) besser ab als die anderen untersuchten Haltungssysteme. Zudem beobachteten Keane et al. (2017), dass Färsen zur Fleischproduktion nicht nur weniger Zeit mit Liegen verbrachten, sondern auch eine niedrigere durchschnittliche tägliche Lebendmassezunahme bei höherem Futteraufnahme-Gewichtszunahme-Verhältnis aufwiesen, wenn sie bei gleichem Platzangebot (6 m² pro Tier) auf Vollspalten vs. Stroh gehalten wurden. Anbindehaltung hingegen schränkt die Ausübung wesentlicher artgener Verhaltensweisen (z. B. das

Bewegungs- und Sozialverhalten) erheblich ein (Popescu et al., 2013; Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2015). Von der Haltung auf Vollspalten und in Anbindung während der Jungviehaufzucht ist aus den genannten Gründen deshalb aus Sicht des Tierwohls generell abzuraten.

Stallflächenangebot: Ein unzureichendes Flächenangebot beeinträchtigt das Wohlbefinden der Tiere aufgrund eingeschränkter Ruhemöglichkeit sowie mangelnder Bewegungsfreiheit, was beispielsweise das Auftreten von Produktionskrankheiten, wie Lahmheiten, begünstigen kann (Brinkmann et al., 2016). Zudem konnte in Studien beobachtet werden, dass Färsen bei Angebot von 1,8 vs. 2,7 oder 3,6 m² eingestreuter Liegefläche pro Tier vermehrt agonistische Verhaltensweisen (Kopfstöße und Verdrängungen) zeigten (Mogensen et al., 1997; Nielsen et al., 1997) sowie eine geringere tägliche Lebendmassezunahme infolge einer niedrigeren Futteraufnahme aufwiesen (Mogensen et al., 1997).

In der vorliegenden Untersuchung stand dem Jungvieh der Kat 4 im Median aller Betriebe und Haltungssysteme mit 7,0 m² pro Tier mehr Stallfläche zur Verfügung als den jüngeren Tieren (5,3 m² pro Tier für Kat 2 und 3; vgl. Tabelle 4.5-10). Die ökologisch wirtschaftenden Betriebe boten den Tieren im Median mehr Platz im Stall an als die konventionell wirtschaftenden Betriebe und wiesen darüber hinaus ebenfalls höhere Minimal- und Maximalwerte auf.

Darüber hinaus konnten Unterschiede im Platzangebot bezüglich des Haltungssystems beobachtet werden (vgl. Tabellen 4.5-11 bis 4.5-14 sowie 4.5-16). Zusammengefasst für die Jungviehkategorien stand den Tieren bei Haltung auf Vollspaltenboden (2,3 m² pro Tier) und in Anbindung (2,9 m² pro Tier) im Median deutlich weniger Stallfläche zur Verfügung als in den anderen Haltungssystemen (5,0, 7,3 bzw. 5,7 m² pro Tier bei Einflächentiefstreusystem, Zweiflächensystem bzw. Liegeboxenlaufstall; Daten nicht dargestellt). Das vergleichsweise hohe Stallflächenangebot des Zweiflächensystems lässt sich hierbei mit seinem nahezu ausschließlichen Vorkommen auf ökologischen Betrieben erklären (28 ökologische und 3 konventionelle Betriebe), welche im Median mehr Platz zur Verfügung stellten als die konventionellen Betriebe mit diesem Haltungssystem (7,7 vs. 5,3 m² pro Tier; Daten nicht dargestellt). Hingegen war das Stallflächenangebot der ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betriebe bei Haltung im Einflächentiefstreusystem und Liegeboxenlaufstall im Median etwa gleich groß (5,5 vs. 4,6 m² pro Tier im Einflächentiefstreusystem bzw. 5,8 vs. 5,6 m² pro Tier im Liegeboxenlaufstall; Daten nicht dargestellt). Darüber hinaus ist es auch denkbar, dass die festgestellten Unterschiede zwischen den Haltungssystemen des für die Jungviehkategorien zusammengefassten Stallflächenangebots durch das relative Vorkommen der Haltungssysteme in den verschiedenen Jungviehkategorien beeinflusst sind (z. B. Vorkommen des Einflächentiefstreusystems v. a. in der Kat 2). Wird das Stallflächenangebot jedoch getrennt für die einzelnen Jungviehkategorien und Haltungssysteme betrachtet, so wurde den Tieren im Zweiflächensystem im Median fast durchweg deutlich mehr Platz zur Verfügung gestellt als bei Haltung im Einflächentiefstreusystem und Liegeboxenlaufstall (vgl. Tabellen 4.5-12 bis 4.5-14). Einzige Ausnahme bildete hierbei die Kat 4, bei der den Tieren im Zweiflächen- und Einflächentiefstreusystem mit jeweils 8,0 m² pro Tier im Median gleich viel Stallfläche angeboten wurde. Während den Kat 2 und 3 bei Haltung im Liegeboxenlaufstall im Median mehr Stallfläche pro Tier bereitgestellt wurde als im Einflächentiefstreusystem (5,4 vs. 4,7 m² pro Tier für Kat 2 bzw. 5,4 vs. 5,0 m² pro Tier für Kat 3), war es bei der Kat 4 umgekehrt

(6,9 vs. 8,0 m² pro Tier). Demnach dürfte ein möglicher Effekt des relativen Vorkommens der Haltungssysteme in den verschiedenen Jungviehkategorien auf das für die Jungviehkategorien zusammengefasste Stallflächenangebot unbedeutend sein.

Bei Haltung im Liegeboxenlaufstall konnte kein über die Jungviehkategorien hinweg durchgängiger Unterschied des Tier-Liegeplatz-Verhältnisses zwischen ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben festgestellt werden (vgl. Tabelle 4.5-14). Um allen Tieren ein gleichzeitiges Ruhen zu ermöglichen und soziale Auseinandersetzungen zu reduzieren bzw. zu vermeiden, sollte jedem Tier mindestens ein Liegeplatz zur Verfügung gestellt werden, wie es allgemein für Milchkühe empfohlen wird (LAVES, 2007; Schrader, 2009). Das Tier-Liegeplatz-Verhältnis betrug auf 100 (Kat 2), 73 (Kat 3) bzw. 87 % (Kat 4) der Betriebe des PilotbetriebeNetzwerks 1: ≥ 1 , während 67 (Kat 2), 27 (Kat 3) bzw. 53 % (Kat 4) sogar ein Tier-Liegeplatz-Verhältnis von 1: > 1 , d. h. ein Überangebot von Liegeplätzen, aufwiesen. Insbesondere rangniedere Tiere dürften von einem solchen Überangebot profitieren, da es ihnen durch das Auslassen von Liegeboxen ermöglicht wird, beim Ruhen eine (größere) Distanz zu ranghöheren Tieren zu wahren (LAVES, 2007).

Die Betriebe in Deutschland und Österreich, die im Welfare Quality® Projekt zur Entwicklung eines ersten Prototyps zur Tierwohlbewertung von Kälbern und Aufzuchtfärsen (2010) herangezogen wurden, wiesen mit einem Flächenangebot (ohne Berücksichtigung von Anbindehaltung) von 3,8 (Kat 2), 4,3 (Kat 3) und 6,0 m² pro Tier (Kat 4) im Median geringere Werte auf als die Betriebe in der vorliegenden Untersuchung (5,3, 5,4 und 7,1 m² pro Tier für Kat 2, 3 bzw. 4 exklusive Anbindehaltung; Daten nicht dargestellt). Das Stallflächenangebot der konventionell wirtschaftenden Betriebe des PilotbetriebeNetzwerks lag hierbei mit Werten (exklusive Anbindehaltung) von 4,9 (Kat 2), 4,2 (Kat 3) und 5,8 m² pro Tier (Kat 4; Daten nicht dargestellt) im Median in einem ähnlichen Bereich wie die Betriebe der Studie des Welfare Quality® Projekts (2010), jedoch teilweise deutlich höher, wenn das Flächenangebot lediglich mit den deutschen Betrieben der genannten Studie verglichen wird (im Median 2,9, 3,6 und 5,4 m² pro Tier für Kat 2, 3 bzw. 4 exklusive Anbindehaltung). Da auf den Betrieben des PilotbetriebeNetzwerks im Allgemeinen Angaben zum mittleren Lebendgewicht der einzelnen Jungviehkategorien nicht vorhanden sind, ist unklar, welche in der Verordnung (EG) Nr. 889/2008 (2008) für den ökologischen Landbau gesetzlich vorgeschriebene Mindeststallfläche im Einzelfall konkret Gültigkeit hat. Wird die durchschnittliche tägliche Zunahme während der Aufzucht der ökologisch wirtschaftenden Betriebe des PilotbetriebeNetzwerks unterstellt (602 g pro Tag), deren Berechnung unter der vereinfachten Annahme eines linearen Wachstums auf dem mittleren Erstkalbealter der ökologisch wirtschaftenden Betriebe (31,3 Monate) sowie Standardwerten für Geburtsgewicht und Lebendgewicht einer adulten Kuh (39 bzw. 705 kg) basiert, ergeben sich zum Ende des Altersabschnitts Kat 2, 3 und 4 Lebendgewichte von 149, 423 bzw. 599 kg. Demnach wäre nach der Verordnung (EG) Nr. 889/2008 (2008) eine Mindeststallfläche von 2,5 (Kat 2) bzw. 5 m² pro Tier (Kat 3 und 4) vorgeschrieben, welche von den ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Median übertroffen wurde (6,3, 7,2 und 7,1 m² pro Tier für Kat 2, 3 bzw. 4; vgl. Tabelle 4.5-10).

Tabelle 4.5-10: Stallflächenangebot sowie Zugang zu Auslauf und Weide für die Jungviehkategorien (Kat) 2 bis 4 auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks

Kat	System	Anzahl Betriebe gesamt	Stallfläche (m ² /Tier)		Anzahl Betriebe mit	
			MW ± SD (MIN - MAX)	Median	Auslauf	Weidegang ¹
2	öko	17	7,5 ± 3,6 (3,9 - 18,2)	6,3	5	4
	konv	18	4,8 ± 1,9 (2,3 - 8,8)	5,0	2	2
	gesamt	35	6,1 ± 3,1 (2,3 - 18,2)	5,3	7	6
3	öko	18	10,6 ± 10,2 (3,7 - 48,8)	7,2	4	19
	konv	18	3,9 ± 1,7 (1,3 - 6,9)	3,9	3	11
	gesamt	36	7,3 ± 8,0 (1,3 - 48,8)	5,3	7	30
4	öko	16	8,1 ± 2,8 (4,6 - 14,1)	7,1	3	18
	konv	17	5,7 ± 2,5 (1,5 - 9,6)	5,8	2	12
	gesamt	33	6,9 ± 2,9 (1,5 - 14,1)	7,0	5	30

¹Angaben zum Weidegang beziehen sich auf eine Gesamtanzahl von jeweils 37 (19 ökologisch und 18 konventionell wirtschaftend) Betrieben für Kat 2 bis 4.

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Tabelle 4.5-11: Stallflächenangebot und deren Sauberkeitsbeurteilung auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks bei Haltung der Jungviehkategorie (Kat) 2 bis 4 im Vollspaltensystem

Kat	Anzahl Betriebe gesamt	Fläche (m ² /Tier)		Betriebe mit als sauber eingestufte Fläche
		MW ± SD (MIN - MAX)	Median	
2	1	2,4 (—)	—	0
3	5	2,3 ± 0,9 (1,3 - 3,7)	2,2	1
4	4	2,1 ± 0,4 (1,7 - 2,7)	2,1	1

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Tabelle 4.5-12: Stallflächenangebot und deren Sauberkeitsbeurteilung auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks bei Haltung der Jungviehkategorie (Kat) 2 bis 4 im Einflächentiefstreusystem

Kat	System	Anzahl Betriebe gesamt	Fläche (m ² /Tier)		Betriebe mit als sauber eingestufte Fläche
			MW ± SD (MIN - MAX)	Median	
2	öko	8	6,6 ± 3,1 (3,1 - 12,0)	5,6	4
	konv	9	4,4 ± 2,0 (2,3 - 8,5)	3,8	5
	gesamt	17	5,4 ± 2,7 (2,3 - 12,0)	4,7	9
3	öko	2	9,2 ± 5,2 (5,5 - 12,9)	9,2	0
	konv	3	3,7 ± 1,5 (2,0 - 12,9)	4,2	2
	gesamt	5	5,9 ± 4,1 (2,0 - 12,9)	5,0	2
4	öko	1	5,4 (—)	—	0
	konv	4	8,6 ± 3,1 (5,2 - 12,8)	8,2	1
	gesamt	5	7,9 ± 3,1 (5,2 - 12,8)	7,9	1

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Tabelle 4.5-13: Stallflächenangebot und deren Sauberkeitsbeurteilung auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks bei Haltung der Jungviehkategorie (Kat) 2 bis 4 im Zweiflächensystem (beinhaltet Tiefstreu- und Tretmistställe)

Kat	System	Anzahl Betriebe gesamt	Verkehrsfläche (m ² /Tier)		Liegefläche (m ² /Tier)		Betriebe mit als sauber eingestufte	
			MW ± SD (MIN - MAX)	Median	MW ± SD (MIN - MAX)	Median	Verkehrs- fläche	Liege- fläche
2	öko	9	3,0 ± 2,1 (1,1 - 8,5)	2,4	5,1 ± 2,5 (2,7 - 9,7)	3,8	3	5
	konv	2	2,5 ± 0,2 (2,3 - 2,6)	2,5	2,8 ± 0,0 (2,8 - 2,8)	2,8	1	2
	gesamt	11	2,9 ± 1,9 (1,1 - 8,5)	2,4	4,7 ± 2,4 (2,7 - 9,7)	3,6	4	7
3	öko	9	3,8 ± 2,0 (1,4 - 6,9)	3,5	5,2 ± 2,4 (3,3 - 11,2)	4,0	3	3
	konv	1	0,8 (—)	—	4,4 (—)	—	0	0
	gesamt	10	3,5 ± 2,1 (0,8 - 6,9)	3,2	5,2 ± 2,3 (3,3 - 11,2)	4,2	3	3
4	öko	10	3,6 ± 1,3 (2,0 - 6,0)	3,4	5,4 ± 1,8 (3,3 - 8,5)	5,0	3	5
	konv	0	—	—	—	—	—	—
	gesamt	10	3,6 ± 1,3 (2,0 - 6,0)	3,4	5,4 ± 1,8 (3,3 - 8,5)	5,0	3	5

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Tabelle 4.5-14: Stallflächenangebot und deren Sauberkeitsbeurteilung auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks bei Haltung der Jungviehkategorie (Kat) 2 bis 4 im Liegeboxenlaufstall

Kat	System	Anzahl Betriebe gesamt	Verkehrsfläche (m ² /Tier)		Tier-Liegebox-Verhältnis (1 : x)		Betriebe mit als sauber eingestufte	
			MW ± SD (MIN - MAX)	Median	MW ± SD (MIN - MAX)	Median	Verkehrs- fläche	Liege- fläche ¹
2	öko	2	3,5 ± 1,7 (2,3 - 4,7)	3,5	1,3 ± 0,2 (1,2 - 1,5)	1,3	0	0
	konv	7	2,6 ± 0,5 (1,8 - 3,1)	3,0	1,1 ± 0,1 (1,0 - 1,4)	1,1	1	1
	gesamt	9	2,8 ± 0,8 (1,8 - 4,7)	3,0	1,2 ± 0,1 (1,0 - 1,5)	1,2	1	1
3	öko	7	10,3 ± 14,7 (1,9 - 42,5)	3,1	1,1 ± 0,4 (0,8 - 2,2)	1,0	0	0
	konv	8	2,5 ± 0,9 (1,3 - 3,9)	2,3	0,9 ± 0,2 (0,6 - 1,2)	1,0	4	1
	gesamt	15	6,1 ± 10,4 (1,3 - 42,5)	3,0	1,0 ± 0,3 (0,6 - 2,2)	1,0	4	1
4	öko	5	3,5 ± 2,0 (1,4 - 6,7)	2,8	1,1 ± 0,3 (0,7 - 1,6)	1,0	0	0
	konv	10	3,9 ± 0,9 (2,5 - 5,4)	3,7	1,1 ± 0,1 (0,9 - 1,4)	1,1	2	1
	gesamt	15	3,8 ± 1,3 (1,4 - 6,7)	3,5	1,1 ± 0,2 (0,7 - 1,6)	1,1	2	1

¹Angaben zur Sauberkeit der Liegeflächen beziehen sich auf eine Gesamtanzahl von 5 (1 ökologisch und 4 konventionell wirtschaftend), 6 (2 ökologisch und 4 konventionell wirtschaftend) und 7 (1 ökologisch und 6 konventionell wirtschaftend) Betrieben für Kat 2, 3 bzw. 4.

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Tabelle 4.5-15: Boxengestaltung auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks bei Haltung der Jungviehkategorien (Kat) 2 bis 4 im Liegeboxenlaufstall

Kat	System	Anzahl Betriebe gesamt	Anzahl Betriebe ¹ mit									Seiten- begrenzung	
			Hochbox mit					Tiefbox mit					
			Gummimatte		Komfortmatratze		Beton	Gummi- matte einstreulos	Beton mit Einstreu	Stroh- Mist- Matratze	frei- tragend	Pilz- bügel	
		einstreu- los	mit Einstreu	einstreu- los	mit Einstreu	mit Einstreu							
2	öko	2	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	
	konv	7	5	0	0	0	0	1	0	1	6	2	
	Ges.	9	5	0	0	0	0	1	2	1	8	2	
3	öko	7	1	0	0	0	1	0	3	2	3	4	
	konv	8	6	1	1	1	0	0	1	0	3	5	
	Ges.	15	7	1	1	1	1	0	4	2	6	9	
4	öko	5	1	0	0	0	1	0	2	2	1	4	
	konv	10	7	0	3	1	1	1	1	1	4	7	
	Ges.	15	8	0	3	1	2	1	3	3	5	11	

¹Die jeweils über alle Arten von Boxentypen und Seitenbegrenzungen zusammengefasste Anzahl der Betriebe kann über der Anzahl Betriebe gesamt liegen, da es Betriebe mit mehreren unterschiedlichen Arten von Boxentypen und Seitenbegrenzungen gibt.

Tabelle 4.5-16: Stallflächenangebot und deren Sauberkeitsbeurteilung auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks bei Haltung der Jungviehkategorie (Kat) 2 bis 4 in Anbindung

Kat	Anzahl Betriebe gesamt	Fläche (m²/Tier)		Anzahl Betriebe mit	
		MW ± SD (MIN - MAX)	Median	als sauber eingestuft	Weidezugang
2	1	8,8 (—)	—	0	0
3	1	3,2 (—)	—	0	1
4	2	2,0 ± 0,6 (1,5 - 2,4)	2,0	0	0

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Sauberkeitsbeurteilung der Stallflächen: Feuchte und verschmutzte Böden können bei den Tieren einen mangelhaften Klauenzustand bedingen, was beispielsweise die Futteraufnahme einschränken sowie Klauenerkrankungen begünstigen kann. Zudem kann eine mangelnde Sauberkeit der Flächen Verschmutzungen des Haarkleides verursachen, was unter anderem zu Juckreiz und Entzündungen der darunterliegenden Haut führen kann (Brinkmann et al., 2016). Somit stellt die Sauberkeit der Flächen einen relevanten Risikofaktor für das Wohlbefinden der Tiere dar.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zur Sauberkeitsbeurteilung der Stallflächen werden im Folgenden für die Kat 2 bis 4 zusammenfassend dargestellt (vgl. Tabellen 4.5-11 bis 4.5-14 sowie 4.5-

16). Bei Haltung im Liegeboxenlaufstall erfolgte die Sauberkeitsbeurteilung der Liegeboxen lediglich auf etwa der Hälfte der Betriebe, weshalb die Ergebnisse an dieser Stelle nicht weiter diskutiert werden. Hingegen wurden die Verkehrsflächen auf allen Betrieben mit Liegeboxenlaufstallhaltung bewertet. Hierbei wurden die Verkehrsflächen am Erhebungstag auf nicht mal einem Fünftel der Betriebe als sauber eingestuft (7 von 39 Betrieben; 18 %; vgl. Tabelle 4.5-14). Bei Zweiflächensystemen wurden die Verkehrsflächen auf etwa einem Drittel der Betriebe als sauber eingestuft (10 von 31 Betrieben; 32 %), während es bei den Liegeflächen knapp die Hälfte der Betriebe war (15 von 31 Betrieben; 48 %; vgl. Tabelle 4.5-13). Auf keinem der vier konventionell wirtschaftenden Betriebe mit Anbindehaltung wurde die den Tieren zur Verfügung stehende Fläche als sauber eingestuft (vgl. Tabelle 4.5-16). Bei den Einflächensystemen wurden die Flächen bei Haltung der Tiere auf Tiefstreu häufiger als sauber eingestuft als bei Haltung auf Vollspaltenboden (12 von 27 Betrieben (44 %) vs. 2 von 10 Betrieben (20 %); vgl. Tabelle 4.5-12 bzw. 4.5-11).

Wasserversorgung und Fressplatzgestaltung im Stall: Wasser gilt als das wichtigste Futtermittel für landwirtschaftliche Nutztiere. In den allgemeinen Anforderungen an Haltungseinrichtungen der Tier-schutz-Nutztierhaltungsverordnung (2017) steht geschrieben: „Haltungseinrichtungen müssen mit Fütte-rungs- und Tränkeinrichtungen ausgestattet sein, die so beschaffen und angeordnet sind, dass jedem Tier Zugang zu einer ausreichenden Menge Futter und Wasser gewährt wird und dass Verunreinigungen des Futters und des Wassers sowie Auseinandersetzungen zwischen den Tieren auf ein Mindestmaß begrenzt werden.“

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Wasserversorgung der abgesetzten Kälber (Kat 2) und des Jungviehs (Kat 3 und 4) auf den Betrieben im Allgemeinen über Einzeltränken, deutlich seltener über Trogtränken gewährleistet (vgl. Tabelle 4.5-17). Dabei kamen, unabhängig von der Wirtschaftsweise, im Median 10 Tiere auf eine Einzeltränke (zusammengefasst für die Kat 2 bis 4). Auf einzelnen Betrieben wurden jedoch auch deutlich höhere Werte von bis zu 50 Tieren je Einzeltränke registriert. Ein zu weites Tier-Tränke-Verhältnis kann zu Rangkämpfen und so zu einer unzureichenden Wasserversorgung rang-niederer Tiere führen (DLG, 2014). Jedoch gibt es nach Kenntnisstand der Autoren derzeit für weibliche Jungrinder keine Empfehlung zur Mindestanzahl an Tränkestellen in Abhängigkeit von der Haltungsgrup-pengröße. Im Fall von Mastrindern und Milchkühen wird im Welfare Quality® assessment protocol for cattle (2009) eine Einzeltränke als ausreichend für 13 bzw. 10 Tiere angegeben. Wird der Wert für Mast-rinder unterstellt, so war die Wasserversorgung auf 20 der 36 Betriebe (56 %), die (zum Teil) Einzelträn-ken einsetzten, für mindestens eine Haltungsgruppe der Kat 2 bis 4 unzureichend (Daten nicht darge-stellt). Aber nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität des Tränkewassers ist von Bedeutung. So können sich Verschmutzungen der Tränke bzw. des Tränkewassers (z. B. durch Kotpartikel) beispiels-weise negativ auf die Akzeptanz auswirken (Willms et al., 2002; DLG, 2014). In der vorliegenden Unter-suchung wurden die Tränken am Erhebungstag auf lediglich etwa einem Drittel der Betriebe als sauber eingestuft (zusammengefasst für die Kat 2 bis 4), wobei sich kein Effekt der Wirtschaftsweise andeutete (vgl. Tabelle 4.5-17).

Tabelle 4.5-17: Wasserversorgung für die Jungviehkategorie (Kat) 2 bis 4 auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks

Kat	System	Anzahl Betriebe ¹			Tiere je Einzetränke		Troglänge (cm /Tier)		als sauber eingestuf- ten Tränken
		Ges.	mit Einzel- tränke	mit Trogtränke	MW ± SD (MIN - MAX)	Median	MW ± SD (MIN - MAX)	Median	
2	öko	17	16	1	8 ± 4 (2 - 14)	8	4,0 (—)	—	7
	konv	18	18	0	13 ± 11 (2 - 35)	10	—	—	5
	gesamt	35	34	1	11 ± 9 (2 - 35)	9	4,0 (—)	—	12
3	öko	18	16	3	10 ± 7 (3 - 23)	8	4,3 ± 2,3 (3,0 - 7,0)	3,0	7
	konv	18	18	2	16 ± 12 (2 - 50)	11	2,5 ± 2,1 (1,0 - 4,0)	2,5	6
	gesamt	36	34	5	13 ± 10 (2 - 50)	10	3,6 ± 2,1 (1,0 - 7,0)	3,0	13
4	öko	16	13	4	11 ± 8 (3 - 30)	9	8,2 ± 5,7 (3,0 - 16,0)	7,0	6
	konv	17	16	4	11 ± 6 (2 - 22)	11	4,7 ± 2,8 (3,0 - 9,0)	3,5	3
	gesamt	33	29	8	11 ± 7 (2 - 30)	9	6,5 ± 4,5 (3,0 - 16,0)	4,5	9

¹Die über alle Arten von Tränken zusammengefasste Anzahl der Betriebe kann über der Anzahl Betriebe gesamt liegen, da es Betriebe mit mehreren unterschiedlichen Arten von Tränken gibt.

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

Die Anzahl an Fressplätzen sowie die Fressplatzbreite beeinflusst unter anderem den Wettbewerb der Tiere um die Ressource Futter und somit das Auftreten von aggressiven Verhaltensweisen wie Kopfstöße (Bøe und Færevik, 2003). Auf den Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks wurden im Fressbereich, unabhängig von der Jungviehkategorie und Wirtschaftsweise, häufiger Fressgitter als Nackenrohre eingesetzt (vgl. Tabelle 4.5-18). Bei Vorhandensein von Fressgittern boten im Minimum 89 % der Betriebe (im Fall der Kat 3) ein Tier-Fressplatz-Verhältnis von 1: ≥ 1 an, wie es häufig zur Ermöglichung eines herdensynchronen und ruhigen Fressens bei Milchkühen empfohlen wird (LAVES, 2007; Schrader, 2009). Infolgedessen lag das Tier-Fressplatz-Verhältnis für alle drei Jungviehkategorien auch im Median aller Betriebe über diesem Empfehlungswert (1,5, 1,3 und 1,2 für Kat 2, 3 bzw. 4), was mit den Werten der Betriebe übereinstimmt, die in der Studie des Welfare Quality® Projekts (2010) zur Entwicklung eines ersten Prototyps zur Tierwohlbewertung von Kälbern und Aufzuchtfernsen teilnahmen. Darüber hinaus stimmte die Fressplatzbreite in der vorliegenden Untersuchung im Median aller Betriebe mit dem Empfehlungsbereich des KTBL (2009) für die entsprechende Alterskategorie überein (bei Zugrundelegung von mindestens 40, 50 und 55 cm für Kat 2, 3 bzw. 4). Hierbei unterschritten insgesamt sechs (2 ökologisch und 4 konventionell wirtschaftend) der 32 Betriebe (19 %), welche Fressgitter verwendeten und bei welchen die Fressplatzbreite beim Betriebsbesuch aufgenommen wurde, die entsprechenden Empfehlungen des

KTBL (2009) in mindestens einer der drei Jungviehkategorien deutlich (d. h. um mindestens 10 cm). Nackenrohre im Fressbereich wurden hauptsächlich bei den abgesetzten Kälbern (Kat 2) eingesetzt. Die Nackenrohrlänge pro Tier glich sich im Median aller Betriebe für die drei Jungviehkategorien (69, 67 und 72 cm pro Tier für Kat 2, 3 bzw. 4), wobei die Streuung zwischen den Betrieben zum Teil enorm war. Konkrete Empfehlungen, wieviel Nackenrohrlänge pro Tier angeboten werden sollte, gibt es nach Kenntnisstand der Autoren nicht. Werden jedoch die empfohlenen Werte des KTBL (2009) für Fressgitter unterstellt, so lag die Nackenrohrlänge pro Tier auf drei (1 ökologisch und 2 konventionell wirtschaftend) der 17 Betriebe (18 %) mit Verwendung von Nackenrohren im Fressbereich in jeweils einer Jungviehkategorie erheblich unter dem entsprechenden Empfehlungsbereich (d. h. Unterschreitung von mindestens 10 cm).

Zusammengenommen könnte in Hinblick auf das Stallhaltungssystem auf einem Teil der konventionell wirtschaftenden Betriebe die Basis für ein gesteigertes Wohlbefinden der Tiere geschaffen werden, indem Vollspaltenbodenbuchten und Anbindeställe zu Laufstallsystemen mit einer trockenen und dauerhaft weichen Liegefläche umgebaut werden. Ebenso wie den Tränkekälbern (vgl. Abschnitt 4.5.3.1) wurde den abgesetzten Kälber (Kat 2) sowie weiblichen Jungrinder (Kat 3 und 4) auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Allgemeinen mehr Platz zur Verfügung gestellt als auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben. Insgesamt kann das Stallflächenangebot auf den Betrieben des PilotbetriebeNetzwerks als adäquat eingestuft werden. Da die Stallflächen bei den Betriebsbesuchen, je nach Haltungssystem, lediglich auf etwa einem Fünftel bis maximal der Hälfte der Betriebe als sauber bewertet wurden, sollten in diesem Bereich aufgrund der potentiellen Effekte auf das Wohlbefinden der Tiere zukünftig verstärkt Managementmaßnahmen zur Verbesserung ergriffen werden. Während die Fressplatzgestaltung auf dem Großteil der Betriebe aktuellen Empfehlungen entsprach, herrscht, unabhängig von der Wirtschaftsweise der Betriebe, großer Handlungsbedarf im Bereich der Wasserversorgung (Anzahl der Tränkestellen und Sauberkeit), was sich mit den Ergebnissen zum Tierwohl bei den Milchkühen deckt (vgl. Kapitel 4.7).

Tabelle 4.5-18: Fressplatzgestaltung für die Jungviehkatégorie (Kat) 2 bis 4 auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks

Kat	System	Anzahl Betriebe ¹			Fressgitter				Nackenrohr	
		Ges.	mit Fressgitter	mit Nackenrohr	Tier-Fressplatz-Verhältnis ² (1 : x)		Fressplatzbreite ³ (cm)		Länge (cm /Tier)	
					MW ± SD (MIN - MAX)	Median	MW ± SD (MIN - MAX)	Median	MW ± SD (MIN - MAX)	Median
2	öko	17	14	5	1,9 ± 0,9 (1,0 - 4,6)	1,7	46 ± 14 (24 - 70)	41	82 ± 46 (39 - 160)	67
	konv	18	14	4	1,4 ± 0,6 (0,4 - 3,2)	1,4	47 ± 11 (32 - 67)	44	76 ± 34 (35 - 139)	72
	Ges.	35	28	9	1,6 ± 0,8 (0,4 - 4,6)	1,5	47 ± 12 (24 - 70)	43	78 ± 37 (35 - 160)	69
3	öko	18	14	4	1,9 ± 1,2 (0,9 - 4,7)	1,5	59 ± 10 (40 - 75)	63	62 ± 8 (51 - 70)	65
	konv	18	15	4	1,1 ± 0,3 (0,4 - 1,6)	1,2	63 ± 16 (39 - 97)	65	63 ± 21 (32 - 83)	68
	Ges.	36	29	8	1,5 ± 0,9 (0,4 - 4,7)	1,3	61 ± 14 (39 - 97)	64	62 ± 15 (32 - 83)	67
4	öko	16	14	4	1,4 ± 0,6 (0,3 - 3,0)	1,2	65 ± 12 (40 - 83)	66	83 ± 39 (43 - 137)	77
	konv	17	15	5	1,2 ± 0,3 (0,5 - 2,0)	1,2	65 ± 12 (40 - 89)	65	77 ± 40 (40 - 144)	72
	Ges.	33	29	9	1,3 ± 0,5 (0,3 - 3,0)	1,2	65 ± 12 (40 - 89)	65	80 ± 37 (40 - 144)	72

¹Die über alle Arten der Fressplatzgestaltung zusammengefasste Anzahl der Betriebe kann über der Anzahl Betriebe gesamt liegen, da es Betriebe mit gleichzeitiger Nutzung von Fressgittern und Nackenrohren gibt.

²Angaben zum Tier-Fressplatz-Verhältnis beziehen sich auf eine Gesamtanzahl von 27 (13 ökologisch und 14 konventionell wirtschaftend), 28 (13 ökologisch und 15 konventionell wirtschaftend) und 29 (14 ökologisch und 15 konventionell wirtschaftend) Betrieben für Kat 2, 3 bzw. 4.

³Angaben zur Fressplatzbreite beziehen sich auf eine Gesamtanzahl von 25 (12 ökologisch und 13 konventionell wirtschaftend), 28 (13 ökologisch und 15 konventionell wirtschaftend) und 28 (13 ökologisch und 15 konventionell wirtschaftend) Betrieben für Kat 2, 3 bzw. 4.

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, MIN = Minimalwert, MAX = Maximalwert

4.5.4 Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Untersuchung zur Gestaltung der Kälber- und Jungviehaufzucht deuteten sich einige Unterschiede zwischen den ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben des Pilotbetriebsnetzwerks an, welche sich auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere auswirken könnten. In folgenden Bereichen zeigten sich potentielle Vorteile der ökologisch wirtschaftenden Betriebe, welche zum Teil aufgrund der gesetzlichen Vorgaben durch die Verordnung (EG) Nr. 889/2008 (2008) zu erwarten waren:

- Enthornungspraxis (seltener Durchföhrung auf den Betrieben sowie in allen Fällen Einsatz von Betäubungs- und Schmerzmitteln bei der Entfernung der Hornanlagen),
- Weidegang (Angebot von Weidegang für das Jungvieh auf allen ökologischen Betrieben),
- Stallhaltungssystem (keine Haltung in Anbindung und auf Vollspaltenboden) und
- Stallflächenangebot (größeres Stallflächenangebot pro Tier).

Insgesamt konnte jedoch beobachtet werden, dass die einzelbetriebliche Variabilität innerhalb der Wirtschaftsweisen bei vielen Parametern der Untersuchung hoch war. Obwohl die ökologisch wirtschaftenden Betriebe generell potentielle Vorteile in den genannten Bereichen zeigten, muss festgehalten werden, dass auch eine Vielzahl der konventionell wirtschaftenden Betriebe des PilotbetriebeNetzwerks im Vergleich zu anderen Studien und/oder gesetzlichen Vorgaben überdurchschnittliche Ergebnisse aufwiesen (z. B. hinsichtlich des Stallflächenangebots).

Allerdings lassen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung, unabhängig von der Wirtschaftsweise der Betriebe, noch Optimierungsbedarf insbesondere in den folgenden Bereichen vermuten:

- Gestaltung des Abkalbebereichs (Einrichtung eines separaten Abkalbebereichs, welcher nicht gleichzeitig auch für kranke Kühe genutzt werden sollte),
- Tränkefütterung der Kälber (Durchföhrung von graduellem statt abruptem Abtränken),
- Sauberkeit der Stallflächen und
- Wasserversorgung (Bereitstellung einer ausreichenden Anzahl von Tränken sowie verstärktes Achten auf Sauberkeit).

Eine Optimierung der Aufzuchtbedingungen dürfte nicht nur das Tierwohl verbessern, sondern auch einen positiven Effekt auf die Produktivität, Gesundheit und Nutzungsdauer der späteren Milchkuh ausüben. Dadurch würden sich die während der „unproduktiven Phase“ der Färsenaufzucht eingesetzten Ressourcen und entstandenen Treibhausgasemissionen insgesamt auf eine höhere Milchmenge verteilen, was aus Umweltsicht als positiv zu bewerten wäre und so zu einer gesteigerten Nachhaltigkeit des Milchviehbetriebes beitragen könnte.

4.5.5 Literatur

Absmanner E, Rouha-Mülleder C, Scharl T, Leisch F, Troxler J (2009) Effect of different housing systems on the behaviour of beef bulls – An on-farm assessment on Austrian farms. *Appl Anim Behav Sci* 118(1-2):12-19. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2009.02.009>

aid infodienst (Hrsg.) (2015) Aufstallungsformen für Kälber. 5. Auflage. aid infodienst, Bonn

Bø KE, Færevik G (2003) Grouping and social preferences in calves, heifers and cows. *Appl Anim Behav Sci* 80(3):175-190. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00217-4](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00217-4)

Brinkmann J, March S (2010) Tiergesundheit in der ökologischen Milchviehhaltung – Status quo sowie (Weiter-) Entwicklung, Anwendung und Beurteilung eines präventiven Konzeptes zur Herdengesundheitsplanung. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen

Brinkmann J, Ivemeyer S, Pelzer A, Winckler C, Zapf R (2016) Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Rind: Vorschläge für die Produktionsrichtungen Milchkuh, Aufzuchtkalb, Mastrind. KTBL, Darmstadt

Costa JHC, von Keyserlingk MAG, Weary DM (2016) Invited review: Effects of group housing of dairy calves on behaviour, cognition, performance and health. *J Dairy Sci* 99(4):2453-2467. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10144>

Diersing-Espenhorst M (2014a) So ziehen wir unsere Kälber auf. *Dlz primus Rind* Ausgabe November 2014:18-19

Diersing-Espenhorst M (2014b) So ziehen wir unsere Kälber auf. *Dlz primus Rind* Ausgabe Dezember 2014:38-41

DLG (Hrsg.) (2014) DLG-Merkblatt 399: Wasserversorgung für Rinder – Bauliche, technische und bedarfsgerechte Lösungen. 1. Auflage, Stand 08/2014. Online: <<<https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/technik/technik-tierhaltung/dlg-merkblatt-399/>>> (abgerufen am 03.06.2019)

DLG (Hrsg.) (2015a) DLG-Merkblatt 404: Geburt des Kalbes – Empfehlungen zur Haltung und Fütterung in den ersten Lebenswochen. 2. Auflage, Stand 10/2014. Online: <<<https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/technik/technik-tierhaltung/dlg-merkblatt-404/>>> (abgerufen am 03.06.2019)

DLG (Hrsg.) (2015b) DLG-Merkblatt 374: Geburt des Kalbes – Empfehlungen zu Geburtsüberwachung und Geburtshilfe. 2. Auflage, Stand 10/2012. Online: <<<https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/technik/technik-tierhaltung/dlg-merkblatt-374/>>> (abgerufen am 03.06.2019)

DLG (Hrsg.) (2016) Arbeiten der DLG/Band 203: Kälber- und Jungrinderaufzucht. 2. überarbeitete Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt am Main

Frank H, Schmid H, Hülshagen K-J (2015) Energie- und Treibhausgasbilanz der Milchviehhaltung – Untersuchungen im Netzwerk der Pilotbetriebe. In: Hülshagen K-J, Rahmann G (Hrsg.) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben: Forschungsergebnisse 2013-2014. Thünen Report 29, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig. doi:10.3220/REP_29_2015

GfE (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2001) Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder 2001. DLG-Verlag, Frankfurt am Main

Hoedemaker M (2018) Verminderung von Aufzuchtverlusten in niedersächsischen Milchviehbetrieben. Abschlussbericht. Online: <<https://milchwirtschaft.de/medien/download-dokumente/milchprofis/forschungsprojekte/Abschlussbericht_Verminderung-von-Aufzuchtverlusten-in-nds.-Milchviehbetrieben.pdf>> (abgerufen am 09.04.2019)

Jensen MB, Vestergaard KS, Krohn CC (1998) Play behaviour in dairy calves kept in pens: the effect of social contact and space allowance. *Appl Anim Behav Sci* 56(2-4):97-108. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(97\)00106-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(97)00106-8)

Jensen MB und Kyhn R (2000) Play behaviour in group-housed dairy calves, the effect of space allowance. *Appl Anim Behav Sci* 67(1-2):35-46. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00113-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00113-6)

Keane MP, McGee M, O’Riordan EG, Kelly AK, Earley B (2017) Effect of space allowance and floor type on performance, welfare and physiological measurements of finishing beef heifers. *Animal* 11(12):2285-2294. <https://doi.org/10.1017/S1751731117001288>

Khan MA, Weary DM, von Keyserlingk MAG (2011) Invited review: Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. *J Dairy Sci* 94(3):1071-1081. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3733>

Kirchgeßner M (2004) Grundlagen der Tierernährung. 11. neu überarbeitete Auflage. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main

Klein-Jöbstl D, Iwersen M, Drillich M (2014) Farm characteristics and calf management practices on dairy farms with and without diarrhea: A case-control study to investigate risk factors for calf diarrhea. *J Dairy Sci* 97(8):5110-5119. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7695>

KTBL (Hrsg.) (2009) Faustzahlen für die Landwirtschaft. 14. Auflage. KTBL, Darmstadt

Langford FM, Rutherford KMD, Jack MC, Sherwood L, Lawrence AB, Haskell MJ (2009) Calf husbandry and welfare on British organic and non-organic dairy farms. In: Lund V und Mejdell CM (Hrsg.) Calf welfare in organic herds – planning for the future. Proceedings from an ANIPLAN workshop 30.03.-01.04.2008. 8. National Veterinary Institute’s Report series 14-2009, National Veterinary Institute Oslo, Norway, pp. 31-35

LAVES (Hrsg.) (2007) Tierschutzleitlinie für die Milchkuhhaltung. Arbeitsgruppe Rinderhaltung. 1. Auflage Mai 2007. Online: << <https://www.laves.niedersachsen.de/tiere/tierschutz/tierhaltung/niedersaechsische-tierschutzleitlinien-zur-milchkuhhaltung-73337.html>>> (abgerufen am 04.06.2019)

Lorenz I, Fagan J, More SJ (2011a) Calf health from birth to weaning. II. Management of diarrhoea in pre-weaned calves. *Irish Veterinary Journal* 64:9. <https://doi.org/10.1186/2046-0481-64-9>

Lorenz I, Mee JF, Earley B, More SJ (2011b) Calf health from birth to weaning. I. General aspects of disease prevention. *Irish Veterinary Journal* 64:10. <https://doi.org/10.1186/2046-0481-64-10>

Marcé C, Guatteo R, Bareille N, Fourichon C (2010) Dairy calf housing systems across Europe and risk for calf infectious diseases. *Animal* 4(9):1588-1596. <https://doi.org/10.1017/S1751731110000650>

Meyer U (2005) Fütterung von Kälbern und Jungrindern. *Landbauforschung Völkenrode Sonderheft* 289:127-136

Mogensen L, Nielsen LH, Hindhede J, Sørensen JT, Krohn CC (1997) Effect of space allowance in deep bedding systems on resting behaviour, production and health of dairy heifers. *Acta Agric Scand* 47(3):178-186. <https://doi.org/10.1080/09064709709362384>

Nielsen LH, Mogensen L, Krohn C, Hindhede J, Sørensen JT (1997) Resting and social behaviour of dairy heifers housed in slatted floor pens with different sized bedded lying areas. *Appl Anim Behav Sci* 54(4):307-316. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(96\)01211-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01211-7)

Popescu S, Borda C, Diugan EA, Spinu M, Groza IS, Sandru CD (2013) Dairy cows welfare quality in tie-stall housing system with or without access to exercise. *Acta Vet Scand* 55(1):43. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-55-43>

Robinson AL, Timms LL, Stalder KJ, Tyler HD (2015) Short communication: The effect of four anti-septic compounds on umbilical cord healing and infection rates in the first 24 hours in dairy calves from a commercial herd. *J Dairy Sci* 98(8):5726-5728. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9235>

Roth BA, Keil NM, Gyga L, Hillmann E (2009) Influence of weaning method on health status and rumen development in dairy calves. *J Dairy Sci* 92(2):645-656. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1153>

Rushen J, de Passillé AM, von Keyserlingk MAG, Weary DM (2008) *The welfare of cattle*. Springer Verlag, Berlin

Samraus HH, Schön H, Haidn B (2002) Tiergerechte Haltung von Rindern. In: Methling W und Unshelm J (Hrsg.) *Umwelt- und tiergerechte Haltung von Nutz-, Heim- und Begleittieren*. Parey Buchverlag, Berlin, pp. 290-303

Schleip I, Huguenin O, Hermle M, Heckendorn F, Sixt D, Volling O, Schindele M (2016) Merkblatt: Erfolgreiche Weidehaltung. Der Schlüssel zu niedrigen Kosten in der Milchproduktion. 1. Auflage 2016. Bioland-Verlags GmbH, Mainz

Schrader L (2009) Tierschutz und Tierhaltung in der Milchviehhaltung. *Züchtungskunde* 81(6):414-420

Stafford KJ, Mellor DJ (2011) Addressing the pain associated with disbudding and dehorning in cattle. *Appl Anim Behav Sci* 135(3):226-231. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.10.018>

Tierschutzgesetz (2018) Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 17. Dezember 2018 (BGBl. I S. 2586) geändert worden ist. Online: <<<https://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/BJNR012770972.html>>> (abgerufen am 09.04.2019)

Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2017) Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die zuletzt durch Artikel 3 Absatz 2 des Gesetzes vom 30. Juni 2017 (BGBl. I S. 2147) geändert worden ist. Online: <<<https://www.gesetze-im-internet.de/tierschnutztv/BJNR275800001.html#BJNR275800001BJNG000101377>>> (abgerufen am 09.04.2019)

van Ackeren C (2013) Mit dem richtigen Tränkeplan in der Kälberaufzucht erfolgreich durchstarten. Online: <<http://www.lazbw.de/pb/Lde/Startseite/Themen/Kaelber_Fuetterung>> (abgerufen am 09.04.2019)

Vasseur E, Borderas F, Cue RI, Lefebvre D, Pellerin D, Rushen J, Wade KM, de Passillé AM (2010) A survey of dairy calf management practices in Canada that affect animal welfare. *J Dairy Sci* 93(3):1307-1315. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2429>

Verordnung (EG) Nr. 889/2008 (2008) Verordnung (EG) Nr. 889/2008 der Kommission vom 5. September 2008 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle. Online: <<<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008R0889&from=DE>>> (abgerufen am 09.04.2019)

Welfare Quality® (2009) Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Welfare Quality® consortium, Lelystads, Netherlands

Welfare Quality® (2010) Final report on a prototype welfare assessment system for dairy calves and rearing heifers, the final, full assessment system, and on risk factor analysis for welfare parameters in dairy calves and rearing heifers. Welfare Quality® consortium, Lelystads, Netherlands

Willms WD, Kenzie OR, McAllister TA, Colwell D, Veira D, Wilmshurst JF, Entz T, Olson ME (2002) Effects of water quality on cattle performance. *J Range Manage* 55(5):452-460. <https://www.jstor.org/stable/4003222>

Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2015) Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin

4.6 Problembereiche der Tierwohlsituation und mögliche Maßnahmen zu deren Verbesserung in den Milchviehbetrieben des Pilotbetrieбенnetzwerks

Kathrin Wagner, Franziska Schulz, Jan Brinkmann, Solveig March, Peter Hinterstoißer, Maximilian Schöler, Sylvia Warnecke, Hans Marten Paulsen

Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung sollte überprüft werden, welches die häufigsten Problembereiche des Tierwohls in den 37 Milchviehbetrieben des Pilotbetrieбенnetzwerks sind, von denen 19 ökologisch und 18 konventionell wirtschaften. Hierzu wurde eine Schwachstellenanalyse auf Ebene der 12 Kriterien des Welfare Quality® Assessment protocol for cattle (2009) durchgeführt, welches auf den Betrieben je einmal im Winter 2014/15 und im Sommer 2015 angewandt wurde. Sowohl zur Winter- als auch Sommererhebung zeigten sich in den Betrieben besonders häufig Auffälligkeiten in den Bereichen der Wasserversorgung (v. a. auf der Weide) sowie des Liegekomforts und Erkrankungsgeschehens (v. a. bezüglich des Auftretens von Nasenausfluss, Mastitiden, Schweregeburten und festliegenden Kühen (z. B. infolge hypocalcämischer Gebärpause)). Die im Anschluss an die Schwachstellenanalyse vorgenommene Zusammenstellung von möglichen Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der Situation der Tiere führen könnten, macht deutlich, dass es für einzelne Tierwohl-Kriterien theoretisch ein großes Optimierungspotenzial durch eine Vielzahl möglicher Verbesserungsansätze gibt. Problembereiche des Tierwohls müssen stets einzelbetrieblich ermittelt sowie Schwachstellen und Verbesserungspotenziale unter Berücksichtigung der betriebsspezifischen Gegebenheiten und Möglichkeiten aufgezeigt werden. Konkret dürfen die identifizierten Schwachstellen bei der Wasserversorgung und beim Liegekomfort der Tiere durch baulich-technische Eingriffe und/oder Veränderungen des Managements in den Betrieben größtenteils recht einfach zu verbessern sein. Die Maßnahmen haben auch das Potential, die Gesundheit und Leistung der Tiere zu stabilisieren oder sogar zu steigern. Dadurch können sich, bei verbessertem Tierwohl, Vorteile in der produktbezogenen Treibhausgasbilanz der Milchproduktion ergeben.

Schlüsselwörter: Tierwohl, Milchkühe, Welfare Quality®, Schwachstellen, Optimierungspotenzial

Abstract

The present study aimed to identify the main problem areas of dairy cow welfare in the 37 farms of the pilot farm network, of which 19 and 18 are organically and conventionally producing farms, respectively. For this purpose, a weak-point analysis was carried out at the level of the 12 criteria of the Welfare Quality® Assessment protocol for cattle (2009), which was applied on the farms once in winter 2014/15 and once in summer 2015. For both surveys, weaknesses were most often detected in the areas of water supply (especially during the pasture season), lying comfort, and diseases (especially the occurrence of nasal discharge, mastitis, dystocia, and downer cows (e. g., due to hypocalcemia)). Following the weak point analysis, possible measures to improve dairy cow welfare were listed. This compilation exemplifies that, for certain welfare criteria, there are theoretically great optimization potentials by taking plenty of possible measures that might improve dairy cow welfare. Problem areas of dairy cow welfare must always be detected individually at farm level and weak points and opportunities for improvement should be shown

by taking into account the farm-specific conditions and opportunities. More precisely, deficits in water supply and lying comfort are likely to be improved quite easily by construction and technical measures and/or by management changes. Moreover, such measures have the potential to stabilize or even increase the health and performance of dairy cows. This may result in benefits for the product-related greenhouse gas balance of milk production while improving dairy cow welfare.

Keywords: animal welfare, dairy cows, Welfare Quality®, weak point, optimization potential

4.6.1 Einleitung

Wie alle Nutztiere müssen sich Kühe ständig mit ihrer Haltungsumgebung, welche vom Menschen geschaffen wird, auseinandersetzen und sich an diese anpassen (Brinkmann und March, 2010). Wird ihre Anpassungsfähigkeit jedoch dauerhaft überfordert, wirkt sich dies negativ auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere aus (DLG, 2018). So zeigten viele Studien die Auswirkungen verschiedener Haltungs- und Managementfaktoren auf die Entstehung von Erkrankungskomplexen, wie Lahmheiten, und das Tierwohl von Milchkühen auf (z. B. Regula et al., 2004; Popescu et al., 2013; Gieseke, 2018).

Die häufigsten Gesundheits- bzw. Tierwohlprobleme in der Milchviehhaltung sind die Euter-, Klauen- und Stoffwechselgesundheit (Schrader, 2009; von Keyserlingk et al., 2009; Brinkmann und March, 2010; Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2015) sowie die Einschränkungen des natürlichen Verhaltens (Schrader, 2009; Ventura et al., 2015). Tierwohl ist durch seine Komplexität schwierig direkt zu messen (Aerts et al., 2006) und es wurden verschiedene Konzepte zur Beurteilung entwickelt. Bei allen erfolgt die Beurteilung des Tierwohls basierend auf einer Kombination verschiedener Indikatoren, wobei zwischen ressourcen-, management- und tierbezogenen Indikatoren unterschieden wird. Ressourcen- und managementbezogene Tierwohlindikatoren beziehen sich auf Aspekte der Haltung (z. B. Wasserversorgung, Platzangebot) sowie des Managements (z. B. Fütterung, Praktiken wie Enthornung von Rindern) und werden im Stall oder bei Interviews mit dem Landwirt erhoben (Welfare Quality® (WQ®), 2009). Sie werden zum Beispiel in den Konzepten „Tiergerechtheitsindex 35 - Rinder“ (Bartussek, 1996), „Tiergerechtheitsindex 200“ (Sundrum, 1994) und „Kritische Kontrollpunkte in der Rinderhaltung“ (von Borell et al., 2007) hauptsächlich verwendet. Obwohl ressourcen- und managementbezogene Indikatoren auf Risikofaktoren für das Tierwohl im Betrieb hinweisen können (Capdeville und Veissier, 2001; WQ®, 2009), wird ihre alleinige Betrachtung als nicht ausreichend eingestuft (Winckler et al., 2003; Hemsworth et al., 2009), da sie keine Rückschlüsse auf die Reaktion der Tiere auf ihre Umwelt zulassen. Daher ist es wichtig, auch direkt am Tier gemessene, tierbezogene Indikatoren (z. B. im Bereich der Gesundheit und des Verhaltens) zu berücksichtigen, um das Tierwohl beurteilen zu können (Johnsen et al., 2001; Whay et al., 2007). Ein umfangreiches Konzept zur Bewertung des Tierwohls auf Betriebsebene, welches vornehmlich tierbezogene Indikatoren verwendet, ist das im Jahre 2009 veröffentlichte WQ® Assessment protocol for cattle (im Folgenden als WQ® Protokoll bezeichnet). Gieseke et al., 2014 schlussfolgerten, basierend auf den Ergebnissen ihrer Evaluationsstudie anhand von 20 niedersächsischen Milchviehbetrieben, dass das WQ® Protokoll prinzipiell eine gute Grundlage für die Ermittlung betriebsindividueller Risikofaktoren sowie die Differenzierung von Betrieben hinsichtlich des Tierwohls darstellt.

In der vorliegenden Untersuchung sollte überprüft werden, welches die häufigsten Problembereiche des Tierwohls in den Milchviehbetrieben des Pilotbetrieбенnetzwerks sind. Hierzu wurde eine Schwachstellenanalyse auf Ebene der 12 Kriterien des WQ® Protokolls (vgl. Kapitel 4.7) vorgenommen. Darüber hinaus wurden, differenziert nach den einzelnen Kriterien, mögliche Maßnahmen zusammengestellt, die auf eine Verbesserung der Situation der Milchkühe abzielen. Potenzielle Umweltwirkungen (z. B. hinsichtlich der Treibhausgas (THG)-Emissionen) derartiger Verbesserungsmaßnahmen werden für zwei Beispiele andiskutiert.

4.6.2 Material und Methoden

Mittels des WQ® Protokolls wurde der Status quo der Tierwohlsituation in den 37 Milchviehbetrieben des Pilotbetrieбенnetzwerks, von denen 19 ökologisch und 18 konventionell wirtschaften, je einmal im Winter 2014/15 und im Sommer 2015 erfasst. Aus den erhobenen Indikatoren wurden die Bewertungen für die 12 Tierwohl-Kriterien berechnet, wobei jeweils Werte zwischen 0 (schlechtester Wert) und 100 Punkte (bester Wert) erreicht werden können (vgl. Kapitel 4.7). Nach Kirchner et al. (2014) sind 40 Punkte ein praxisnaher Grenzwert, dessen Unterschreiten deutliche Problemlagen im Tierwohl aufzeigt. Daher wurde er auch als Grenzwert für die Schwachstellenanalyse in unserem Projekt herangezogen. Für jedes Kriterium wurden die Anzahl und der prozentuale Anteil an Betrieben errechnet, die eine Bewertung von ≤ 40 Punkten erreichten. Die Ergebnisse der Wintererhebung stellen dabei die Problembereiche während der Stallperiode auf den Betrieben dar, während die Ergebnisse der Sommererhebung auf den 25 der 37 Betriebe mit Weidegang vor allem durch diesen beeinflusst werden. Für das Kriterium „10. Ausleben anderen Verhaltens“, dessen Bewertung auf dem Angebot von Weidegang (Weidetage pro Jahr) basiert, wurden sowohl für die Winter- als auch Sommererhebung die gleichen Werte unterstellt. Ergebnisse des Kriteriums „4. Temperaturkomfort“ werden im Folgenden nicht weiter beschrieben und diskutiert, da derzeit noch kein Messindikator für dieses Kriterium bei Rindern definiert ist und der Wert deshalb laut WQ® (2009) aus den Kriterien „3. Liegekomfort“ und „5. Bewegungsfreiheit“ berechnet wird.

Um ein noch genaueres Bild über Schwachstellen im Bereich des Liegekomforts (Kriterium „3. Liegekomfort“) und Erkrankungsgeschehens (Kriterium „7. Abwesenheit von Krankheiten“) zu erhalten, wurden die zugrundeliegenden Indikatoren bei den Betrieben, deren Kriterienergebnisse unter dem Grenzwert lagen, weiter aufgeschlüsselt. Zur Abgrenzung wurden hierbei die im WQ® Protokoll angegebenen unteren Werte genutzt, welche laut WQ® (2009) ein „moderates Problem“ bzw. eine „Warnung“ im Kriterium „3. Liegekomfort“ bzw. „7. Abwesenheit von Krankheiten“ anzeigen.

Im Anschluss wurden mit Fokus auf die einzelnen Optimierungsbereiche mögliche Maßnahmen zusammengefasst, die auf eine Verbesserung der Situation der Milchkühe abzielen. Die formulierten Maßnahmen basieren dabei auf praxisnahen Empfehlungen aus der Literatur, welche im Rahmen der durchgeführten sogenannten „Optimierungsworkshops“ auf den Betrieben vorgestellt wurden, sowie auf Resultaten dort geführter Diskussionen. Als Grundlage für die Ableitung möglicher Verbesserungsmaßnahmen wurden zusätzlich zum WQ® Protokoll weitere Daten aus den Erhebungen zur Haltungsumgebung sowie Angaben aus den Betriebsleiterinterviews herangezogen und Vorschläge seitens der Projektpartner aus Wissenschaft und Beratung eingebracht.

4.6.3 Ergebnisse und Diskussion

4.6.3.1 Problembereiche der Tierwohlsituation in den Milchviehbetrieben

In den Pilotbetrieben traten zur Wintererhebung vor allem in vier Bereichen Schwachstellen in der Tierwohlsituation der Milchkühe auf (vgl. Tabelle 4.6-1):

- Kriterium „2. Abwesenheit von anhaltendem Durst“ (43 % der Betriebe),
- Kriterium „3. Liegekomfort“ (49 % der Betriebe),
- Kriterium „7. Abwesenheit von Krankheiten“ (57 % der Betriebe) sowie
- Kriterium „8. Abwesenheit von schmerzhaften Managementmaßnahmen“ (30 % der Betriebe).

Mit Ausnahme des Kriteriums „8. Abwesenheit von schmerzhaften Managementmaßnahmen“ zeigten sich zur Sommererhebung generell die gleichen Problembereiche auf den Betrieben wie im Winter. Verglichen mit der Wintererhebung lag jedoch der Anteil an Betrieben mit Defiziten bei der Wasserversorgung im Sommer deutlich höher (65 vs. 43 %; Kriterium „2. Abwesenheit von anhaltendem Durst“), während im Sommer anteilig weniger Betriebe Schwachstellen beim Liegekomfort (30 vs. 49 %; Kriterium „3. Liegekomfort“) sowie Erkrankungsgeschehen (41 vs. 57 %; Kriterium „7. Abwesenheit von Krankheiten“) aufwiesen als im Winter. Defizite beim Liegekomfort (Kriterium „3. Liegekomfort“; vgl. Tabelle 4.6-2) wurden auf den Betrieben am häufigsten durch ein verstärktes Auftreten von Verschmutzungen der Kühe und Kollisionen mit der Haltungseinrichtung beim Abliegen (Winter- sowie Sommererhebung) sowie eine verlängerte Abliegedauer (Wintererhebung) hervorgerufen. Für Probleme beim Erkrankungsgeschehen (Kriterium „7. Abwesenheit von Krankheiten“; vgl. Tabelle 4.6-3) spielten von den zehn dort berücksichtigten Indikatoren hauptsächlich Nasenausfluss, Mastitiden, Schweregeburten, sowie festliegende Kühe (z. B. infolge hypocalcämischer Gebärparese) eine Rolle (Winter- sowie Sommererhebung).

Tabelle 4.6-1: Betriebe, die bei Betrachtung der 12 Kriterien des WQ® Protokolls (2009) Defizite aufwiesen, d. h. eine Bewertung von ≤ 40 Punkten erreichten (Anzahl (gesamt sowie differenziert nach ökologischer (öko) und konventioneller (konv) Wirtschaftsweise) sowie prozentualer Anteil an Betrieben (gesamt))

WQ® Kriterium	Winter			Anteil gesamt (%)	Sommer			Anteil gesamt (%)
	Anzahl Betriebe gesamt (n=37)	öko (n=19)	konv (n=18)		Anzahl Betriebe gesamt (n=37)	öko (n=19)	konv (n=18)	
1. Abwesenheit von anhaltendem Hunger	6	3	3	16	6	2	4	16
2. Abwesenheit von anhaltendem Durst	16	7	9	43	24	13	11	65
3. Liegekomfort	18	8	10	49	11	2	9	30
4. Temperaturkomfort	3	0	3	8	1	0	1	3
5. Bewegungsfreiheit	3	0	3	8	3	0	3	8
6. Abwesenheit von körperlichen Schäden	2	0	2	5	1	0	1	3
7. Abwesenheit von Krankheiten	21	11	10	57	15	6	9	41
8. Abwesenheit von schmerzhaften Managementmaßnahmen	11	0	11	30	3	0	3	8
9. Ausleben von Sozialverhalten	2	0	2	5	3	1	2	8
10. Ausleben anderen Verhaltens	14	3	11	38	14	3	11	38
11. Gute Mensch-Tier-Beziehung	5	1	4	14	8	2	6	22
12. Emotionales Wohlbefinden	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 4.6-2: Betriebe mit identifiziertem Problem beim Liegekomfort (Kriterium „3. Liegekomfort“; Bewertung ≤ 40 Punkte), die in den vier zugrundeliegenden Indikatoren die im WQ® Protokoll (2009) angegebenen unteren Werte für ein „moderates Problem“ überschritten (Anzahl (gesamt sowie differenziert nach ökologischer (öko) und konventioneller (konv) Wirtschaftsweise) sowie prozentualer Anteil an Betrieben (gesamt))

WQ® Kriterium „3. Liegekomfort“	Winter			Anteil gesamt (%)	Sommer			Anteil gesamt (%)
	Anzahl Betriebe gesamt (n=37)	öko (n=19)	konv (n=18)		Anzahl Betriebe gesamt (n=37)	öko (n=19)	konv (n=18)	
Total	18	8	10	49	11	2	9	30
Abliegedauer (Sekunden)	15	6	9	83	6	0	6	55
Kühe, die beim Abliegen mit der Haltungseinrichtung kollidieren (%)	16	5	11	89	10	1	9	91
Kühe, die außerhalb des Liegebe- reichs liegen (%)	10	4	6	56	8	2	6	73
Verschmutzte Kühe (%)	18	8	10	100	11	2	9	100

Tabelle 4.6-3: Betriebe mit identifiziertem Problem beim Erkrankungsgeschehen (Kriterium „7. Abwesenheit von Krankheiten“; Bewertung ≤ 40 Punkte), die in den zehn zugrundeliegenden Indikatoren die im WQ® Protokoll (2009) angegebenen unteren Werte für eine „Warnung“ überschritten (Anzahl (gesamt sowie differenziert nach ökologischer (öko) und konventioneller (konv) Wirtschaftsweise) sowie prozentualer Anteil an Betrieben (gesamt))

WQ® Kriterium „7. Abwesenheit von Krankheiten“	Winter				Sommer			
	Anzahl Betriebe			Anteil gesamt (%)	Anzahl Betriebe			Anteil gesamt (%)
	gesamt (n=37)	öko (n=19)	konv (n=18)		gesamt (n=37)	öko (n=19)	konv (n=18)	
Total	21	11	10	57	15	6	9	41
Husten (Frequenz pro Kuh pro 15 Minuten)	0	0	0	0	0	0	0	0
Nasenausfluss (% der Kühe)	18	8	10	86	13	4	9	87
Augenausfluss (% der Kühe)	9	4	5	43	9	3	6	60
Erschwerte Atmung (% der Kühe)	0	0	0	0	0	0	0	0
Durchfall (% der Kühe)	2	1	1	10	4	2	2	27
Scheidenausfluss (% der Kühe)	3	2	1	14	0	0	0	0
Mastitis¹ (% der Kühe)	17	9	8	81	14	6	8	93
Mortalität (% der Kühe)	14	8	6	67	13	5	8	87
Schwergeburten (%)	16	6	10	76	14	6	8	93
Festliegende Kühe (%)	19	10	9	90	12	5	7	80

¹ Definiert als ≥ 400.000 somatische Zellen pro ml.

Der im Sommer verglichen zum Winter deutlich geringere Anteil an Betrieben, bei denen Defizite im Kriterium „8. Abwesenheit von schmerzhaften Managementmaßnahmen“ identifiziert wurden (8 vs. 30 %), lässt sich durch Änderungen der gesetzlichen Auflagen bei der Enthornung von Kälbern erklären (Enthornung nur unter Gabe von Beruhigungs- und Schmerzmitteln; Einigung der Agrarminister der Länder am 20.05.2015 zur Enthornung), welche zum Zeitpunkt der Sommererhebung der vorliegenden Untersuchung bereits in einigen Bundesländern umgesetzt wurde (vgl. Kapitel 4.5).

Wird das Auftreten von Problemen mit der Wasserversorgung (Kriterium „2. Abwesenheit von anhaltendem Durst“), dem Liegekomfort (Kriterium „3. Liegekomfort“) und dem Erkrankungsgeschehen (Kriterium „7. Abwesenheit von Krankheiten“) nach Wirtschaftsweise der Betriebe differenziert (vgl. Tabelle 4.6-1), so wird deutlich, dass sich die beobachteten Unterschiede zwischen der Winter- und Sommererhebung nahezu ausschließlich durch eine Veränderung in den ökologisch wirtschaftenden Betriebe ergibt, die, bis auf zwei Betriebe, alle Weidegang anboten (MIN - MAX: 150 - 290 Weidetage pro Jahr, 2,5 - 22 Weidestunden pro Tag). Für die ökologisch wirtschaftenden Betriebe kann daher geschlussfolgert werden, dass sich die Unterschiede zwischen Winter und Sommer vor allem auf die Effekte des Weideangebots zurückführen lassen. So zeigte auch die im Rahmen des vorliegenden Projekts durchgeführte

Untersuchung zum Einfluss der täglichen Weidezeit auf das Tierwohl, dass bei mittlerem bis hohem Weideangebot (d. h. ≥ 6 bis < 12 Stunden bzw. ≥ 12 Stunden täglich) in fünf der neun betrachteten WQ® Kriterien deutliche Unterschiede zwischen der Winter- und Sommererhebung beobachtet werden konnten (Wagner et al., 2018). Dagegen blieb die Tierwohlsituation in Betrieben ohne oder mit geringem Weideangebot (d. h. 0 bis < 6 Stunden täglich) weitgehend unverändert. Die Autoren zeigten, dass Betriebe mit mittlerem und hohem Weideangebot im Sommer eine signifikant schlechtere Bewertung im ressourcenbezogen gemessenen Kriterium „2. Abwesenheit von anhaltendem Durst“ als im Winter erreichten, die hauptsächlich durch ein unzureichendes Angebot an Tränkwasser (Anzahl an Trogtränken und/oder Einzeltränken) auf der Weide bedingt war. Das größere Defizit bei der Wasserversorgung, das in der vorliegenden Untersuchung in der Sommererhebung festgestellt wurde, könnte somit auf eine schlechtere Wasserversorgung auf der Weide zurückzuführen sein. Hingegen ist die beobachtete Verbesserung im Bereich des Liegekomforts (Kriterium „3. Liegekomfort“) im Sommer vermutlich auf die auf der Weide besseren Bedingungen für komfortables Liegen (Arnott et al., 2017; Wagner et al., 2018), d. h. einen komfortableren Liegeuntergrund, zurückzuführen. In ihrem Review hinsichtlich der Auswirkungen von Haltungssystemen mit Weidegang auf die Gesundheit von Milchkühen stellten Arnott et al. (2017) verglichen mit ganzjähriger Stallhaltung fest, dass in Haltungssystemen mit Weidegang neben geringerer Lahmheitsprävalenz sowohl eine niedrigere Mortalität als auch weniger weitere Erkrankungsfälle (Mastitiden und Gebärmuttererkrankungen) auftreten. Die Autoren schlussfolgerten, dass Weidegang insgesamt einen positiven Effekt auf die Gesundheit von Milchkühen ausübt. Übereinstimmend konnte in unseren Erhebungen im Sommer eine verbesserte Situation hinsichtlich des Erkrankungsgeschehens (Kriterium „7. Abwesenheit von Krankheiten“) gegenüber dem Winter festgestellt werden. Allerdings stellten Wagner et al. (2018) in ihrer Studie mit den Milchviehbetrieben des Pilotbetrieбенnetzwerks keinen Einfluss der täglichen Weidedauer auf das Kriterium „7. Abwesenheit von Krankheiten“ fest. Jedoch fanden sie einen Effekt auf den Indikator „Augenausfluss“: in Betrieben mit mittlerem und hohem Weideangebot (d. h. ≥ 6 bis < 12 Stunden bzw. ≥ 12 Stunden täglich) trat dieser seltener auf als in Betrieben mit keinem bis geringem Weideangebot (d. h. 0 bis < 6 Stunden täglich). Darüber hinaus wurde in der genannten Studie, unabhängig von der täglichen Weidedauer, im Sommer Augenausfluss und Durchfall bei den Milchkühen häufiger, Scheidenausfluss jedoch seltener beobachtet als im Winter.

Das WQ® Kriterium „10. Ausleben anderen Verhaltens“ umfasst das Angebot von Weidegang auf den Betrieben, wobei lediglich Tage mit einer Weidezeit von mindestens 6 Stunden berücksichtigt werden (WQ®, 2009). So stellten 38 % der Pilotbetriebe den Milchkühen keinen (zwei ökologisch und 10 konventionell wirtschaftende Betriebe) oder weniger als 6 Stunden täglich (je ein ökologisch und konventionell wirtschaftender Betrieb) Weidegang zur Verfügung (vgl. Tabelle 4.6-1). Da eine Verbesserung der Bewertung in diesem Kriterium ausschließlich über ein höheres Angebot an Weidegang erreicht wird, bleibt dieses im Folgenden bei der Aufführung möglicher Maßnahmen zur Verbesserung des Tierwohls unberücksichtigt.

Sowohl zur Winter- als auch Sommererhebung unterschritten lediglich maximal 8 % der Betriebe den vorgegebenen Grenzwert in den WQ® Kriterien „5. Bewegungsfreiheit“, „6. Abwesenheit von körperlichen Schäden“, „9. Ausleben von Sozialverhalten“ sowie „12. Emotionales Wohlbefinden“ auf (vgl. Tabelle 4.6-1). Demnach wiesen die Pilotbetriebe hinsichtlich dieser Kriterien am seltensten Probleme auf.

Werden alle Betriebe, die nach oben definierter Schwellenwertsetzung Defizite in einzelnen Kriterien aufwiesen (exklusive der Kriterien „4. Temperaturkomfort“ und „10. Ausleben anderen Verhaltens“, vgl. Ta-

belle 4.6-1), nach Wirtschaftsweise differenziert, lagen die ökologisch wirtschaftenden Betriebe insgesamt seltener unter dem definierten Grenzwert von 40 als die konventionell wirtschaftenden Betriebe (30 vs. 56 Betriebe im Winter bzw. 26 vs. 48 Betriebe im Sommer). Übereinstimmend zu dieser Beobachtung konnte im Rahmen des vorliegenden Projekts festgestellt werden, dass die ökologisch wirtschaftenden Betriebe sowohl in einzelnen Indikatoren (z. B. prozentualer Anteil mittelgradig lahmer Kühe) und Kriterien (z. B. Kriterium „11. Gute Mensch-Tier-Beziehung“) als auch in der Gesamtbewertung des WQ® signifikant besser abschnitten als die konventionell wirtschaftenden Betriebe (vgl. Kapitel 4.7). Gleichzeitig zeigten sich jedoch gravierende Unterschiede innerhalb der Betriebe derselben Wirtschaftsweise. Somit wird deutlich, dass das jeweilige Management einen sehr großen Einfluss auf das Tierwohl hat und Problembereiche deshalb stets einzelbetrieblich ermittelt und Verbesserungspotenziale betriebspezifisch aufgezeigt werden müssen.

4.6.3.2 Mögliche Maßnahmen mit dem Ziel einer Verbesserung der Tierwohlsituation in den Milchviehbetrieben

Im Folgenden sind stichpunktartig mögliche Maßnahmen aufgeführt, die zu einer Verbesserung der Tierwohlsituation der Milchkühe in den einzelnen WQ® Kriterien führen können (exklusive der Kriterien „4. Temperaturkomfort“, „10. Ausleben anderen Verhalten“ und „12. Emotionales Wohlbefinden“). Um einen nachhaltigen Effekt für den einzelnen Betrieb zu erreichen, ist es entscheidend, jene Maßnahmen herauszufiltern, die einzelbetrieblich aus arbeits- und betriebswirtschaftlicher Sicht praktikabel sind und zudem den persönlichen Präferenzen der Betriebsleiter entsprechen (Brinkmann und March, 2010).

Kriterium „1. Abwesenheit von anhaltendem Hunger“:

1. Es ist auf die Vorlage einer ausreichenden Futtermenge sowie auf häufiges Heranschieben des Futters zu achten. Bei knapper Weidefläche (Barth et al., 2012) und/oder beim An- und Abweiden (Schleip et al., 2016) ist eine Zufütterung im Stall empfehlenswert.
2. Maßnahmen zur Verbesserung der Grundfutterqualität, beispielsweise durch eine Optimierung des Grünlandmanagements und der Schnittzeitpunkte zur Herstellung von Grünfutterkonservaten sowie gegebenenfalls durch den Einsatz von Siliermitteln (Barth et al., 2012), sollen angestrebt werden.
3. Die Durchführung von Grundfutteranalysen erlaubt es, Rationen möglichst optimal zusammenstellen zu können.
4. Zur Gestaltung einer möglichst bedarfs- und wiederkäuergerechten Fütterung kann die Einführung mehrerer Fütterungsgruppen sinnvoll sein (Brinkmann und March, 2010).
5. Das Angebot von (mindestens) einem ausgeglichenen Tier-Fressplatz-Verhältnis schafft die Möglichkeit, dass alle Kühe ruhig fressen können (LAVES, 2007; Schrader, 2009; DLG, 2015).
6. Auch Erkrankungen, wie z. B. Klauen- und Gliedmaßenerkrankungen, müssen als mögliche Ursache für eine unzureichende Futteraufnahme und Unterkonditionierung der Kühe in Erwägung gezogen (Barth et al., 2012) und gegebenenfalls Maßnahmen zur Verbesserung in diesen Bereichen durchgeführt werden.

Kriterium „2. Abwesenheit von anhaltendem Durst“:

1. Sowohl im Stall als auch auf der Weide muss eine bezogen auf die Tierzahl ausreichende Anzahl an Tränken zur Verfügung gestellt werden, wobei stets mindestens zwei Tränkestellen pro Haltungsguppe angeboten werden sollten (für Empfehlungen s. beispielsweise Sanftleben et al., 2007, WQ® (2009), Barth et al., 2012 und DLG, 2014).
2. Die Tränken sind regelmäßig auf ihre Funktionsfähigkeit und einen ausreichenden Durchfluss zu kontrollieren und müssen bei Mängeln umgehend instandgesetzt bzw. ausgetauscht werden. Auch die Sauberkeit der Tränken sollte routinemäßig überprüft werden und bei Bedarf das Reinigungsintervall erhöht bzw. die Positionierung der Tränke angepasst werden (Brinkmann et al., 2016).

Kriterium „3. Liegekomfort“:

1. Folgende Maßnahmen können die Verschmutzungen der Kühe reduzieren:
 1. Verbesserung der Hygiene von Lauf- und Liegeflächen, beispielsweise durch eine Erhöhung des Abschiebeintervalls (DLG, 2018), eine Optimierung des Einstreumanagements und der Boxenpflege (Kögler, 2005; DLG, 2018), eine Änderung des verwendeten Einstreumaterials, da sich diese in ihrer Wasseraufnahmefähigkeit unterscheiden (Kögler, 2005; LAVES, 2007), und die händische Bedeckung von Kotfladen mit Einstreu („Fladen drehen“) bei freier Liegefläche,
 2. Ergreifen von Maßnahmen zur Verbesserung des Abliegeverhaltens (s. unten),
 3. Angebot von ausreichend Liegeboxen bzw. -fläche, um das Risiko von „Spaltenliegern“ zu verringern,
 4. „Befestigung“ von Weidetriebwegen (für verschiedene Möglichkeiten s. beispielsweise Schleip et al., 2016),
 5. Angebot von Kuhbürsten zur Körperpflege (DLG, 2018) und
 6. Vermeidung von dünner Kotkonsistenz und Durchfällen (s. hierzu Maßnahmen Kriterium „7. Abwesenheit von Krankheiten“).
2. Zur Verbesserung des Abliegeverhaltens beispielsweise:
 1. eine weiche, gut eingestreute und verformbare Liegefläche bereitstellen (LAVES, 2007; DLG, 2018), dabei u. a. auch auf eine intakte Beschaffenheit von Stroh-Mist-Matratzen achten und gegebenenfalls Ausbesserungen vornehmen (Kögler, 2005),
 2. Einstellungen der Boxeneinrichtung überprüfen und bei Bedarf an Größe der Kühe anpassen (für Empfehlungen s. beispielweise LAVES (2007), Sanftleben et al. (2007) und Dimov (2014)) sowie
 3. Seitenbegrenzung und Nackenriegel der Liegeboxen in flexibler Ausführung nutzen (LAVES, 2007).

Kriterium „5. Bewegungsfreiheit“:

1. Eine Haltung in Laufstallsystemen statt Anbindung (durch Stallumbau oder -neubau) wird empfohlen, da Anbindung die Ausübung wesentlicher artgener Verhaltensweisen (z. B. das Bewegungs- und Sozialverhalten) erheblich einschränkt (Popescu et al., 2013; Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2015).
2. Die Beibehaltung der Anbindehaltung ist nicht adäquat, zumindest ist aber für regelmäßigen Zugang zu Freigelände zu sorgen, um das Tierwohlniveau zu erhöhen (Regula et al., 2004; Popescu et al., 2013).

Kriterium „6. Abwesenheit von körperlichen Schäden“:

1. Zur Vermeidung bzw. Verminderung von Technopathien muss neben der Einstellung der Liegeboxen auch die der anderen Haltungseinrichtungen (z. B. Fressgitter) kontrolliert und gegebenenfalls angepasst werden (für Empfehlungen s. beispielweise LAVES, 2007 und Sanftleben et al., 2007).
2. Das Futter ist regelmäßig heranzuschieben, um ein „Stemmen“ der Kühe gegen das Fressgitter bzw. Nackenrohr und somit die Entstehung von Schwellungen und Verletzungen v. a. im Nackenbereich zu vermeiden.
3. Zur Reduktion von körperlichen Schäden wie Schwellungen an Karpal- und Tarsalgelenken sowie Lahmheiten (Kögler, 2005; Brinkmann und March, 2010) muss für hohen Liegekomfort und somit lange Liegezeiten gesorgt werden (s. hierzu Maßnahmen Kriterium „3. Liegekomfort“).
4. Die Beschaffenheit der Laufflächen ist in Hinblick auf verletzungsträchtige Unebenheiten des Bodenbelages (z. B. hochstehende Spaltenelemente) sowie Trittsicherheit zu optimieren (KTBL, 2006; Brinkmann et al., 2016). Darüber hinaus ist eine verbesserte Laufflächenhygiene anzustreben (Guard, 2004; Bell et al., 2009; DLG, 2018), indem beispielsweise das Abschiebeintervall erhöht wird.
5. Das Angebot von Weidegang übt einen positiven Effekt auf die Klauengesundheit aus (De Vries et al., 2015; Arnott et al., 2017; Wagner et al., 2018).
6. Als vorbeugende Maßnahmen gegen Klauenerkrankungen wird die Durchführung einer regelmäßigen Routineklauenpflege (Kofler, 2001; Espejo und Endres, 2007; Brinkmann und March, 2010) sowie gegebenenfalls Klauenreinigung/-bäder (Kofler, 2001; Brinkmann und March, 2010; Cook, 2017) empfohlen.
7. Auch die Fütterung muss kontrolliert werden, da Fütterungsfehler das Auftreten von Klauenerkrankungen begünstigen können (Kofler, 2001; Gerstädt, 2005; Bačić et al., 2007; Brinkmann et al., 2016).

Kriterium „7. Abwesenheit von Krankheiten“:

1. Kühe mit einem geschwächten Immunsystem sind anfälliger für Erkrankungen (De Passillé und Rushen, 1999; Kögler, 2005; Barth et al., 2012). Ganz allgemein sollen deshalb Faktoren, die einen negativen Effekt auf die Immunfunktion der Tiere haben können, wie eine nicht bedarfs- und wiederkäuergerechte Fütterung (Kögler, 2005; Barth et al., 2012), möglichst vermieden, hingegen jene, die sich stärkend auswirken können, wie die Exposition gegenüber Sonnenlicht und Außenklima durch Zugang zu Freigelände (Arnott et al., 2017), gefördert werden.
2. Eutererkrankungen können vorgebeugt werden, indem beispielsweise:

1. die Melkhygiene und -technik optimiert wird (Kögler, 2005; Brinkmann und March, 2010; Barth et al., 2012),
 2. für saubere und trockene Lauf- und Liegebereiche gesorgt sowie Einstreu (z. B. Stroh) von hygienisch einwandfreier Qualität verwendet wird, um den Keimdruck im Stall möglichst gering zu halten (Kögler, 2005; Brinkmann und March, 2010; Barth et al., 2012),
 3. eine ausreichende Anzahl von optimal dimensionierten Liegeflächen angeboten wird, um das Risiko von Zitzenverletzungen und dadurch bedingte Euterentzündungen zu reduzieren (Kögler, 2005), sowie
 4. an der Milchleistungsprüfung teilgenommen wird, um u. a. ein optimales und an die tierindividuelle Situation angepasstes Trockenstellmanagement zu gewährleisten.
3. Eine Reduktion des Risikos für Schwereburten kann beispielsweise erreicht werden durch:
1. eine entsprechende Bullenauswahl, v. a. bei Erstkalbinnen (Brinkmann et al., 2016),
 2. eine optimale Körperkondition der Kühe zur Kalbung, d. h. eine Überkonditionierung der Kühe im letzten Laktationsdrittel verhindern (Brinkmann und March, 2010; Brinkmann et al., 2016), und
 3. ein ausreichendes Angebot von Bewegungsmöglichkeiten durch den Zugang zu Auslauf und/oder Weide (Bendixen et al., 1986; Gustafson, 1993; Mee, 2004).
4. Da das Risiko z. B. von Euter- und Gebärmutterentzündungen sowie Ketosen nach einer Erkrankung an Gebärparese erhöht ist (Bačić et al., 2007; Barth et al., 2012), müssen unbedingt präventive Maßnahmen zur Reduktion des Auftretens von Gebärparesen durchgeführt werden. Hierzu zählen z. B.:
1. die Optimierung der Fütterung während des Trockenstehens wie der Einsatz von calciumarmem Mineralfutter und der Nutzung extensiver Weiden (für weitere Empfehlungen s. beispielsweise Barth et al., 2012),
 2. die Vermeidung von Überkonditionierung der Kühe zum Laktationsende (Thilising-Hansen et al., 2002; Barth et al., 2012) sowie
 3. die metaphylaktische Gabe von Calcium (oral z. B. als Bolus) oder Vitamin D3 an ältere bzw. Risikotiere nach tierärztlicher Indikation um bzw. vor Geburt (Thilising-Hansen et al., 2002; Barth et al., 2012; Cohrs et al., 2016).
5. Bei Auftreten von Durchfällen ist die Fütterung zu überprüfen (Baumgartner, 2014). Weitere Faktoren wie Parasiten und Infektionen (Popescu et al., 2013) sind dabei als Gründe auszuschließen. Fütterungsbedingten Durchfällen während der Weidezeit aufgrund zu geringer Rohfasergehalte kann z. B. durch Zufütterung von rohfaserreichen Futtermitteln wie Stroh oder älterer Grassilage entgegengewirkt werden. Grundsätzlich muss auf eine ausreichende Versorgung mit strukturreichem Grundfutter geachtet werden und gegebenenfalls der Kraftfutteranteil in der Ration reduziert, die Zusammensetzung geändert und/oder die Verabreichung des Kraftfutters in mehrere Einzelgaben aufgeteilt werden (Schleip et al., 2016).
6. Bei häufigem Auftreten von Augen- und Nasenausfluss muss gegebenenfalls das Stallklima verbessert werden (d. h. Schadgas- und Staubbelastung sowie Feuchtigkeit reduzieren und Zugluft

vermeiden; Brinkmann et al., 2016), beispielsweise durch den Einsatz von Ventilatoren, das konsequente Öffnen von Windnetzen, die Verwendung von hygienisch einwandfreier Einstreu und die Optimierung des Einstreumanagements.

7. Zur Vermeidung bzw. Reduktion des Auftretens von Scheidenausfluss bzw. Gebärmutterentzündungen muss auf saubere Bedingungen rund um die Abkalbung (z. B. auch Sauberkeit der eingesetzten Utensilien zur Geburtshilfe) geachtet werden (Sanftleben et al., 2007; Brinkmann und March, 2010; Machado und Bicalho, 2017).

Kriterium „8. Abwesenheit von schmerzhaften Managementmaßnahmen“:

1. Keine Enthornung der Tiere vornehmen, sondern horntragende Tiere, sofern es die stallbaulichen Gegebenheiten und die Managementfähigkeiten erlauben, oder genetisch hornlose Tiere halten.
2. Werden die Tiere enthornt, so ist diese thermisch (d. h. mittels eines Brennstabes) sowie unter Gabe von Betäubungs- und Schmerzmitteln durchzuführen (WQ®, 2009; Stafford und Mellor, 2011).

Kriterium „9. Ausleben von Sozialverhalten“:

1. Soziale Auseinandersetzungen können reduziert werden, indem ausreichend Platz im Stall zur Verfügung gestellt, Gänge großzügig dimensioniert und Sackgassen vermieden werden (Giesecke, 2018; für Empfehlungen s. beispielsweise LAVES, 2007 und Sanftleben et al., 2007).
2. Zusätzlich müssen begrenzte Ressourcen wie Futter, Wasser und Ruheplatz in ausreichender Anzahl bei möglichst gleicher Qualität angeboten werden (LAVES, 2007; De Vries et al., 2015; DLG, 2018). So ist beispielsweise für jedes Tier mindestens ein Liege- und Fressplatz zur Verfügung zu stellen, um den Kühen ein gleichzeitiges und ungestörtes Ruhen und Fressen zu erlauben (Schrader, 2009). Von einem Überangebot an Liege- und Fressplätzen, wie z. B. von der DLG (2015) vorgeschlagen, profitieren insbesondere rangniedere Tiere, da es ihnen ermöglicht wird, eine (größere) Distanz zu ranghöheren Tieren zu wahren.
3. Umgruppierungen sind möglichst selten vorzunehmen, da zwischen unbekannten Tieren immer wieder neue Rangordnungen ausgekämpft werden müssen (Bøe und Færevik, 2003).
4. Gegebenenfalls kann auch eine Reduktion der Gruppengröße hilfreich sein, agonistische Verhaltensweisen zwischen den Tieren zu verringern (Kondo et al., 1989; Jensen und Proudfoot, 2017).

Kriterium „11. Gute Mensch-Tier-Beziehung“:

1. Regelmäßiger ruhiger und besonnener Umgang mit den Kühen verbessert die Mensch-Tier-Beziehung. Durch das Vermeiden von lautem, hektischem und grobem Umgang mit den Tieren kann die Furchtreaktion vor Menschen verringert und somit Stress vermieden werden (Waiblinger et al., 2002; Brinkmann et al., 2016; Napolitano et al., 2019).

4.6.3.3 **Potenzielle Umweltwirkungen von Maßnahmen mit dem Ziel einer Verbesserung der Tierwohlsituation in den Milchviehbetrieben**

An die Milchviehhaltung werden seitens der Gesellschaft vielerlei Ansprüche, u. a. in Hinblick auf das Tierwohl und den Umweltschutz, gestellt. Zwischen diesen verschiedenen gesellschaftlichen Zielen können Synergien, aber auch Konflikte bestehen (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2015). Deshalb stellt sich die Frage, welche potenziellen Umweltwirkungen (z. B. hinsichtlich der THG-Emissionen) mit Maßnahmen, die mit dem Ziel einer Verbesserung der Tierwohlsituation in den Milchviehbetrieben ergriffen werden, verbunden sind. Im Folgenden wird dies exemplarisch für zwei mögliche Maßnahmen zur Verbesserung des Tierwohls andiskutiert. Die Maßnahmen zielen dabei auf eine Verbesserung der Wasserversorgung (Kriterium „2. Abwesenheit von anhaltendem Durst“) und des Liegekomforts (Kriterium „3. Liegekomfort“) ab, welche, neben dem Erkrankungsgeschehen, als die häufigsten Schwachstellen des Tierwohls in den Pilotbetrieben identifiziert werden konnten.

Beispiel 1 – Maßnahme mit dem Ziel einer Verbesserung der Wasserversorgung:

Nach WQ®, 2009 erfolgt die Bewertung der Wasserversorgung (Kriterium „2. Abwesenheit von anhaltendem Durst“) auf Basis der Anzahl funktionsfähiger Tränkestellen sowie deren Sauberkeit und Wasserdurchfluss (vgl. Kapitel 4.4). Eine Verbesserung in diesem Bereich kann demnach durch die Bereitstellung einer größeren Anzahl an Tränken und/oder die Verbesserung der Hygiene und der Durchlaufgeschwindigkeit erreicht werden, was auf den Betrieben in der Regel recht einfach umsetzbar sein dürfte. Da soziale Auseinandersetzungen zwischen Kühen vermehrt beim Wettkampf um limitierte Ressourcen beobachtet werden können (LAVES, 2007; De Vries et al., 2015; DLG, 2018), kann vermutet werden, dass eine Erhöhung der Tränkeanzahl möglicherweise auch einen positiven Effekt hinsichtlich des Auftretens agonistischer Verhaltensweisen (Kriterium „10. Ausleben von Sozialverhalten“) haben könnte.

Die Bereitstellung und Nutzung von Trinkwasser ist mit nur geringen THG-Emissionen verbunden (Paulsen et al., 2015). Darüber hinaus gilt Wasser als das wichtigste Futtermittel für landwirtschaftliche Nutztiere und die Wasserverfügbarkeit und -qualität ist sowohl für die Tiergesundheit als auch die Leistung von Milchkühen von entscheidender Bedeutung (NRC, 2001; Brinkmann et al., 2016). So kann eine Restriktion der Wasserverfügbarkeit bzw. -aufnahme eine schnelle und erhebliche Depression der Milchleistung bedingen (Little et al., 1980; NRC, 2001; Steiger Burgos et al., 2001). Eine verbesserte und ausreichende Tränkewasserversorgung könnte somit einen positiven Effekt auf die Milchleistung ausüben. Ob eventuell erhöhte Urinausscheidungen die Ammoniakemissionen steigern, bleibt aufgrund der vielfältigen Interaktionen mit der Fütterung, z. B. mit der Versorgung der Tiere mit Kalium (Erikson und Rusats, 2014), oder mit der Abtrocknung der Stallböden (Retz et al., 2011) dahingestellt.

Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die angeführte Maßnahme zur Verbesserung der Wasserversorgung der Kühe und so des Tierwohls keinen oder, durch eine Steigerung der Milchleistung, sogar positiven (d. h. verringernden) Effekt auf die produktbezogenen THG-Emissionen ausüben würde.

Beispiel 2 – Maßnahme mit dem Ziel einer Verbesserung des Liegekomforts:

In die Bewertung des Liegekomforts (Kriterium „3. Liegekomfort“) nach WQ®, 2009 fließen die Abliegedauer sowie der Anteil an Kühen, die beim Abliegen mit der Haltungseinrichtung kollidieren bzw. außerhalb des eigentlichen Liegebereichs liegen, ein. Darüber hinaus wird auch die Verschmutzung der Kühe

berücksichtigt (vgl. Kapitel 4.4). Ein Zusammenhang zwischen der Verschmutzung von Kühen und der Stallhygiene konnte in mehreren Studien gezeigt werden (z. B. Magnusson et al., 2008; Devries et al., 2012; De Vries et al., 2015). Eine Reduktion der Verschmutzung der Kühe kann somit beispielsweise durch eine höhere Sauberkeit der Lauf- und Liegeflächen erreicht werden, indem häufiger oder gegebenenfalls, im Fall von Spaltenboden, überhaupt abgeschoben bzw. das Einstreumanagement optimiert wird (z. B. durch eine Erhöhung der Einstreumenge). Dies kann nicht nur zu einer Verbesserung des Liegekomforts (Kriterium „3. Liegekomfort“) führen, sondern es ist auch ein positiver Effekt auf die Tiergesundheit, wie die Klauen- und Gliedmaßen- (Kara et al., 2011; Sadiq et al., 2017; Kriterium „6. Abwesenheit von körperlichen Schäden“) sowie Eutergesundheit (Schreiner und Ruegg, 2003; Ellis et al., 2007; Neja et al., 2016; Kriterium „7. Abwesenheit von Krankheiten“), denkbar.

Die Landwirtschaft ist der Hauptemittent von Ammoniak und Lachgas in Deutschland, welche als indirekte bzw. direkte THG von Bedeutung sind (Umweltbundesamt, 2014 und 2019). Ammoniak wirkt sich darüber hinaus schädigend auf Land- und Wasserökosysteme (durch Versauerung und Eutrophierung) sowie die menschliche Gesundheit (durch negative Effekte auf die Qualität von Atemluft und Wasser) aus (Umweltbundesamt, 2014 und 2019), während Lachgas zum Ozonabbau in der Stratosphäre beiträgt (Senat der Bundesforschungsinstitute des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft, 2014).

Für die Ammoniakemissionen im Stall und/oder Auslauf ist die Größe der mit Exkrementen verschmutzten und somit emittierenden Fläche bedeutsam (Schrade et al., 2013). Eine verbesserte Sauberkeit der Laufflächen dürfte somit zu einer Reduktion der Ammoniakemissionen aus diesen Bereichen beitragen (Retz et al., 2011), was aus Umweltsicht positiv zu bewerten ist. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass somit eine höhere Menge an emissionsrelevanten Stickstoffverbindungen mit den Exkrementen in die Lagerung gelangen würde, welche dann bei der Wirtschaftsdüngerlagerung und -ausbringung potenziell als gasförmige Stickstoffverbindungen, wie Ammoniak und Lachgas, emittieren kann. Das Ausmaß der Emissionen ist jedoch stark vom Wirtschaftsdüngermanagement abhängig und kann durch geeignete Maßnahmen, beispielsweise durch die Verwendung einer möglichst gasdichten Abdeckung des Güllelagers, Biogasgewinnung und -nutzung sowie durch eine bodennahe Ausbringung und schnelle Einarbeitung des Wirtschaftsdüngers, erheblich gemindert werden (Senat der Bundesforschungsinstitute des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft, 2014). Zudem kann Mineraldünger eingespart werden. Eine Erhöhung der Einstreumenge führt hingegen zu erhöhten Aufwendungen in der Gewinnung von Einstreumaterial und bei der Festmistlagerung, die die THG-Bilanz beeinflussen (Paulsen et al. 2013, 2015). Die Effekte einer Erhöhung des Reinigungsintervalls bzw. Optimierung des Einstreumanagements auf THG- und Ammoniakemissionen sind in einem bestehenden Stall zwar berechenbar, aufgrund der zahlreichen genannten Wechselwirkungen und zusätzlich jenen mit der Fütterung (Warnecke et al., 2013) werden sich Einsparungen und zusätzliche Emissionen vermutlich aufheben oder nur begrenzt auf die produktbezogene Emissionsbewertung auswirken (Paulsen et al., 2015).

Führen die angesprochenen Maßnahmen zur Verringerung der Verschmutzung der Kühe jedoch auch zu einer Verbesserung der Tiergesundheit, kann dies wiederum einen positiven Effekt auf die Milchleistung und/oder Nutzungsdauer der Kühe aufgrund einer Verminderung der Abgänge durch Gesundheitsprobleme und Managementmaßnahmen haben. So würden sich beispielsweise die THG-Emissionen der Milchproduktion bei Erstgenanntem auf eine höhere Milchleistung verteilen, während bei Zweitgenanntem weniger Färsen zur Remontierung der Herde benötigt werden würden. Beides würde zu einer Verminderung der produktbezogenen THG-Emissionen führen.

4.6.4 Schlussfolgerungen

Obwohl sich sowohl die Tierwohlsituation als auch die Optimierungspotenziale in den untersuchten Praxisbetrieben unterscheiden, konnte die in der vorliegenden Untersuchung durchgeführte Schwachstellenanalyse auf Ebene der 12 Kriterien des WQ® Protokolls, 2009 zeigen, dass in den 37 Milchviehbetrieben des Pilotbetriebsnetzwerks besonders häufig Auffälligkeiten in den Bereichen der Wasserversorgung (v. a. auf der Weide) sowie des Liegekomforts und Erkrankungsgeschehens (v. a. bezüglich des Auftretens von Nasenausfluss, Mastitiden, Schweregeburten sowie festliegenden Kühe (z. B. infolge hypocalcämischer Gebärpause)) auftraten.

Probleme im Bereich der Wasserversorgung, aber auch des Liegekomforts, sind durch baulich-technische Eingriffe (z. B. Einbau weiterer Tränken und angepasste Intervalleinstellung des Mistschiebers) und/oder Veränderungen des Managements (z. B. Optimierung des Einstreumanagements und der Boxenpflege) in den Betrieben vermutlich größtenteils recht einfach lösbar. Hingegen dürfte es sich aufgrund der multifaktoriellen Ursachen vieler Erkrankungen sowie der Komplexität des Systems „landwirtschaftlicher Betrieb“, in dem verschiedene Risikofaktoren miteinander interagieren, im Bereich der Tiergesundheit schwieriger gestalten, aus der Vielzahl möglicher Verbesserungsansätze jene auszuwählen, die auf dem Einzelbetrieb letztlich auch merklich zum Erfolg führen. Allerdings ist jeder Schritt in Richtung eines verbesserten Tierwohls, sei er auch noch so klein, als erstrebens- und lohnenswert einzuschätzen. Darüber hinaus können Maßnahmen, die zur Verbesserung der Tierwohlsituation in den Milchviehbetrieben ergriffen werden, auch im Sinne des Umweltschutzes, beispielsweise hinsichtlich der THG-Emissionen, von Vorteil sein und müssen nicht unweigerlich einen Zielkonflikt darstellen.

4.6.5 Literatur

Aerts S, Lips D, Spencer S, Decuypere E, de Tavenier J (2006) A new framework for the assessment of animal welfare: Integrating existing knowledge from a practical ethics perspective. *J Agric Environ Ethics* 19:67-76. <https://doi.org/10.1007/s10806-005-4376-y>

Arnott G, Ferris CP, O'Connell NE (2017) Review: welfare of dairy cows in continuously housed and pasture-based production systems. *Animal* 11(2):261-273. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001336>

Bačić G, Karadjole T, Mačević N, Karadjole M (2007) A brief review of etiology and nutritional prevention of metabolic disorders in dairy cattle. *Vet arhiv* 77(6):567-577

Barth K, Brinkmann J, Harms J, Isselstein J, Krömker V, March S, Müller J, Rauch P, Schumacher U, Spiekers H, Winckler C (2012) Merkblatt: Euter- und Stoffwechselgesundheit bei Biomilchkühen. 1. Auflage. FiBL, Frick

Bartussek H (1996) Tiergerechtheitsindex für Rinder TGI 35 L/1996 – Rinder. Stand Mai 1996. Bayerische Anstalt für Landwirtschaft-Verlag, Gumpenstein. Online: << <https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/viewdownload/138-tiergerechtheitsindex/938-tiergerechtheitsindex-tgi-35-l-1996-fuer-rinder-kaelber.html>>> (abgerufen am 17.06.2019)

Baumgartner C (2014) Milchkühe: Die 7 grossen Fütterungs-Mythen. *LANDfreund*, Ausgabe 2/2014:2- 5

Bell NJ, Bell MJ, Knowles TG, Whay HR, Main DJ, Webster AJF (2009) The development, implementation and testing of a lameness control programme based on HACCP principles and designed for heifers on dairy farms. *Vet J* 180(2):178-188. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2008.05.020>

Bendixen PH, Vilson B, Ekesbo I, Åstrand DB (1986) Disease frequencies of tied zero-grazing dairy cows and of dairy cows on pasture during summer and tied during winter. *Prev Vet Med* 4(4):291-306. [https://doi.org/10.1016/0167-5877\(86\)90011-5](https://doi.org/10.1016/0167-5877(86)90011-5)

Bøe KE, Færevik G (2003) Grouping and social preferences in calves, heifers and cows. *Appl Anim Behav Sci* 80(3):175-190. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00217-4](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00217-4)

Brinkmann J, March S (2010) Tiergesundheit in der ökologischen Milchviehhaltung – Status quo sowie (Weiter-) Entwicklung, Anwendung und Beurteilung eines präventiven Konzeptes zur Herdengesundheitsplanung. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen

Brinkmann J, Ivmeyer S, Pelzer A, Winckler C, Zapf R (2016) Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Rind: Vorschläge für die Produktionsrichtungen Milchkuh, Aufzuchtkalb, Mastrind. KTBL, Darmstadt

Capdeville J, Veissier I (2001) A method of assessing welfare in loose-housed dairy cows at farm level, focusing on animal observations. *Act Agric Scand, Sect A, Animal Sci* 51:Suppl 30, 62-68. <https://doi.org/10.1080/090647001316923081>

Cohrs I, Wenning P, Grünberg W (2016) MilCHFieber vorbeugen: Was ist effektiv? Tiergesundheit und mehr, Ausgabe 2/2016:10-13

Cook NB (2017) A review of the design and management of footbaths for dairy cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 33(2):195-225. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.02.004>

De Passillé AM, Rushen J (1999) Are you a source of stress or comfort for your cows? *Adv Dairy Technol* 11:347-360

De Vries M, Bokkers EA, van Reenen CG, Engel B, van Schaik G, Dijkstra T, de Boer IJ (2015) Housing and management factors associated with indicators of dairy cattle welfare. *Prev Vet Med* 118(1): 80-92. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.11.016>

Devries TJ, Aarnoudse MG, Barkema HW, Leslie KE, von Keyserlingk MA (2012) Associations of dairy cow behavior, barn hygiene, cow hygiene, and risk of elevated somatic cell count. *J Dairy Sci* 95(10):5730-5739. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5375>

Dimov D (2014) Review: Effect of cubicle technological parameters on welfare and comfort of dairy cows. *Agricultural Science and Technology* 6(4):377-382

DLG (Hrsg.) (2014) DLG-Merkblatt 399: Wasserversorgung für Rinder – Bauliche, technische und bedarfsgerechte Lösungen. 1. Auflage, Stand 08/2014. Online: <<<https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/technik/technik-tierhaltung/dlg-merkblatt-399/>>> (abgerufen am 03.06.2019)

DLG (Hrsg.) (2015) Arbeiten der DLG/Band 206: Nachhaltigkeitsbewertung in der Rinderhaltung – Fütterung, Ressourcen, Klima, Tiergerechtigkeit. Auflage 1/2015. DLG-Verlag, Frankfurt am Main

DLG (Hrsg.) (2018) DLG-Merkblatt 381: Das Tier im Blick – Milchkühe. 5. Auflage, Stand 10/2016. On-line: <<<https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/tierhaltung/tiergerechtheit/dlg-merkblatt-381/>>> (abgerufen am 17.05.2019)

Ellis KA, Innocent GT, Mihm M, Cripps P, McLean WG, Howard CV, Grove-White D (2007) Dairy cow cleanliness and milk quality on organic and conventional farms in the UK. *Journal of Dairy Research* 74(3):302-310. <https://doi.org/10.1017/S002202990700249X>

Eriksson T, Rustas BO (2014) Effects on milk urea concentration, urine output, and drinking water intake from incremental doses of potassium bicarbonate fed to mid-lactation dairy cows. *J Dairy Sci* 97(7):4471-4484. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7861>

Espejo LA, Endres MI (2007) Herd-level risk factors for lameness in high-producing Holstein cows housed in freestall barns. *J Dairy Sci* 90(1):306-314. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)72631-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)72631-0)

Gerstädt P (2005) Einfluss der Fütterung auf die Klauengesundheit. *veterinär Spiegel* 15(02):28-30. DOI: 10.1055/s-0029-1237646

Gieseke D, Lambertz C, Traulsen I, Krieter J, Gauly M (2014) Beurteilung von Tiergerechtheit in der Milchviehhaltung – Evaluierung des Welfare Quality® Protokolls. *Züchtungskunde* 86(1):58-70

Gieseke D (2018) Einfluss von Haltung und Management auf das Tierwohl in der Milchviehhaltung. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen

Guard C (2004) Animal welfare and claw diseases. *Proceedings of the 13th International Symposium on Lameness in Ruminants*, 11.-15.02.2004, Maribor/Slovenia, 155-157

Gustafson GM (1993) Effects of daily exercise on the health of tied dairy cows. *Prev Vet Med* 17(3-4):209-223. [https://doi.org/10.1016/0167-5877\(93\)90030-W](https://doi.org/10.1016/0167-5877(93)90030-W)

Hemsworth PH, Barnett JL, Coleman GJ (2009) The integration of human-animal relations into animal welfare monitoring schemes. *Anim Welf* 18(4):335-345

Jensen MB, Proudfoot KL (2017) Effect of group size and health status on behavior and feed intake of multiparous dairy cows in early lactation. *J Dairy Sci* 100(12):9759-9768. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13035>

Johnsen PF, Johannesson T, Sandoe P (2001) Assessment of farm animal welfare at herd level – Many goals, many methods. *Acta Agric Scan A, Act Agric Scand, Sect A, Animal Sci* 51:Suppl 30:26-33. <https://doi.org/10.1080/090647001316923027>

Kara NK, Galic A, Koyunco M (2011) Effects of stall type and bedding materials on lameness and hygiene score and effect of lameness on some reproductive problems in dairy cattle. *Journal of Applied Animal Research* 39(4):334-338. <https://doi.org/10.1080/09712119.2011.607890>

Kirchner MK, Ferris C, Abecia L, Yanez-Ruiz DR, Pop S, Voicu I, Dragomir C, Winckler C (2014) Welfare state of dairy cows in three European low-input and organic systems. *Organic Agriculture* 4(4):309-311. <https://doi.org/10.1007/s13165-014-0074-2>

Kögler H (2005) Einfluss der Liegeboxengestaltung auf die Gelenk- und Eutergesundheit von Milchkühen. In: Gumpensteiner Bautagung 2005, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Österreich, 37-41

Kofler J (2001) Beziehungen zwischen Fütterung und Gliedmaßenkrankungen bei Rindern – Diagnostik, Therapie und Prophylaxe. In: 28. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irdning, Österreich, 75-92

Kondo S, Sekine J, Okubo M, Asahida Y (1989) The effect of group size and space allowance on the agonistic and spacing behavior of cattle. *Appl Anim Behav Sci* 24(2):127-135. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(89\)90040-3](https://doi.org/10.1016/0168-1591(89)90040-3)

KTBL (Hrsg.) (2006) Laufflächen für Milchkühe – Ausführung und Sanierung. KTBL-Heft 60. KTBL, Darmstadt

LAVES (Hrsg.) (2007) Tierschutzleitlinie für die Milchkuhhaltung. Arbeitsgruppe Rinderhaltung. 1. Auflage. Online: <<<https://www.laves.niedersachsen.de/tiere/tierschutz/tierhaltung/niedersaechsische-tierschutzleitlinien-zur-milchkuhhaltung-73337.html>>> (abgerufen am 17.06.2019)

Little W, Collis KA, Gleed PT, Sansom BF, Allen WM, Quick AJ (1980) Effect of reduced water intake by lactating dairy cows on behaviour, milk yield and blood composition. *Vet Rec* 106(26):547-551

Machado VS, Bicalho RC (2017) The infectious disease epidemiologic triangle of bovine uterine diseases. *Anim Reprod* 12(3):450-464

Magnusson M, Herlin AH, Ventorp M (2008) Short communication: Effect of alley floor cleanliness on free-stall and udder hygiene. *J Dairy Sci* 91(10):3927-3930. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0652>

Mee JF (2004) Managing the dairy cow at calving time. *Vet Clin Food Anim* 20(3):521-546. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.001>

Napolitano F, Serrapica F, Braghieri A, Masucci F, Sabia E, De Rosa G (2019) Human-animal interactions in dairy buffalo farms. *Animals* 9(5):246. <https://doi.org/10.3390/ani9050246>

Neja W, Bogucki M, Jankowska M, Sawa A (2016) Effect of cow cleanliness in different housing systems on somatic cell count in milk. *Acta Vet Brno* 85:55-61. <https://doi.org/10.2754/avb201685010055>

NRC (2001) Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh revised edition. National Academy Press, Washington, D.C.

Paulsen HM, Blank B, Schaub D, Aulrich K, Rahmann G (2013) Zusammensetzung, Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern ökologischer und konventioneller Milchviehbetriebe in Deutschland und die Bedeutung für die Treibhausgasemissionen. *Landbauforsch Appl Agric Forestry Res* 63(1):29-36. doi:10.3220/LBF_2013_29-36

Paulsen HM, Warnecke S, Schmid H, Frank H, Brinkmann J, March S, Koopman R (2015) Haltungsbedingungen, Tiergesundheits- und Tierwohlparameter und Medikamenteneinsatz in der Milchviehhaltung auf je zwei ökologischen und konventionellen Betrieben sowie Auswirkungen von Optimierungsansätzen zur Verbesserung der Situation der Tiere auf die Klimabilanz der Milcherzeugung. In: Hülshagen

K-J, Rahmann G (Hrsg.) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben: Forschungsergebnisse 2013-2014. Thünen Report 29, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, 119-148. doi:10.3220/REP_29_2015

Popescu S, Borda C, Diugan EA, Spinu M, Groza IS, Sandru CD (2013) Dairy cows welfare quality in tie-stall housing system with or without access to exercise. *Acta Vet Scand* 55(1):43. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-55-43>

Regula G, Danuser J, Spycher B, Wechsler B (2004) Health and welfare of dairy cows in different husbandry systems in Switzerland. *Prev Vet Med* 66(1-4):247-264. <https://doi.org/10.1016/j.prevet-med.2004.09.004>

Retz SK, Georg H, Van den Weghe HFA (2011) Einfluss der Reinigungsintensität und der Tierpräsenz auf das Ammoniakemissionsverhalten von Betonspaltenböden in Milchviehlaufställen. In: KTBL (Hrsg.) 10. Tagung Bau, Technik und Umwelt 2011 in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. KTBL, Darmstadt, 226-231

Sadiq MB, Ramanoon SZ, Mansor R, Syed-Hussain SS, Shaik Mossadeq WM (2017) Prevalence of lameness, claw lesions, and associated risk factors in dairy farms in Selangor, Malaysia. *Trop Anim Health Prod* 49:1741-1748. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1387-4>

Sanftleben P, Knierim U, Herrmann H-J, Müller C, von Borell E (2007) Kritische Kontrollpunkte (CCP) in der Milchrinderhaltung. *Züchtungskunde* 79(5):339-362

Schleip I, Huguenin O, Hermle M, Heckendorn F, Sixt D, Volling O, Schindele M (2016) Merkblatt: Erfolgreiche Weidehaltung. Der Schlüssel zu niedrigen Kosten in der Milchproduktion. 1. Auflage 2016. Bioland-Verlags GmbH, Mainz

Schrade S, Steiner B, Keck M (2013) Ammoniakemissionen aus Milchviehställen und Maßnahmen zur Minderung. In: Bautagung Raumberg-Gumpenstein 2013, Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Österreich, 33-40

Schrader L (2009) Tierschutz und Tierhaltung in der Milchviehhaltung. *Züchtungskunde* 81(6):414-420

Schreiner DA, Ruegg PL (2003) Relationship between udder and leg hygiene scores and subclinical mastitis. *J Dairy Sci* 86(11):3460-3465. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73950-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73950-2)

Senat der Bundesforschungsinstitute des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.) (2014) Minderung von Stickstoff-Emissionen aus der Landwirtschaft – Empfehlungen für die Praxis und aktuelle Fragen an die Wissenschaft. *Forschung Themenheft 1/2014*. Arno Brynda GmbH, Berlin. Online: << https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn054531.pdf >> (abgerufen am 28.06.2019)

Stafford KJ, Mellor DJ (2011) Addressing the pain associated with disbudding and dehorning in cattle. *Appl Anim Behav Sci* 135(3):226-231. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.10.018>

Steiger Burgos M, Senn M, Sutter F, Kreuzer M, Langhans W (2001) Effect of water restriction on feeding and metabolism in dairy cows. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 280(2):R418-427. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.2001.280.2.R418>

Sundrum A (1994) Tiergerechtheitsindex 200: ein Leitfaden zur Beurteilung von Haltungssystemen. Köllen Druck + Verlag GmbH, Bonn-Buschdorf

Thilsing-Hansen T, Jørgensen RJ, Østergaard S (2002) Milk fever control principles: A review. *Acta vet scand* 43:1-19. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-43-1>

Umweltbundesamt (2014) Ammoniak. Online: << <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/ammoniak>>> (abgerufen am 27.06.2019)

Umweltbundesamt (2019) Lachgas und Methan. Online: << <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/lachgas-methan>>> (abgerufen am 27.06.2019)

Ventura BA, von Keyserlingk MAG, Weary DM (2015) Animal welfare concerns and values of stakeholders within the dairy industry. *J Agric Environ Ethics* 28(1):109-126. <https://doi.org/10.1007/s10806-014-9523-x>

von Borell E, Herrmann H-J, Knierim U, Müller C, Richter T, Sanftleben P, Schäffer D, Schulze V, Sundrum A (2007) Kritische Kontrollpunkte (CCP) in der Rinderhaltung – ein Konzept zur betrieblichen Eigenkontrolle für die Bereiche Tierschutz, Tiergesundheit und Management. *Züchtungskunde* 79(5):329-338

von Keyserlingk MAG, Rushen J, de Passillé AM, Weary DM (2009) Invited review: the welfare of dairy cattle – key concepts and the role of science. *J Dairy Sci* 92(9):4101-4111. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2326>

Wagner K, Brinkmann J, March S, Hinterstoißer P, Warnecke S, Schüler M, Paulsen HM (2018) Impact of Daily Grazing Time on Dairy Cow Welfare – Results of the Welfare Quality® Protocol. *Animals* 8(1):1. <https://doi.org/10.3390/ani8010001>

Waiblinger S, Menke C, Coleman G (2002) The relationship between attitudes, personal characteristics and behaviour of stockpeople and subsequent behaviour and production of dairy cows. *Appl Anim Behav Sci* 79(3):195-219. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00155-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00155-7)

Warnecke S, Schulz F, Paulsen HM, Rahmann G (2013) Berechnung emissionswirksamer Substanzen in Exkrementen der Milchkühe ökologischer und konventioneller Betriebe in Deutschland basierend auf den Futterrationen und den Futterinhaltsstoffen. In: Hülsbergen K-J, Rahmann G (Hrsg.) *Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben*. Thünen Report 8, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, 207-227. doi:10.3220/REP_8_2013

Welfare Quality® (2009) Welfare Quality® Assessment Protocol for Cattle. Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands

Whay HR (2007) The journey to animal welfare improvement. *Anim Welf* 16(2):117-122.

Winckler C, Capdeville J, Gebresenbet G, Hörning B, Roiha U, Tosi M, Waiblinger S (2003) Selection of parameters for on-farm welfare-assessment protocols in cattle and buffalo. *Anim Welf* 12(4):619-624

Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2015) Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin

4.7 Einfluss der Wirtschaftsweisen auf die Tierwohlsituation in den Milchviehbetrieben auf Basis des Welfare Quality® Protokolls

Kathrin Wagner, Jan Brinkmann, Solveig March, Peter Hinterstoißer,
Franziska Schulz, Maximilian Schüler, Sylvia Warnecke, Hans Marten Paulsen

Zusammenfassung

In den letzten Jahren wurde die Tiergesundheitssituation in der ökologischen Milchviehhaltung mehrfach untersucht und beschrieben, jedoch war eine vergleichende Bewertung des Tierwohls während der Stall- und Weideperiode zwischen den beiden Wirtschaftsweisen im Milchviehbereich bislang nicht Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen in Deutschland. Daher wurden in dieser Untersuchung 19 ökologisch und 18 konventionell wirtschaftenden Milchviehbetriebe des PilotbetriebeNetzwerks in Bezug auf den Status quo des Tierwohls, gemessen nach dem Welfare Quality® assessment protocol for cattle (WQ®), miteinander verglichen. Dabei schnitten die ökologisch wirtschaftenden Betriebe mit einer besseren Gesamtbeurteilung des Tierwohls nach dem WQ®-Protokoll ab. In der Wintererhebung, die den Status quo der Tierwohlsituation während der Stallperiode auf den Betrieben darstellt, konnten Unterschiede in den Grundsätzen „Gute Gesundheit“ und „Angemessenes Verhalten“ festgestellt werden. Dagegen zeigten sich in der Sommererhebung, welche den Status quo der Tierwohlsituation während der Weideperiode darstellt, im Grundsatz „Gute Haltung“ und aber auch im Grundsatz „Angemessenes Verhalten“ signifikante Unterschiede. Für beide Perioden konnten klare Vorteile für das Tierwohl in der ökologischen Haltung gezeigt werden, bspw. im höheren Weidegangangebot, weniger Lahmheiten, besseren Liegekomfort und einer besseren Mensch-Tier-Beziehung für ökologisch wirtschaftende Betriebe. Die Haltungsvorgaben der ökologischen Tierhaltung decken einen großen Teil der Risikofaktoren für die verschiedenen Bereiche ab. Trotz der deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Wirtschaftsweisen, war eine große einzelbetriebliche Spannweite in den verschiedenen Messgrößen zu finden. Insgesamt zeigte sich somit, dass nicht nur die Haltungsvorgaben der EU-Ökoverordnung eine wichtige Rolle spielen, sondern das Management der einzelnen Betriebe schlussendlich entscheidend ist.

Schlüsselwörter: Tierwohl, Milchkühe, Welfare Quality®, ökologische / konventionelle Wirtschaftsweise

Abstract

In recent years, the animal welfare in organic dairy cattle farms has been studied and described several times, but a comparative assessment of animal welfare during the stable and grazing period between the two dairy production systems has not been the subject of scientific research in Germany. Therefore, in this study, 19 organic and 18 conventional dairy farms of the pilot farm network were compared for the status quo of animal welfare, as measured by the Welfare Quality® assessment protocol for cattle (WQ®). The organic farms performed a better overall welfare score according to the WQ® protocol. In the winter period, which shows the status quo of the animal welfare situation during the stable period, differences in the principles of "good health" and "appropriate behaviour" could be established. By contrast, in the summer period, which represents the status quo of the animal welfare situation during the pasture period,

there were significant differences in the principle of "good housing" and also in the principle of "appropriate behaviour". For both periods clear advantages for the animal welfare in the organic farming could be shown, for example by the higher provision of grazing, less lame animals, better lying comfort and a better human-animal relation for organic farms. A large part of the risk factors for the different areas were covered by the requirements of organic farming. Despite the significant differences between the two production systems we found a large range in the various measures between the single farms in both systems. Therefore, the EU Organic Farming Regulation is playing not only an important role; at least the individual management of the each farm is decisive.

Keywords: animal welfare, dairy cows, Welfare Quality®, organic /conventional farming

4.7.1 Einleitung

Tierwohl oder im Englischen „animal welfare“ wird in der Wissenschaft oftmals anhand von zwei Konzepten definiert. Einerseits mit dem Konzept der fünf Freiheiten (FAWC, 1979). Dabei sollen die Tiere nach dem Britischen Farm Animal Welfare Council:

1. frei von Hunger und Durst,
2. frei von haltungsbedingten Beschwerden,
3. frei von Schmerzen, Verletzungen und Krankheiten sowie
4. frei von Angst und Stress sein und
5. frei ihre normalen Verhaltensmuster ausleben können.

Andererseits und etwas weiter zusammengefasst wird Tierwohl auch als multidimensionales Konzept verstanden (Fraser et al., 1997; Fraser, 2008), das aus drei Dimensionen besteht:

1. der Tiergesundheit (functioning health),
2. dem Ausüben natürlicher Verhaltensweisen (natural living) und
3. dem emotionalen Befinden (affective states).

Wie in Abbildung 4.7-1 veranschaulicht, können sich diese Dimensionen überschneiden (z.B. können Erkrankungen oder das Ausleben natürlicher Verhaltensweisen das emotionale Wohlbefinden beeinflussen), konkurrieren oder auch unabhängig voneinander sein. Beide genannten Konzepte haben für die Sicherung und Verbesserung des Tierwohls in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung eine wesentliche Bedeutung. So wird auch in der aktuellen Nutztierhaltungsstrategie des Bundeslandwirtschaftsministeriums geschrieben: „Die Begriffe „Tierwohl“ und „Tiergerechtheit“ verbinden die Bereiche Tiergesundheit, Tierverhalten und Emotionen. Wenn Tiere gesund sind, ihr Normalverhalten ausführen können und negative Emotionen vermieden werden (z. B. Angst und Schmerz), kann von einer guten Tierwohl-Situation, bzw. einer tiergerechten Haltung ausgegangen werden.“ (BMEL, 2019)

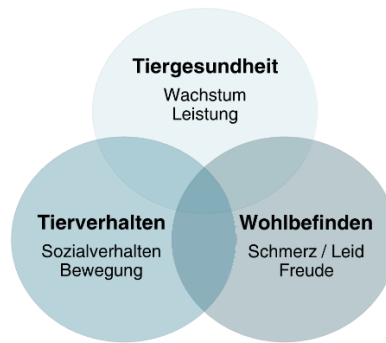


Abbildung 4.7-1: Definition von Tierwohl als multidimensionales Konzept nach Fraser (2008).

Tierwohl in Form von tiergerechter Haltung steht im Fokus des ökologischen Landbaus (EU-Öko-Verordnung; (EG) Nr. 889/2008 und (EU) 2018/848). Dort werden Schwerpunkte auf vorbeugende Maßnahmen bei der Haltung, der Fütterung, der Zucht und des Managements gelegt. Konkret soll beispielsweise ein tiergerechtes Haltungsverfahren gewählt werden, welches den Bedürfnissen der einzelnen Tierart gerecht wird. Außerdem soll eine angemessene Besatzdichte eingehalten werden und es wird auf routinemäßige schmerzhaft Eingriffe, wie das Enthornen bei Rindern, verzichtet.

In den letzten Jahren wurde die Tiergesundheitssituation in der ökologischen Milchviehhaltung mehrfach untersucht und beschrieben (z. B. Brinkmann et al., 2011), z. T. wurde dabei auch auf Unterschiede zwischen konventionell und ökologisch wirtschaftenden Betrieben eingegangen (z. B. March et al., 2017). Jedoch war nach dem Wissensstand der Autoren eine vergleichende Bewertung des Tierwohls während der Stall- und Weideperiode zwischen den beiden Wirtschaftsweisen im Milchviehbereich bislang nicht Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen in Deutschland.

In diesem Kapitel werden daher die ökologisch und konventionell wirtschaftenden Milchviehbetriebe des Pilotbetriebsnetzwerks in Bezug auf den Status quo des Tierwohls, gemessen nach dem Welfare Quality® assessment protocol for cattle (WQ®, 2009) miteinander verglichen.

4.7.2 Material und Methoden

Im Rahmen des Projekts wurde der Status quo des Tierwohls der Milchkühe mithilfe des WQ® Protocols (2009) erhoben, welches auf Basis der beiden oben genannten Konzepte entwickelt wurde. Dabei werden die Daten auf Betriebs- bzw. Herdenebene in einem dreistufigen Prozess ermittelt. WQ® verwendet dabei einen "Bottom-Up" –Ansatz (Abbildung 4.7-2). In einem ersten Schritt werden durch Beobachtungen (tierbezogene Indikatoren) sowie durch Erfassung ausgewählter Aspekte der Umwelt und des Managements ca. 30 Indikatoren aufgenommen, die dann zu zwölf Tierwohlkriterien zusammengefasst werden. Diese Kriterien werden dann wiederum in die vier Tierwohlgrundsätze zusammengefasst (vgl. Tabelle 4.7-1). In einem vierten Schritt wird eine Gesamtbeurteilung in Form eines „overall welfare scores“ vergeben.

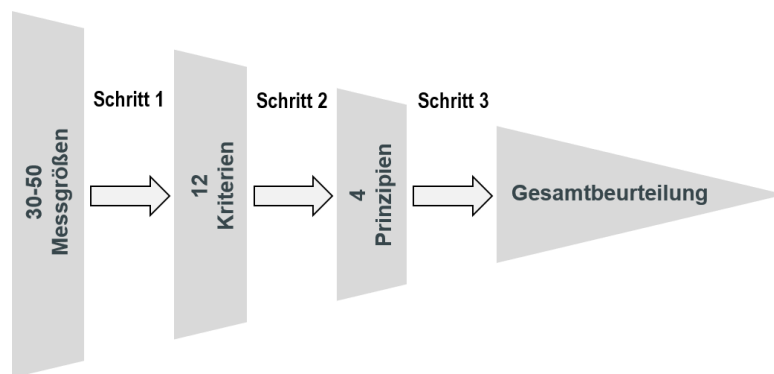


Abbildung 4.7-2: Vorgehensweise zur Gesamtbeurteilung des Wohlergehens landwirtschaftlicher Nutztiere nach dem Welfare Quality® Protokoll (WQ®, 2009).

Laut WQ® entspricht ein Wert von 100 dem besten und ein Wert von 0 dem schlechtesten aller möglichen Werte, während ein Wert von 50 eine neutrale Situation beschreibt. Werte von 0 bis 20 werden als "nicht klassifiziert / nicht akzeptabel" angesehen, Werte zwischen 20 und 50 ("akzeptabel") erfordern eine Verbesserung, Werte zwischen 50 und 80 ("überdurchschnittlich") sollten verbessert werden und Werte zwischen 80 und 100 ("hervorragend") stellen eine sehr gute Tierwohlsituation dar.

Tabelle 4.7-1: Tierwohlgrundsätze, -kriterien und -messgrößen für Milchkühe (Welfare Quality® 2009, S. 69)

Tierwohlgrundsätze	Tierwohlkriterien		Messgrößen
Gute Fütterung	1	Abwesenheit von anhaltendem Hunger	Körperkondition (Body condition score)
	2	Abwesenheit von anhaltendem Durst	Wasserversorgung, Sauberkeit der Tränken, Funktionalität der Tränken
Gute Haltung	3	Liegekomfort	Dauer des Abliegevorgangs, Kollision mit Stalleinrichtung beim Ablegen, teilweise oder ganz außerhalb des Liegebereichs liegende Tiere, Sauberkeit der Euter, Sauberkeit der Flanke und des oberen Hinterbeins, Sauberkeit des unteren Hinterbeins
	4	Temperaturkomfort	Noch nicht entwickelt
	5	Bewegungsfreiheit	Vorhandensein einer Anbindehaltung, Zugang zu Auslauf oder Weide
Gute Gesundheit	6	Abwesenheit von körperlichen Schäden	Lahmheiten (Tiere in Laufställen), Lahmheiten (angebundene Tiere), Verletzungen am Körper
	7	Abwesenheit von Krankheiten	Husten, Nasenausfluss, Augenausfluss, Scheidenausfluss, Durchfall, erhöhte Atemfrequenz, Zellgehalt der Milch, Schweregeburten, festliegende Kühe, Mortalität
	8	Abwesenheit schmerzhafter Managementmaßnahmen	Enthornung, Kupieren von Schwänzen
Angemessenes Verhalten	9	Ausleben von Sozialverhalten	Agonistische Verhaltensweisen
	10	Ausleben anderen Verhaltens	Zugang zur Weide
	11	Gute Mensch-Tier-Beziehung	Ausweichdistanzen
	12	Emotionales Wohlbefinden	Qualitative Verhaltensbeurteilung

Eine Großzahl der WQ®-Indikatoren/Parameter wurden direkt im Stall erhoben. Während die Indikatoren bezüglich der Gesundheitsaspekte (Anteil Kühe mit Zellzahl ≥ 400.000 , Mortalität, Anteil Schweregeburten und festliegende Kühe) sowie Fragen bezüglich dem Management (bspw. Enthornungspraxis) aus der Milchleistungsprüfung (MLP), Herkunfts- und Informationssystem Tierhaltung (HI-Tier) und den Betriebsleiterinterviews erhoben wurden. Bei der Wintererhebung wurden alle Daten im Stall erfasst, während bei der Sommererhebung das Angebot von Tränken, der Liegekomfort und die Verhaltensbeobachtungen bei Betrieben mit Weidegang auf der Weide erhoben wurden.

Insgesamt wurden im Winter 2014/2015 und im Sommer 2015 37 (19 ökologisch sowie 18 konventionell wirtschaftende) Milchviehbetriebe des PilotbetriebeNetzwerks (www.pilotbetriebe.de, Hülsbergen und Rahmann, 2013, 2015) besucht. Die durchschnittliche Herdengröße der Betriebe in den vier Regionen Deutschlands (vgl. Kapitel 4.3) betrug 108 (16 - 726) Milchkühe zum Zeitpunkt des Winterbesuchs und 117 (24 - 661) Milchkühe im Sommer. Für detaillierte Charakterisierung der Betriebe siehe Kapitel 4.4.

Beobachterübereinstimmung

Eine ausführliche Einarbeitung der Projektbeteiligten in die Methodik des Welfare Quality® Protokolls bezüglich der Erfassung der tierbezogenen Indikatoren erfolgte unter Leitung von Jan Brinkmann und Solveig March (Projektpartner, Thünen-Institut für Ökologischen Landbau) im Rahmen einer fünftägigen (November 2014) bzw. zweitägigen (Juli 2015) Schulung mit Bild- und Videomaterial sowie Erhebungen in Praxisbetrieben. Die Schulungen dienten der Sicherstellung einer soliden Datenqualität und der Vergleichbarkeit der bei den Betriebserhebungen zu erfassenden Indikatoren. Nach jeder Schulung wurden für die drei verschiedenen Beobachter Abgleiche durchgeführt und die Daten zur Beobachterübereinstimmung gemäß einschlägiger Vorarbeiten der Arbeitsgruppe Tierwohl des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau ausgewertet (vgl. Brenninkmeyer et al., 2007; Dippel et al., 2005; March et al., 2007; Winckler et al., 2007). Hierzu wurden Kühe auf einem Praxisbetrieb sowie im Nachgang zu dem Treffen auf Grundlage von Fotos und Videos unabhängig voneinander beurteilt und zur Einschätzung der Beobachterübereinstimmung der PABAK (prevalence-adjusted bias-adjusted Kappa) herangezogen, der wie folgt berechnet wird:

$$((k \cdot p) - 1) / (k - 1)$$

k = Anzahl der Kategorien und p = Verhältnis der übereinstimmenden Bewertungen.

Ebenso wurde der Anteil an Übereinstimmungen (%) berechnet. Der PABAK basiert auf dem ungewichteten Kappatest nach Cohen (1960). Nach Byrt et al. (1993) ermittelt der Kappa-Koeffizient die Übereinstimmung zweier Datenreihen unter Berücksichtigung der zufälligen Übereinstimmung. Der PABAK beschreibt „das Verhältnis von exakten Übereinstimmungen zu Nicht-Übereinstimmungen unter Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeit zufälliger Übereinstimmung und der Anzahl der Beurteilungskategorien“ (Keppler et al., 2004). Der Wert des PABAK bewegt sich zwischen 0 und 1. Der Wert 0 entspricht keinerlei Übereinstimmung zwischen den Beobachtungen und der Wert 1 steht für eine exakte Übereinstimmung aller Werte. Als Ausdruck für gute bzw. zufriedenstellende Übereinstimmung beurteilen Fleiss et al. (2003) Werte des PABAKS zwischen 0,6 und 0,8 bzw. größer als 0,8 als sehr zufriedenstellend. Von Keppler et al. (2004) wurden PABAK-Werte niedriger als 0,4 als unzureichend, Werte über 0,4 als akzeptable Übereinstimmung, Werte höher als 0,6 als gut bzw. zufriedenstellend und Werte größer als 0,8 als sehr gute Übereinstimmung definiert. Die Beobachterübereinstimmung lag für die verschiedenen Indikatoren im akzeptablen bis sehr zufriedenstellenden Bereich, d.h. mindestens bei 0,4; überwiegend jedoch im guten bis sehr guten Bereich (für einzelne PABAK-Werte siehe Tabelle 4.7-2).

Tabelle 4.7-2: Werte der Beobachterübereinstimmung (PABAK) im Mittelwert (min-max) für die Winter- bzw. Sommererhebung

Kriterium	Winter	Sommer
Lahmheiten	0,7 (0,6-0,8)	0,9 (0,8-0,9)
BCS	0,8 (0,7-0,9)	0,8 (0,7-0,9)
Sauberkeit unteres Hinterbein	0,6 (0,5-0,7)	0,9 (0,9-1,0)
Sauberkeit oberes Hinterbein	0,6 (0,6-0,7)	0,6 (0,5-0,8)
Sauberkeit Euter	0,7 (0,6-0,7)	0,7 (0,5-0,8)
Verletzungen am Körper	0,5 (0,4-0,7)	0,7 (0,7-0,8)

Bezüglich der Beobachterübereinstimmung bei der Beurteilung des Abliegeverhaltens und des Sozialverhaltens der Kühe konnten auf Grundlage einer Beurteilung von Videos Inter-Observer-Wiederholbarkeiten von 0,4 bis 0,7 (Korrelation nach Pearson; Ø 0,6) bzw. 0,4 bis 0,8 (Korrelation nach Pearson; Ø 0,6) ermittelt werden. Somit war eine gute Datenqualität gewährleistet.

Statistische Analysen

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm JMP® 13.0.0 (Copyright 2016, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Die einzelnen Parameter wurden auf Normalverteilung mit Hilfe des „Shapiro-Wilk-Test“ getestet. Alle Parameter auf allen Ebenen des WQ®-Protokolls (Indikatoren, Kriterien, Grundsätze und „overall welfare score“) waren nicht normalverteilt und wurden deshalb mit dem „Mann-Whitney-Test U“ auf Unterschiede zwischen den ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben getestet. Diese Analysen wurden für jede Saison, d. h. die Winter- und Sommererhebung, getrennt durchgeführt. Als Signifikanzgrenze wurde ein p-Wert von 0,05 festgelegt. Das Kriterium „Temperaturkomfort“ besteht aus errechneten Werten der Kriterien „Bewegungsfreiheit“ und „Liegekomfort“ (für Einzelheiten siehe Welfare Quality® 2009) und für das Kriterium „Ausleben anderen Verhaltens“ waren die Werte der Winter- und Sommererhebung gleich.

4.7.3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Wintererhebung stellen den Status quo der Tierwohlsituation auf den Betrieben während der Stallperiode dar (WINTER), während die Ergebnisse der Sommererhebung stark durch den auf 22 Betrieben angebotenen Weidegang (≥ 6 Stunden) beeinflusst sind (SOMMER). Bezüglich der **Gesamtbewertung des Tierwohls („overall welfare score“)** der 37 Betriebe des Pilotbetriebsnetzwerks zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Wirtschaftsweisen. Sowohl im Winter als auch im Sommer (Tabelle 4.7-3) schnitten die ökologisch wirtschaftenden Betriebe besser ab als die konventionell wirtschaftenden Betriebe.

Tabelle 4.7-3: Ergebnisse der Gesamtbewertung („overall welfare score“) des Tierwohls für alle und ökologisch bzw. konventionell wirtschaftende Betriebe während der Winter- (WINTER) und Sommererhebung (SOMMER)

	Gruppe	MW $\pm$ SD	Median	MIN - MAX	n	chi ²	p
overall score WINTER	ökologisch	57,2 $\pm$ 10,9	54,9	40,8 - 72,8	19	11,4	<0,001
	konventionell	44 $\pm$ 8,5	44	29,5 - 66,5	18		
	gesamt	50,8 $\pm$ 11,7	48,7	29,5 - 72,8	37		
overall score SOMMER	ökologisch	56,5 $\pm$ 10,2	54,5	41,7 - 78,5	19	14,4	<0,001
	konventionell	43,2 $\pm$ 6,7	44,8	27 - 53,8	18		
	gesamt	50 $\pm$ 10,9	48,7	27 - 78,5	37		

MW = Mittelwerte, SD = Standardabweichung, Median, MIN = Minimumwert, MAX = Maximumwert, n = Anzahl Betriebe, chi² = Chi-Wert und p = Signifikanzniveau

Bei näherer Betrachtung der erreichten Werte des „overall welfare scores“ der Betriebe zeigte sich bei den ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Winter nur für einen Betrieb (5 %) eine sehr gute Tierwohlsituation, zwölf Betriebe (63 %) erreichten eine überdurchschnittliche Bewertung und sechs Betriebe (32 %) lagen im akzeptablen Bereich (Tabelle 4.7-4). Hingegen lagen bei den konventionell wirtschaftenden Betrieben sieben Betriebe (39 %) im überdurchschnittlichen Bereich und elf (61 %) im akzeptablen Bereich, während kein Betrieb mit einer sehr guten Tierwohlsituation abschnitt. Des Weiteren lagen keine der Pilotbetriebe der beiden Wirtschaftsweisen im Bereich „nicht klassifiziert“ weder im WINTER noch im SOMMER (Tabelle 4.7-4). Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit den Ergebnissen aus der Studie von March et al. (2017), bei der sich für 115 (46 ökologisch und 69 konventionell wirtschaftend) Praxisbetriebe eine ähnliche Verteilung über die Bewertungsstufen während der Stallsaison ergab. In unserer Untersuchung verschob sich während der Weideperiode (SOMMER) die Verteilung der ökologisch wirtschaftenden Betriebe vom überdurchschnittlichen Bereich (6 Betriebe; 32 %) in den hervorragenden (2 Betriebe; 11 %) und akzeptablen Bereich (11 Betriebe; 58 %; Tabelle 4.7-4). In der konventionellen Vergleichsgruppe verschoben sich im SOMMER Betriebe vom überdurchschnittlichen (4 Betriebe; 22 %) zum akzeptablen Bereich (14 Betriebe; 78 %), ähnlich wie bei den ökologischen Betrieben. Die Umverteilung der Betriebe könnte sich eventuell durch den Weidegang erklären. Beispielsweise zeigte sich bei den konventionell wirtschaftenden Betrieben im WINTER eine Verteilung der Pilotbetriebe mit Weidegang im Bereich „überdurchschnittlich“ mit 22 % und im akzeptablen Bereich mit 17 % und im SOMMER lagen alle konventionell wirtschaftenden Betriebe (39 %) mit Weidegang im akzeptablen Bereich, wohingegen sich bei den konventionell wirtschaftenden Betrieben ohne Weidegang es keine so deutliche Umverteilung in den Bewertungskategorien ergab (Tabelle 4.7-4). Eine detailliertere Diskussion über den Einfluss des Weidegangs auf das Tierwohl findet sich im Artikel Wagner et al. (2018) und im weiteren Verlauf dieses Kapitels auf Ebene der Tierwohl-Grundsätze und -Kriterien.

Tabelle 4.7-4: Anteile (in %) der Betriebe in den vier Bewertungs- bzw. Klassifizierungsstufen des WQ®-Protokolls nach Wirtschaftsweise während der Winter- (WINTER) und Sommererhebung (SOMMER). Des Weiteren die Verteilung der Betriebe mit (≥ 6 Stunden) und ohne Weidegang (<6 Stunden) innerhalb der beiden Wirtschaftsweisen

Klassifizierung / Bewertung	WINTER						SOMMER					
	ökologisch			konventionell			ökologisch			konventionell		
	gesamt	% Betriebe mit Weide		gesamt	% Betriebe mit Weide		gesamt	% Betriebe mit Weide		gesamt	% Betriebe mit Weide	
		0-6 Std.	≥ 6 Std.		0-6 Std.	≥ 6 Std.		0-6 Std.	≥ 6 Std.		0-6 Std.	≥ 6 Std.
Hervorragend (80-100 Punkte)	5	0	5	0	0	0	11	0	11	0	0	0
überdurchschnittlich (50-80 Punkte)	63	11	53	39	17	22	32	5	26	22	22	0
Akzeptabel (20-50 Punkte)	32	5	26	44	44	17	58	11	47	78	39	39
Nicht klassifiziert (0-20 Punkte)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Um die Unterschiede der Gesamtbeurteilung des Tierwohls zwischen den Betrieben der beiden Wirtschaftsweisen weiter aufzuschlüsseln, werden im Folgenden die Ergebnisse auf Ebene der WQ®-Grundsätze aufgezeigt.

Auf Ebene des Grundsatzes „**Gute Fütterung**“ erreichten die ökologisch wirtschaftenden Betriebe im Mittel eine überdurchschnittliche Bewertung im WINTER, während die konventionell wirtschaftenden Betriebe im akzeptablen Bereich lagen (Tabelle 4.7-5). Im Gegensatz zu der Studie von March et al. (2017), welche einen Unterschied zwischen den Wirtschaftsweisen während der Stallperiode in diesem Grundsatz und im Kriterium „Abwesenheit von anhaltendem Durst“ fanden, ergab sich in unserem Vergleich kein signifikanter Unterschied – weder auf Ebene des Grundsatzes noch auf Ebene der darunterliegenden Kriterien.

Auch bei der Sommererhebung konnte kein Unterschied zwischen den Wirtschaftsweisen festgestellt werden, wobei hier sowohl die ökologisch als auch die konventionell wirtschaftenden Betriebe mit einer akzeptablen Bewertung abschnitten (Tabelle 4.7-7). Allerdings zeigte sich, wie in Kapitel 4.6 beschrieben, im Bereich der Wasserversorgung für die untersuchten Betriebe des Pilotbetrieбенnetzwerks, unabhängig von der Wirtschaftsweise, ein großes Optimierungspotential. So erreichten 43 % aller Betriebe im WINTER nur eine Bewertung von ≤ 40 Punkten im WQ®-Kriterium „Abwesenheit von anhaltendem Durst“ und im SOMMER waren es sogar 65 %. Der höhere Anteil der Betriebe im SOMMER lässt sich auf die – im Vergleich zu den Stallhaltungsbedingungen im Winter – schlechtere Tränkversorgung auf der Weide zurückführen.

Bezüglich des Kriteriums „Abwesenheit von anhaltendem Hunger“ ergab sich kein Unterschied zwischen den Wirtschaftsweisen während der Winter- und Sommererhebung. Das ist in Übereinstimmung mit vorherigen Studien; diese fanden zudem keine deutlichen Unterschiede bei dem Vergleich der Körperkondition von Milchkühen in ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben (March et al., 2017; Bergman et al., 2014; Roesch et al., 2005).

Beim Grundsatz „**Gute Haltung**“ lagen sowohl die ökologisch als auch die konventionell wirtschaftenden Betriebe im WINTER im überdurchschnittlichen Bereich (Tabelle 4.7-5). Im Gegensatz zur Studie von March et al. (2017), welche einen Unterschied bei diesem Grundsatz und dem untergeordneten Kriterium „Liegekomfort“ feststellten, ergab sich in der vorliegenden Untersuchung kein Unterschied zwischen den Wirtschaftsweisen auf Ebene des Grundsatzes „Gute Haltung“ sowie der zugrundeliegenden Kriterien. Jedoch zeigte sich auf Ebene der untergeordneten Einzelmessgrößen ein Unterschied bei der „Dauer des Abliegevorgangs“ und dem „Anteil an Kollisionen mit der Stalleinrichtung beim Ablegen“. So konnte auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben eine kürzere Abliegedauer der Milchkühe und ein geringerer Anteil an Kollisionen als bei den konventionell wirtschaftenden Betrieben beobachtet werden (Tabelle 4.7-6). Diese Unterschiede lassen sich auf eine höhere Qualität der Liegefläche (z. B. weichere Liegefläche durch die Nutzung von Einstreu) sowie ggf. passendere Abmessungen der Steuerungselemente der Liegeboxen in den ökologisch wirtschaftenden Betrieben zurückführen (siehe Kapitel 4.4). Beispielsweise streuten fast alle ökologisch wirtschaftenden Betriebe mit Boxenlaufstall die Liegeflächen ein. Außerdem hatten sie häufiger Stroh-Mist-Matratzen als Liegeuntergrund und diese wiesen eine bessere Verformbarkeit der Liegefläche auf als die konventionell wirtschaftenden Betriebe (siehe Kapitel 4.4). Dieser Unterschied könnte in den Vorgaben der EU-Öko-Verordnung begründet sein, die die obligatorische Verwendung von Einstreu für die Liegefläche von Milchkühen vorsieht (EU-Öko-Verordnung; VO (EG) Nr. 889/2008).

In der Sommererhebung schnitten die Betriebe beider Wirtschaftsweisen im Grundsatz „Gute Haltung“ überdurchschnittlich ab. Es zeigte sich jedoch ein signifikanter Unterschied zwischen den ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben, der auf einen Unterschied im Kriterium „Liegekomfort“ zurückzuführen ist (Tabelle 4.7-7). Dieser deutliche Unterschied auf allen Ebene des Grundsatzes „Gute Haltung“ und des Kriteriums „Liegekomfort“ ergab sich aus den Einzelmessgrößen „Abliegedauer“, „Anteil Tiere mit Kollision“ und „Anteil liegende Tiere teilweise oder ganz außerhalb des Liegebereichs“ (Tabelle 4.7-8). Wie im WINTER legten sich die Tiere in ökologisch wirtschaftende Betriebe schneller ab, hatten weniger Kollisionen mit der Stalleinrichtung und lagen weniger außerhalb der Liegefläche als die konventionelle Vergleichsgruppe. Wiederum ist hier vor allem die Qualität der Liegeflächen ausschlaggebend. Der deutlichere Effekt bei der Sommererhebung im Vergleich zur Wintererhebung lässt sich vermutlich auf einen großen Einfluss des Weidegangs zurückführen. Während fast alle ökologisch wirtschaftende Betriebe Weidegang angeboten hatten, boten nur sieben von 18 konventionellen Betrieben ihren Milchkühen Weidegang an. Wie auch in Wagner et al. (2018) beschrieben, können sich die Tiere auf der Weide ohne Einschränkungen und mit freier Platzwahl ablegen. In der Studie von Olmos et al. (2009) erreichten Tiere auf der Weide durchschnittlich höhere Liegezeiten als im Liegeboxenlaufstall. Als Gründe hierfür nannten die Autoren den besseren Komfort, das seltenere Auftreten von Euterproblemen und die wegfallende Überbelegung auf der Weide. Auch andere Studien bestätigten ein verbessertes Liegen wie z.B. längere Liegedauern auf der Weide als bei der Stallhaltung (O’Connell et al., 1989; Corazzin et al., 2010; Singh et al., 1993).

Interessanterweise spielte die Verschmutzung der Tiere in der vorliegenden Untersuchung keine Rolle für die Bewertung des Liegekomforts. So zeigte sich kein Unterschied bei der Sauberkeit der Tiere weder im WINTER (Tabelle 4.7-5) noch im SOMMER (Tabelle 4.7-7) zwischen den Wirtschaftsweisen, welches auch Sorge et al. (2015) beobachteten. Dagegen fanden andere Studien widersprüchliche Ergebnisse hinsichtlich der Tierverschmutzung. March et al. (2017) fanden in den ökologisch wirtschaftenden Betrieben ihrer Studie einen höheren Anteil an verschmutzten Tieren als in den konventionell wirtschaftenden Betrieben, wohingegen andere Studien das Gegenteil feststellten (Ellis et al., 2007; Berman et al., 2014).

Bei der Wintererhebung erreichten die Betriebe beider Wirtschaftsweisen im Grundsatz **„Gute Gesundheit“** übereinstimmend im Mittel eine akzeptable Bewertung (Tabelle 4.7-5), wohingegen die ökologisch wirtschaftenden Betriebe in der Sommererhebung im überdurchschnittlichen Bereich lagen während die konventionellen dieselbe Bewertung wie im Winter erhielten (Tabelle 4.7-7).

Im WINTER ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Wirtschaftsweisen auf Ebene dieses Grundsatzes, diese Divergenz ist vor allem auf den Unterschied des untergeordneten Kriteriums „keine schmerzhaften Managementmaßnahmen“ (Tabelle 4.7-5) und zusätzlich auf Ebene der Einzelmessgrößen auf den „Anteil an Kühen mit Nasenausfluss“ und „Anteil an klinisch lahmen Kühe“ zurückzuführen (Tabelle 4.7-7).

Ebenso ergab sich für den SOMMER ein Unterschied zwischen den Wirtschaftsweisen auf Ebene des Kriteriums „keine schmerzhaften Managementmaßnahmen“ (Tabelle 4.7-7) und auf Ebene der Einzelmessgrößen „Anteil an klinisch lahmen Kühe“ (Tabelle 4.7-8), jedoch nicht auf Ebene des Grundsatzes „Gute Gesundheit“. Die höhere Punktzahl im Kriterium „keine schmerzhaften Managementmaßnahmen“ der ökologisch wirtschaftenden Betriebe begründet sich in den unterschiedlichen Verfahren beim Entfernen der Hornanlagen bei Kälbern bzw. dem Halten behornter Tiere (siehe Kapitel 4.5). Dabei wird bei der Bewertung dieses Kriteriums die Enthornungsmethode und Gabe von Betäubungs- und/oder

Schmerzmitteln, bei der Punktevergabe im WQ®-Protokoll berücksichtigt, bspw. erreichen Betriebe ohne Enthornung die höchste Punktzahl (100), während Enthornen mit einem Brennstab mit Gabe von Betäubungs- und Schmerzmitteln eine Punktzahl von 75 erreicht. Die Ergebnisse unserer Untersuchung sind vergleichbar mit den Ergebnissen von March et al. (2017), die ebenfalls Unterschiede im Grundsatz „Gute Gesundheit“ und im Kriterium „keine schmerzhaften Managementmaßnahmen“ fanden. Im Netzwerk der Pilotbetriebe hatten 68 % der ökologisch wirtschaftenden Betriebe eine behornte Herde, wohingegen es keine behornten konventionellen Herden gab (Daten nicht dargestellt). Des Weiteren führten alle ökologisch wirtschaftenden Betrieben, aber nur 61 % der konventionell wirtschaftenden Betriebe eine Enthornung mit Gabe von Betäubungs- und Schmerzmitteln durch. Die restlichen 39 % der konventionell wirtschaftenden Betrieben verwendeten eines von beidem (22 % der konventionellen Betriebe) oder keines von beidem (17 % der konventionellen Betriebe; mehr Details siehe Kapitel 4.5).

March et al. (2017) fanden außerdem einen Unterschied zwischen den Wirtschaftsweisen im Kriterium „Abwesenheit von körperlichen Schäden“ und führten das bessere Abschneiden der ökologisch wirtschaftenden Betriebe in diesem Bereich auf den wenigen Schäden an den Gelenken der Tiere und auf den geringeren Anteil lahmer Tiere zurück. Wie im oberen Abschnitt bei Grundsatz „Gute Haltung“ beschrieben wiesen die ökologisch wirtschaftenden Betriebe einen höheren Liegekomfort auf, welche auf beide Messgrößen einen Einfluss haben kann. Auf Ebene der Kriterien im WINTER und SOMMER konnten in der vorliegenden Untersuchung diese Unterschiede nicht bestätigt werden und es wurden keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Kriteriums „Abwesenheit von körperlichen Schäden“ festgestellt (Tabelle 4.7-5 und 4.7-7). Jedoch hatten die ökologisch wirtschaftenden Betriebe sowohl zur Winter- als auch Sommererhebung signifikant weniger klinisch lahme Tiere gegenüber den Tieren aus konventioneller Haltung (Tabelle 4.7-6 und 4.7-8). Dies zeigte sich auch bei anderen Studien (March et al., 2017; Rutherford et al., 2009). Hierbei spielen verschiedene Risikofaktoren eine Rolle. In der Veröffentlichung von March et al. (2019) werden die Vorteile der Haltungsvorgaben der ökologischen Haltung zusammengefasst. So mindern diese beispielsweise das Risiko für Lahmheiten durch ein höheres Platzangebot, das Angebot von Weidegang und Auslauf, Einstreu im Liegebereich, Begrenzung des Anteils perforierter Böden (Spaltenböden) und auch der kraftfutterreduzierten Fütterung. Wie im Kapitel 4.4 beschrieben, hatten die ökologisch wirtschaftenden Betriebe im Mittel ein höheres Platzangebot (höheres Platzangebot im Stall und Auslauf bei ökologisch vs. konventionell wirtschaftender Betriebe) sowie Weidegang (ökologisch 89 % und konv 42 % der Betriebe) an, und stellten häufiger eine eingestreute Liegefläche zur Verfügung (bspw. Stroh-Mist-Matratze bei 7 ökologisch und 3 konventionell wirtschaftende Betriebe) im Vergleich zu den konventionell wirtschaftenden Betrieben (für mehr Details siehe Kapitel 4.4). Bezüglich des Indikators „Nasenausfluss“, der im Kriterium „Abwesenheit von Krankheiten“ Berücksichtigung findet, schnitten die ökologisch wirtschaftenden Betriebe im WINTER besser ab als die konventionelle Vergleichsgruppe (Tabelle 4.7-6). Da der Anteil Tiere mit Nasenausfluss jedoch insgesamt sehr viel kleiner war als bspw. der Anteil Kühe, die Lahmheiten oder Verletzungen aufwiesen, hat er anscheinend auch einen geringeren Einfluss auf die Bewertung des Tierwohls insgesamt. Eine Erklärung für das geringere Auftreten von Nasenausfluss in ökologisch wirtschaftenden Betrieben könnte u. U. im Stallungssystem liegen, da diese häufiger offenere Stallsysteme hatten, welche u. U. eine bessere Belüftung und somit eine Reduktion der Schadgaskonzentration in der Stallluft zur Folge hatten (Kapitel 4.4).

Im Grundsatz **„Angemessenes Verhalten“** hatten ökologisch wirtschaftende Betriebe sowohl im WINTER (Tabelle 4.7-5) als auch im SOMMER (Tabelle 4.7-7) eine überdurchschnittliche Bewertung und

unterschieden sich signifikant von den konventionell wirtschaftenden Betrieben, welche lediglich im akzeptablen Bereich lagen. In beiden Erhebungszeiträumen kann dieser Unterschied auf die Kriterien „Ausleben anderes Verhaltens“ (gleiche Werte für WINTER und SOMMER) und einer „Guten Mensch-Tier-Beziehung“ zurückgeführt werden. Ähnliche Ergebnisse fanden sich auch in der Studie von March et al. (2017), in der die ökologisch wirtschaftenden Betriebe im Vergleich zu den Konventionellen häufiger Weidegang anboten und daher eine höhere Punktzahl in der WQ®-Bewertung zum Ausleben andere Verhaltensweisen erreichten. Auch in der vorliegenden Untersuchung stellten 89 % der ökologisch wirtschaftenden Betriebe und 42 % der konventionell wirtschaftenden Betriebe Weidegang zur Verfügung. Bezüglich der Mensch-Tier-Beziehung ermittelten auch March et al. (2017) bessere Werte für die ökologisch wirtschaftenden Betriebe, welche durch die signifikant kleineren Herden und weniger Personalwechsel in ökologisch wirtschaftenden Betrieben begründet werden könnte (Waiblinger et al., 2006). Auch die ökologisch wirtschaftenden Betriebe des PilotbetriebeNetzwerks wiesen kleinere Milchviehherden auf als die konventionell wirtschaftenden Betriebe (Herdengröße der ökologischen Betriebe im WINTER mit 65 (16-200) Tieren und SOMMER 74 (24-230) Tieren mit konventionellen Betriebe mit 154 (32-726) Tieren und im SOMMER mit 162 (30-661) Tieren). Des Weiteren könnte der Einsatz von viel Technik in den größeren Herden (bspw. Fahrzeuge/Automatisierung) auch einen Einfluss auf das Verhältnis zwischen Mensch und Tier gehabt haben (siehe Kapitel 4.6).

Tabelle 4.7-5: Ergebnisse der vier WQ®-Grundsätze (fett markiert) und der 12 WQ®-Kriterien für alle (grau) und öko. bzw. konv. wirtschaftende Betriebe während der Wintererhebung (WINTER)

WINTER	Gruppe	MW ± SD	Median	MIN - MAX	n	chi ²	p
Gute Fütterung	ökologisch	51,7 ± 28,9	49,5	10,9 - 99,9	19	0,4	0,513
	konventionell	44,7 ± 31,1	39,3	5,9 - 99,9	18		
	gesamt	48,3 ± 29,7	49,5	5,9 - 99,9	37		
1. Abwesenheit von anhaltendem Hunger	ökologisch	73,2 ± 23,9	75,8	30,9 - 99,9	19	0,5	0,502
	konventionell	68,4 ± 22,5	74,1	27,2 - 99,9	18		
	gesamt	70,8 ± 23	75,5	27,2 - 99,9	37		
2. Abwesenheit von anhaltendem Durst	ökologisch	58,1 ± 38,6	60	3 - 100	19	0,7	0,405
	konventionell	47 ± 39,7	46	3 - 100	18		
	gesamt	52,7 ± 39	60	3 - 100	37		
Gute Haltung	ökologisch	63,1 ± 9	67,5	42,4 - 70,9	19	2,7	0,099
	konventionell	53 ± 18,4	59,1	5,5 - 72	18		
	gesamt	58,2 ± 15,1	62,5	5,5 - 72	37		
3. Liegekomfort	ökologisch	41,4 ± 14,4	48,4	8,6 - 53,8	19	2,2	0,135
	konventionell	32,5 ± 17,5	35	0 - 55,6	18		
	gesamt	37,1 ± 16,4	40,5	0 - 55,6	37		
4. Temperaturkomfort	ökologisch	100 ± 0	100	100 - 100	19	3,3	0,067
	konventionell	87,9 ± 27,9	100	15 - 100	18		
	gesamt	94,1 ± 20,1	100	15 - 100	37		
5. Bewegungsfreiheit	ökologisch	100 ± 0	100	100 - 100	19	3,3	0,067
	konventionell	87,9 ± 27,9	100	15 - 100	18		
	gesamt	94,1 ± 20,1	100	15 - 100	37		
Gute Gesundheit	ökologisch	49,3 ± 10	47,5	35,9 - 70,5	19	13,5	0,001
	konventionell	37,3 ± 6,5	35,6	27,5 - 51,6	18		
	gesamt	43,5 ± 10,3	42,3	27,5 - 70,5	37		
6. Abwesenheit von körperlichen Schäden	ökologisch	67,9 ± 10,2	69,3	45,4 - 84,4	19	1,1	0,288
	konventionell	63,3 ± 15,7	62,2	28,5 - 90,3	18		
	gesamt	65,7 ± 13,2	66,9	28,5 - 90,3	37		
7. Abwesenheit von Krankheiten	ökologisch	39,9 ± 12,3	36,6	22,2 - 64,5	19	0,1	0,819
	konventionell	39,3 ± 11,9	36,6	24,7 - 64,5	18		
	gesamt	39,6 ± 12	36,6	22,2 - 64,5	37		
8. Abwesenheit schmerzhafter Managementmaßnahmen	ökologisch	89,5 ± 17,1	100	49 - 100	19	27,2	<0,001
	konventionell	36 ± 11,5	28	20 - 52	18		
	gesamt	63,5 ± 30,7	52	20 - 100	37		
Angemessenes Verhalten	ökologisch	64,7 ± 15,3	66,8	33,5 - 83,8	19	14,2	0,001
	konventionell	41,1 ± 16,1	32,7	26,7 - 74,2	18		
	gesamt	53,2 ± 19,5	55	26,7 - 83,8	37		
9. Ausleben von Sozialverhalten	ökologisch	74,7 ± 17,4	81,7	40,7 - 96,9	19	3,2	0,073
	konventionell	63,4 ± 20,4	71,3	13,2 - 91,4	18		
	gesamt	69,2 ± 19,5	73,8	13,2 - 96,9	37		
10. Ausleben anderen Verhaltens	ökologisch	66 ± 30,1	76,1	0 - 89,8	19	7,7	0,005
	konventionell	29,1 ± 37,8	0	0 - 84,5	18		
	gesamt	48,1 ± 38,5	68,6	0 - 89,8	37		
11. Gute Mensch-Tier-Beziehung	ökologisch	66,8 ± 16,4	70,1	34,6 - 87,8	19	7,3	0,007
	konventionell	51,5 ± 13,2	48,8	31,6 - 75,8	18		
	gesamt	59,3 ± 16,6	55,8	31,6 - 87,8	37		
12. Emotionales Wohlbefinden	ökologisch	85,8 ± 10,1	88,7	57,5 - 97,3	19	2,7	0,101
	konventionell	81,7 ± 8,8	82,5	62,7 - 94,6	18		
	gesamt	83,8 ± 9,6	84,6	57,5 - 97,3	37		

MW = Mittelwerte, SD = Standardabweichung, Median, MIN = Minimumwert, MAX = Maximumwert, n = Anzahl Betriebe, chi² = Chi-Wert und p = Signifikanzniveau

Zur Info: „Temperaturkomfort“ besteht aus errechneten Werten der Kriterien „Bewegungsfreiheit“ und „Liegekomfort“ und „Ausleben anderen Verhaltens“ sind die Werte der Winter- und Sommererhebung gleich.

Tabelle 4.7-6: Ergebnisse der einzelnen Messgrößen des WQ®-Protokolls für alle (grau) und ökologisch bzw. konventionell wirtschaftende Betriebe während der Wintererhebung (WINTER)

WINTER	Gruppe	MW ± SD	Median	MIN - MAX	n	chi²	p
Anteil Kühe mit Milchzellgehalt ≥ 400000 Zellzahlen (%)	ökologisch	15,8 ± 10,3	14,3	0 - 40	19	1,37	0,242
	konventionell	14,5 ± 14,5	11,9	0 - 62,5	18		
	gesamt	15,2 ± 12,3	12,9	0 - 62,5	37		
Mortalität Kühe (%)	ökologisch	3,4 ± 4	2,3	0 - 14,4	19	1,354	0,245
	konventionell	1,8 ± 2,2	1	0 - 6,1	18		
	gesamt	2,6 ± 3,3	2	0 - 14,4	37		
Anteil Schweregeburten (%)	ökologisch	3,5 ± 4,2	2,2	0 - 17,1	19	3,32	0,069
	konventionell	5,8 ± 4,3	5	0 - 14,2	18		
	gesamt	4,6 ± 4,3	3,3	0 - 17,1	37		
Anteil festliegende Kühe (%)	ökologisch	5,2 ± 2,8	6,2	0 - 9,6	19	0,011	0,915
	konventionell	6,1 ± 4,6	5,3	1 - 18,6	18		
	gesamt	5,7 ± 3,7	5,8	0 - 18,6	37		
Anteil unterkonditionierter Kühe (%)	ökologisch	5,3 ± 6,3	3,3	0 - 19,3	19	0,452	0,502
	konventionell	6,1 ± 6,2	3,6	0 - 23,5	18		
	gesamt	5,6 ± 6,1	3,3	0 - 23,5	37		
Anteil Kühe ohne Integumentschäden (%)	ökologisch	30,6 ± 20,9	20,5	3,8 - 70	19	0,447	0,504
	konventionell	34,1 ± 20,4	35	3 - 80	18		
	gesamt	32,3 ± 20,5	27,1	3 - 80	37		
Anteil Kühe mit haarlosen Stellen (%)	ökologisch	49,2 ± 14,7	50	20,5 - 70	19	1,369	0,242
	konventionell	44,5 ± 12,9	43	13,3 - 69,6	18		
	gesamt	46,9 ± 13,8	48,3	13,3 - 70	37		
Anteil Kühe mit Verletzungen (%)	ökologisch	20 ± 10,6	20	3,2 - 38,4	19	0,122	0,727
	konventionell	21,2 ± 10,9	19,9	3,3 - 40	18		
	gesamt	20,6 ± 10,6	20	3,2 - 40	37		
Anteil Kühe mit verschmutztem unterem Hinterbein (%)	ökologisch	92,3 ± 10,1	96,1	60 - 100	19	2,46	0,117
	konventionell	86,7 ± 12,3	91	54,3 - 100	18		
	gesamt	89,6 ± 11,4	93,7	54,3 - 100	37		
Anteil Kühe mit verschmutztem Euter (%)	ökologisch	33,8 ± 17,8	32,5	3,8 - 76,4	19	0,011	0,915
	konventionell	37,1 ± 25,2	33,9	6,6 - 92,5	18		
	gesamt	35,4 ± 21,5	32,5	3,8 - 92,5	37		
Anteil Kühe mit verschmutzter Flanke und oberem Hinterbein (%)	ökologisch	63,3 ± 27,8	69,2	11,5 - 100	19	0,028	0,867
	konventionell	61 ± 24,3	57,8	8,6 - 100	18		
	gesamt	62,2 ± 25,8	62,5	8,6 - 100	37		
Anteil Kühe mit Nasenausfluß (%)	ökologisch	8,0 ± 4,7	7,8	0 - 15,7	19	4,09	0,043
	konventionell	14,7 ± 9,7	11,6	2,2 - 34,5	18		
	gesamt	11,3 ± 8,1	10	0 - 34,5	37		
Anteil Kühe mit erhöhter Atemfrequenz (%)	ökologisch	0 ± 0	0	0 - 0	19	1,056	0,304
	konventionell	0,1 ± 0,7	0	0 - 3,2	18		
	gesamt	0 ± 0,5	0	0 - 3,2	37		
Anteil Kühe mit Durchfall (%)	ökologisch	0,6 ± 2	0	0 - 8,8	19	0,094	0,759
	konventionell	1,1 ± 4,3	0	0 - 18,1	18		
	gesamt	0,9 ± 3,3	0	0 - 18,1	37		
Anteil Kühe mit Augenausfluß (%)	ökologisch	1,4 ± 2,2	0	0 - 7,6	19	0,598	0,439
	konventionell	2 ± 2,8	0,5	0 - 9,2	18		
	gesamt	1,7 ± 2,5	0	0 - 9,2	37		
Anteil Kühe mit Scheidenausfluß (%)	ökologisch	1,1 ± 1,7	0	0 - 6,6	19	0,706	0,401
	konventionell	0,5 ± 1	0	0 - 3	18		
	gesamt	0,8 ± 1,4	0	0 - 6,6	37		

MW = Mittelwerte, SD = Standardabweichung, Median, MIN = Minimumwert, MAX = Maximumwert, n = Anzahl Betriebe, chi² = Chi-Wert und p = Signifikanzniveau

Tabelle 4.7-6 (Forts.): Ergebnisse der einzelnen Messgrößen des WQ®-Protokolls für alle (grau) und ökologisch bzw. konventionell wirtschaftende Betriebe während der Wintererhebung (WINTER)

WINTER	Gruppe	MW ± SD	Median	MIN - MAX	n	chi ²	p
Anteil nicht lahmer Kühe (%)	ökologisch	95,4 ± 4,9	96,1	87 - 100	19	3,1	0,079
	konventionell	91 ± 8,3	92,6	67,3 - 100	18		
	gesamt	93,3 ± 7	94,9	67,3 - 100	37		
Anteil klinisch lahmer Kühe (%)	ökologisch	3,5 ± 4,2	1,6	0 - 12,9	19	4,2	0,041
	konventionell	7,4 ± 6,1	6,3	0 - 22,4	18		
	gesamt	5,4 ± 5,5	4,2	0 - 22,4	37		
Anteil hochgradig lahmer Kühe (%)	ökologisch	0,9 ± 1,5	0	0 - 4	19	0,1	0,735
	konventionell	1,5 ± 2,6	0	0 - 10,2	18		
	gesamt	1,2 ± 2,1	0	0 - 10,2	37		
Dauer des Abliegens (Sekunden)	ökologisch	5,0 ± 1,2	4,6	3,7 - 8,8	19	5,8	0,016
	konventionell	5,9 ± 1,2	5,6	4,1 - 9,2	18		
	gesamt	5,4 ± 1,2	5,2	3,7 - 9,2	37		
Anteil Kühe mit Kollision mit der Stalleinrichtung beim Ablegen (%)	ökologisch	16,2 ± 22,8	0	0 - 66,6	19	3,6	0,059
	konventionell	30,7 ± 24,4	27,5	0 - 71,4	18		
	gesamt	23,2 ± 24,4	18,1	0 - 71,4	37		
Anteil liegende Tiere teilweise oder ganz außerhalb des Liegebereichs (%)	ökologisch	3,6 ± 8,2	0	0 - 33,3	19	0,1	0,756
	konventionell	7,0 ± 14,6	0	0 - 44,4	18		
	gesamt	5,3 ± 11,7	0	0 - 44,4	37		
Häufigkeit Husten (pro Kuh/15min)	ökologisch	0,7 ± 0,5	0,6	0 - 2,2	19	1,2	0,274
	konventionell	0,8 ± 0,5	0,8	0,1 - 2,3	18		
	gesamt	0,7 ± 0,5	0,6	0 - 2,3	37		
Häufigkeit Kopfstöße (pro Kuh/Std)	ökologisch	0,3 ± 0,3	0,2	0 - 1	19	8,7	0,003
	konventionell	1 ± 0,8	0,6	0,1 - 3,1	18		
	gesamt	0,6 ± 0,6	0,5	0 - 3,1	37		
Häufigkeit Verdrängungen (pro Kuh/Std)	ökologisch	0,3 ± 0,2	0,2	0 - 0,8	19	0,0	0,988
	konventionell	0,4 ± 0,4	0,2	0 - 1,9	18		
	gesamt	0,3 ± 0,3	0,2	0 - 1,9	37		
Anteil Kühe die bei Annäherung berührt werden können (%)	ökologisch	40,3 ± 22	34,6	9 - 76,6	19	6,4	0,012
	konventionell	21,6 ± 12,6	23,4	2,9 - 46,6	18		
	gesamt	31,2 ± 20,2	28,5	2,9 - 76,6	37		
Anteil Kühe mit Ausweichdistanz <50cm ohne Berührung (%)	ökologisch	46,8 ± 16,8	45,4	20 - 78,5	19	1,914	0,167
	konventionell	53,6 ± 10,8	54,5	32,3 - 72,2	18		
	gesamt	50,1 ± 14,4	50	20 - 78,5	37		
Anteil Kühe mit Ausweichdistanz 50-100 cm (%)	ökologisch	10,2 ± 12,6	6,4	0 - 50	19	7,3	0,007
	konventionell	17,9 ± 9,3	20,7	3,3 - 38,4	18		
	gesamt	14 ± 11,6	13,6	0 - 50	37		
Anteil Kühe mit Ausweichdistanz >100 cm (%)	ökologisch	2,5 ± 3,6	0	0 - 9,5	19	4,3	0,038
	konventionell	6,7 ± 6,8	5	0 - 23,5	18		
	gesamt	4,5 ± 5,7	3,4	0 - 23,5	37		

MW = Mittelwerte, SD = Standardabweichung, Median, MIN = Minimumwert, MAX = Maximumwert, n = Anzahl Betriebe, chi² = Chi-Wert und p = Signifikanzniveau

Tabelle 4.7-7: Ergebnisse der vier WQ®-Grundsätze (in fett markiert) und der 12 WQ®-Kriterien für alle (grau) und öko bzw. konv wirtschaftende Betriebe während der Sommererhebung (SOMMER)

SOMMER	Gruppe	MW ± SD	Median	MIN - MAX	n	chi ²	p
Gute Fütterung	ökologisch	36,2 ± 29	32,7	6,6 - 99,9	19	0,6	0,4382
	konventionell	31,7 ± 27,4	17,5	6,3 - 99,9	18		
	gesamt	34 ± 28	21,7	6,3 - 99,9	37		
1. Abwesenheit von anhaltendem Hunger	ökologisch	68,7 ± 22,6	69,9	33 - 99,9	19	2,1	0,152
	konventionell	59,6 ± 21,9	57	30,8 - 99,9	18		
	gesamt	64,3 ± 22,4	61,1	30,8 - 99,9	37		
2. Abwesenheit von anhaltendem Durst	ökologisch	36,3 ± 39	32	3 - 100	19	0,1	0,807
	konventionell	32,1 ± 35	11,5	3 - 100	18		
	gesamt	34,3 ± 36,6	20	3 - 100	37		
Gute Haltung	ökologisch	72,7 ± 8,2	73,9	47,3 - 86,2	19	8,8	0,003
	konventionell	56,9 ± 18,4	58,4	10,9 - 86,2	18		
	gesamt	65 ± 16,1	70,9	10,9 - 86,2	37		
3. Liegekomfort	ökologisch	56,7 ± 13,1	58,7	16,4 - 78,2	19	5,1	0,025
	konventionell	40 ± 23,4	38,8	0 - 78,2	18		
	gesamt	48,6 ± 20,4	53,8	0 - 78,2	37		
4. Temperaturkomfort	ökologisch	100 ± 0	100	100 - 100	19	3,3	0,067
	konventionell	90,9 ± 22,7	100	15 - 100	18		
	gesamt	95,6 ± 16,2	100	15 - 100	37		
5. Bewegungsfreiheit	ökologisch	100 ± 0	100	100 - 100	19	3,3	0,067
	konventionell	87,9 ± 27,9	100	15 - 100	18		
	gesamt	94,1 ± 20,1	100	15 - 100	37		
Gute Gesundheit	ökologisch	52,2 ± 12	51,6	33,2 - 83,9	19	3,5	0,06
	konventionell	44,5 ± 9,6	43	27,5 - 60,8	18		
	gesamt	48,4 ± 11,4	48,2	27,5 - 83,9	37		
6. Abwesenheit von körperlichen Schäden	ökologisch	71,5 ± 11,9	71	54,7 - 95,2	19	1,3	0,261
	konventionell	64,4 ± 17,7	64,8	29,8 - 98,1	18		
	gesamt	68,1 ± 15,2	65,7	29,8 - 98,1	37		
7. Abwesenheit von Krankheiten	ökologisch	43,9 ± 17,8	40,3	17,8 - 86	19	0,4	0,548
	konventionell	39,8 ± 11,5	38,5	19,9 - 56,6	18		
	gesamt	41,9 ± 15	40,3	17,8 - 86	37		
8. Abwesenheit schmerzhafter Managementmaßnahmen	ökologisch	92,1 ± 11,9	100	75 - 100	19	20,5	<0,001
	konventionell	61,2 ± 18,9	75	28 - 75	18		
	gesamt	77,1 ± 22	75	28 - 100	37		
Angemessenes Verhalten	ökologisch	64,8 ± 16,9	64	35,8 - 86,4	19	14,7	0,001
	konventionell	39,9 ± 16,5	34,5	23,4 - 75,4	18		
	gesamt	52,7 ± 20,7	56,8	23,4 - 86,4	37		
9. Ausleben von Sozialverhalten	ökologisch	79,1 ± 17,9	84,6	29,5 - 100	19	1,8	0,181
	konventionell	66,8 ± 26,9	74	2,3 - 100	18		
	gesamt	73,2 ± 23,3	83,1	2,3 - 100	37		
10. Ausleben anderen Verhaltens	ökologisch	66 ± 30,1	76,1	0 - 89,8	19	7,7	0,005
	konventionell	29,1 ± 37,8	0	0 - 84,5	18		
	gesamt	48,1 ± 38,5	68,6	0 - 89,8	37		
11. Gute Mensch-Tier-Beziehung	ökologisch	65 ± 17,6	63,5	31,3 - 89,6	19	7,6	0,006
	konventionell	47,7 ± 13,6	47,2	28,4 - 66,3	18		
	gesamt	56,6 ± 17,9	57,4	28,4 - 89,6	37		
12. Emotionales Wohlbefinden	ökologisch	86 ± 12,8	87	40,4 - 96,5	19	1,1	0,288
	konventionell	80,7 ± 14,9	86,9	44,1 - 97,2	18		
	gesamt	83,4 ± 13,9	87	40,4 - 97,2	37		

MW = Mittelwerte, SD = Standardabweichung, Median, MIN = Minimumwert, MAX = Maximumwert, n = Anzahl Betriebe, chi² = Chi-Wert und p = Signifikanzniveau

Zur Info: „Temperaturkomfort“ besteht aus errechneten Werten der Kriterien „Bewegungsfreiheit“ und „Liegekomfort“ und „Ausleben anderen Verhaltens“ sind die Werte der Winter- und Sommererhebung gleich.

Tabelle 4.7-8: Ergebnisse der einzelnen Messgrößen des WQ®-Protokolls für alle (grau) und ökologisch bzw. konventionell wirtschaftende Betriebe während der Sommererhebung (SOMMER)

SOMMER	Gruppe	MW ± SD	Median	MIN - MAX	n	chi ²	p
Anteil Kühe mit Milchzellgehalt >= 400000 Zellzahlen (%)	ökologisch	14,1 ± 8,6	13,6	0 - 30	19	0,427	0,513
	konventionell	13 ± 8,7	13,3	0 - 34,2	18		
	gesamt	13,6 ± 8,5	13,6	0 - 34,2	37		
Mortalität Kühe (%)	ökologisch	3 ± 3,7	2,5	0 - 16,6	19	0,243	0,622
	konventionell	2,3 ± 2,4	1,8	0 - 6,8	18		
	gesamt	2,7 ± 3,1	2,5	0 - 16,6	37		
Anteil Schweregeburten (%)	ökologisch	7,1 ± 7,9	4,3	0 - 23,8	19	0,647	0,421
	konventionell	4 ± 4	3,7	0 - 16,6	18		
	gesamt	5,6 ± 6,4	3,8	0 - 23,8	37		
Anteil festliegende Kühe (%)	ökologisch	3,5 ± 4,6	1,9	0 - 16,6	19	2,111	0,146
	konventionell	5,1 ± 4,7	5	0 - 17,1	18		
	gesamt	4,3 ± 4,6	2,8	0 - 17,1	37		
Anteil unterkonditionierter Kühe (%)	ökologisch	5,7 ± 5,2	4,3	0 - 17,2	19	2,05	0,152
	konventionell	8 ± 5,9	6,9	0 - 19,4	18		
	gesamt	6,8 ± 5,6	6	0 - 19,4	37		
Anteil Kühe ohne Integumentschäden (%)	ökologisch	49,4 ± 25,9	45,8	11,5 - 97	19	2,263	0,133
	konventionell	37,8 ± 25,8	31,9	5,5 - 91,4	18		
	gesamt	43,8 ± 26,1	41,6	5,5 - 97	37		
Anteil Kühe mit haarlosen Stellen (%)	ökologisch	29,9 ± 16,3	30,4	2,9 - 59,6	19	2,896	0,089
	konventionell	41,1 ± 19	37,7	8,5 - 76,4	18		
	gesamt	35,3 ± 18,3	32,6	2,9 - 76,4	37		
Anteil Kühe mit Verletzungen (%)	ökologisch	20,5 ± 15,9	18,1	0 - 51,3	19	0,015	0,903
	konventionell	21 ± 17,4	16,2	0 - 63,3	18		
	gesamt	20,7 ± 16,4	18,1	0 - 63,3	37		
Anteil Kühe mit verschmutztem unterem Hinterbein (%)	ökologisch	82,1 ± 28,3	95,6	12,9 - 100	19	1,205	0,272
	konventionell	86,7 ± 12	91,2	57,5 - 100	18		
	gesamt	84,3 ± 21,8	92,5	12,9 - 100	37		
Anteil Kühe mit verschmutztem Euter (%)	ökologisch	24,5 ± 19,5	19,6	0 - 73,9	19	0,222	0,638
	konventionell	27 ± 21,4	25,4	0 - 80,5	18		
	gesamt	25,7 ± 20,2	21,8	0 - 80,5	37		
Anteil Kühe mit verschmutzter Flanke und oberem Hinterbein (%)	ökologisch	42,2 ± 22,2	39,2	9,3 - 95,6	19	0,333	0,564
	konventionell	40,5 ± 28,1	33,3	8,5 - 84,8	18		
	gesamt	41,4 ± 24,9	36,3	8,5 - 95,6	37		
Anteil Kühe mit Nasenausfluß (%)	ökologisch	8,2 ± 10	3	0 - 31,2	19	2,436	0,119
	konventionell	13,7 ± 13,1	9,5	0 - 44,4	18		
	gesamt	10,9 ± 11,8	6,4	0 - 44,4	37		
Anteil Kühe mit erhöhter Atemfrequenz (%)	ökologisch	0 ± 0	0	0 - 0	19	1,056	0,304
	konventionell	0,1 ± 0,5	0	0 - 2,2	18		
	gesamt	0 ± 0,3	0	0 - 2,2	37		
Anteil Kühe mit Durchfall (%)	ökologisch	2,7 ± 4,2	0	0 - 13,7	19	0,007	0,934
	konventionell	2,1 ± 2,5	0,5	0 - 7,3	18		
	gesamt	2,4 ± 3,4	0	0 - 13,7	37		
Anteil Kühe mit Augenausfluß (%)	ökologisch	3,4 ± 4,7	1,9	0 - 17,3	19	1,847	0,174
	konventionell	5,1 ± 4,3	5,8	0 - 14,6	18		
	gesamt	4,2 ± 4,5	2,9	0 - 17,3	37		
Anteil Kühe mit Scheidenausfluß (%)	ökologisch	0,3 ± 0,8	0	0 - 3,2	19	0,128	0,72
	konventionell	0,2 ± 0,7	0	0 - 2,4	18		
	gesamt	0,3 ± 0,8	0	0 - 3,2	37		

MW = Mittelwerte, SD = Standardabweichung, Median, MIN = Minimumwert, MAX = Maximumwert, n = Anzahl Betriebe, chi² = Chi-Wert und p = Signifikanzniveau

Tabelle 4.7-8 (Forts.): Ergebnisse der einzelnen Messgrößen des WQ®-Protokolls für alle (grau) und ökologisch bzw. konventionell wirtschaftende Betriebe während der Sommererhebung (SOMMER)

SOMMER	Gruppe	MW ± SD	Median	MIN - MAX	n	chi ²	p
Anteil nicht lahmer Kühe (%)	ökologisch	95,9 ± 2,6	96,7	91,1 - 100	19	4,404	0,036
	konventionell	90,7 ± 8,4	93,9	68,8 - 100	18		
	gesamt	93,3 ± 6,6	94,8	68,8 - 100	37		
Anteil klinisch lahmer Kühe (%)	ökologisch	3,2 ± 2,3	2,9	0 - 8,8	19	4,733	0,03
	konventionell	7,8 ± 7,6	5,7	0 - 31,1	18		
	gesamt	5,4 ± 5,9	3,2	0 - 31,1	37		
Anteil hochgradig lahmer Kühe (%)	ökologisch	0,8 ± 1,3	0	0 - 4,3	19	0,458	0,498
	konventionell	1,4 ± 2,1	0	0 - 6,6	18		
	gesamt	1,1 ± 1,8	0	0 - 6,6	37		
Dauer des Abliegens (Sekunden)	ökologisch	4 ± 0,4	4,1	3,1 - 4,8	19	11,79	0,001
	konventionell	5 ± 0,8	4,8	3,7 - 6,4	18		
	gesamt	4,5 ± 0,8	4,3	3,1 - 6,4	37		
Anteil Kühe mit Kollision mit der Stalleinrichtung beim Ablegen (%)	ökologisch	3,6 ± 9,6	0	0 - 36,8	19	8,329	0,004
	konventionell	29,2 ± 30,4	29,2	0 - 80	18		
	gesamt	16,1 ± 25,5	0	0 - 80	37		
Anteil liegende Tiere teilweise oder ganz außerhalb des Liegebereichs (%)	ökologisch	2,9 ± 9,9	0	0 - 41,9	19	4,402	0,036
	konventionell	9,2 ± 22	0	0 - 90	18		
	gesamt	6 ± 17	0	0 - 90	37		
Häufigkeit Husten (pro Kuh/15min)	ökologisch	0,6 ± 0,6	0,4	0 - 2,1	19	1,067	0,302
	konventionell	0,8 ± 0,8	0,6	0,1 - 3,5	18		
	gesamt	0,7 ± 0,7	0,5	0 - 3,5	37		
Häufigkeit Kopfstöße (pro Kuh/Std)	ökologisch	0,4 ± 0,4	0,2	0 - 1,5	19	5,912	0,015
	konventionell	1 ± 1	0,7	0 - 4	18		
	gesamt	0,7 ± 0,8	0,4	0 - 4	37		
Häufigkeit Verdrängungen (pro Kuh/Std)	ökologisch	0,2 ± 0,2	0,1	0 - 1,1	19	0,075	0,784
	konventionell	0,4 ± 0,5	0,1	0 - 2,2	18		
	gesamt	0,3 ± 0,4	0,1	0 - 2,2	37		
Anteil Kühe die bei Annäherung berührt werden können (%)	ökologisch	34,4 ± 24,1	29,7	6 - 75,7	19	6,285	0,012
	konventionell	15,3 ± 9,6	13,8	2,1 - 35,7	18		
	gesamt	25,1 ± 20,6	17,8	2,1 - 75,7	37		
Anteil Kühe mit Ausweichdistanz <50cm ohne Berührung (%)	ökologisch	53 ± 17,3	57,8	24,2 - 83,6	19	0,075	0,785
	konventionell	54,7 ± 16,3	57,3	28,5 - 81,2	18		
	gesamt	53,9 ± 16,6	57,5	24,2 - 83,6	37		
Anteil Kühe mit Ausweichdistanz 50-100 cm (%)	ökologisch	8,9 ± 10,5	4,8	0 - 32	19	8,927	0,003
	konventionell	21,4 ± 13,6	17,4	4,7 - 47,6	18		
	gesamt	15 ± 13,5	12,1	0 - 47,6	37		
Anteil Kühe mit Ausweichdistanz >100cm (%)	ökologisch	3,4 ± 5,6	0	0 - 20	19	4,852	0,028
	konventionell	8,4 ± 8,1	6	0 - 24,2	18		
	gesamt	5,8 ± 7,3	3,1	0 - 24,2	37		

MW = Mittelwerte, SD = Standardabweichung, Median, MIN = Minimumwert, MAX = Maximumwert, n = Anzahl Betriebe, chi² = Chi-Wert und p = Signifikanzniveau

4.7.4 Schlussfolgerungen

Bei der Betrachtung der 37 Betriebe des Pilotbetriebsnetzwerks zeigten sich bezüglich des Status quo der Tierwohlsituation signifikante Unterschiede zwischen den beiden Wirtschaftsweisen. Dabei schnitten die ökologisch wirtschaftenden Betriebe mit einer besseren Gesamtbeurteilung des Tierwohls nach dem WQ®-Protokoll ab. In der Wintererhebung, die den Status quo der Tierwohlsituation während der Stallperiode auf den Betrieben darstellt, konnten Unterschiede in den Grundsätzen „Gute Gesundheit“ und „Angemessenes Verhalten“ festgestellt werden, dagegen zeigte sich in der Sommererhebung, welche den Status quo der Tierwohlsituation während der Weideperiode darstellt, im Grundsatz „Gute Haltung“ und auch im Grundsatz „Angemessenes Verhalten“ signifikante Unterschiede. Für beide Perioden konnten klare Vorteile für das Tierwohl in der ökologischen Haltung gezeigt werden, bspw. durch das höhere Weidegangangebot, weniger Lahmheiten, besseren Liegekomfort und einer besseren Mensch-Tier-Beziehung für ökologisch wirtschaftende Betriebe. Die Haltungsvorgaben der ökologischen Tierhaltung decken einen großen Teil der Risikofaktoren für die verschiedenen Bereiche ab. Trotz der deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Wirtschaftsweisen, war eine große einzelbetriebliche Spannweite in den verschiedenen Messgrößen zu finden. So gab es unter den konventionell wirtschaftenden Betrieben einige mit einer sehr guten Tierwohlsituation und umgekehrt auch ökologisch wirtschaftende Betriebe mit einer suboptimalen Tierwohlsituation nach Welfare Quality®. Insgesamt zeigt sich somit, dass nicht nur die Haltungsvorgaben der EU-Ökoverordnung eine wichtige Rolle spielen, sondern das Management der einzelnen Betriebe schlussendlich entscheidend ist.

4.7.5 Literatur

Bergman MA, Richert RM, Cicconi Hogan KM, Gamroth MJ, Schukken YH, Stiglbauer KE, Ruegg PL (2014) Comparison of selected animal observations and management practices used to assess welfare of calves and adult dairy cows on organic and conventional dairy farms. *J Dairy Research* 97 (7)

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2019) Nutztierhaltungsstrategie – Zukunftsfähige Tierhaltung in Deutschland. online: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Nutztierhaltungsstrategie.pdf?__blob=publicationFile

Brinkmann J, March S, Barth K, Becker M, Drerup C, Isselstein J, Klocke D, Krömker V, Mersch F, Müller J, Rauch P, Schumacher U, Spiekens H, Tichter A, Volling O, Weiler M, Weiß M, Winckler C (2011) Status quo der Tiergesundheitssituation in der ökologischen Milchviehhaltung in Deutschland - Ergebnisse einer repräsentativen bundesweiten Felderhebung. In: Leithold G, Becker K, Brock C (eds) Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau: Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis: Bd. 2, Tierproduktion und Sozioökonomie. Berlin: Köster, pp 161-169

Brenninkmeyer C, Dippel S, March S, Brinkmann J, Winckler C, Knierim U (2007) Reliability of a subjective gait scoring system for dairy cows. *Animal Welfare* 16 (2):127-130

Byrt T, Bishop J, Carlin JB (1993) Bias, prevalence and kappa. *Journal of Clinical Epidemiology* 46:423-429

Cohen J (1960) A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement* 20:37-46

Corazzin M, Piasentier E, Dovier S, Bovolenta S (2010) Effect of summer grazing on welfare of dairy cows reared in mountain tie-stall barns. *Ital J Anim Sci* 9:304–312

Verordnung des Europäischen Parlament und des Rates (2008) Verordnung (EG) Nr. 889/2008 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R0889&from=DE>

Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates (2018) Verordnung (EU) 2018/848 sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0848&from=DE>

Fleiss JL, Levin B, Paik MC (2003) *Statistical Methods for Rates and Proportions*. John Wiley & Sons, NewYork/USA. Zitiert in: Woodward M (2005) *Epidemiology - Study Design and Data Analysis*, chapter 2: Basic Analytical Procedures, 2nd ed., Chapman & Hall, Boca Raton/USA, p.99

Fraser D, Weary D, Pajor E, Milligan B (1997) A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Animal Welfare*, 6:187-205

Fraser D (2008) Understanding animal welfare. The role of the veterinarian in animal welfare. *Animal welfare: too much or too little? The 21st Symposium of the Nordic Committee for Veterinary Scientific Cooperation. Acta Veterinaria Scandinavica*, H. 50 (Suppl 1)

Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2013) *Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben*, Thünen Rep 8

Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2015) *Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben*, Thünen Rep 29

Keppler C, Schubbert A, Knierim U (2004) Welche Methoden sind zur Beurteilung von Hühnern im Hinblick auf Federpicken und Kannibalismus geeignet? Erste Untersuchungen zum Vergleich verschiedener Methoden im Hinblick auf Durchführbarkeit, Aussagekraft und Wiederholbarkeit. 11. Freilandtagung/ 17. IGN-Tagung, 23.-25.09.2004, Wien, 71-74

March S, Brinkmann J, Winckler C (2007) Effect of training on the inter-observer reliability of lameness scoring in dairy cattle. *Animal Welfare* 16:131-133

March S, Bergschmidt A, Renziehausen C, Brinkmann J (2017) Indikatoren für eine ergebnisorientierte Honorierung von Tierschutzleistungen. Bonn: BÖLN, 280 p., <http://orgprints.org/31971/>

March S, Haager D, Brinkmann J (2019) Tierwohl. *Thünen Rep* 65:248-288

O’Connell J, Giller PS, Meaney W (1989) A Comparison of Dairy-Cattle Behavioral-Patterns at Pasture and During Confinement. *Irish. J. Agric.* 28:65-72

Olmos G, Boyle L, Hanlon A, Patton J, Murphy JJ; Mee JF (2009) Hoof disorders, locomotion ability and lying times of cubicle-housed compared to pasture-based dairy cows. *Livest. Sci.* 125:199-207

Roesch M, Doherr MG, Blum JW (2005) Performance of Dairy Cows on Swiss Farms with Organic and Integrated Production. *Journal of Dairy Research* 88(7):2462-2475

Rutherford KMD, Langford FM, Jack MC, Sherwood L, Lawrence AB, Haskell MJ (2009) Lameness prevalence and risk factors in organic and non-organic dairy herds in the United Kingdom. *Veterinary Journal* 180(1):95-105

Singh SS, Ward WR, Lautenbach K, Hughes JW, Murray RD (1993) Behavior of 1st lactation and adult dairy cows while housed and at pasture and its relationship with sole lesions. *Vet. Rec.* 133:469-474

Sorge US, Moon RD, Stromberg BE, Schroth SL, Michels L, Wolff LJ, Kelton DF, Heins BJ (2015) Parasites and parasite management practices of organic and conventional dairy herds in Minnesota. *Journal of Dairy Research* 98(5):3143-3151

Waiblinger S, Boivin X, Pedersen V, Tosi M-V, Janczak AM, Visser EK, Jones RB (2006) Assessing the human–animal relationship in farmed species: A critical review. *Applied Animal Behaviour Science* 101:185–242

Welfare Quality® (2009) Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Chapter 6: Welfare Quality® applied to dairy cows. Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands. Online: http://www.welfare-quality.net/media/1088/cattle_protocol_without_veal_calves.pdf

Winckler C, Knierim U (2014) Welfare Quality® assessment protocol – Milchkühe und Mastrinder. In: KTBL (Hrsg.) Tiergerechtigkeit bewerten. KTBL Darmstadt, 7-17

4.8 Gesundheitsprobleme und Tierarzneimittelanwendungen auf den Milchviehbetrieben im Netzwerk der Pilotbetriebe

Sylvia Warnecke, Christina Ambros, Peter Hinterstoißer, Alexandra Lange,
Maximilian Schöler, Franziska Schulz, Kathrin Wagner, Hans Marten Paulsen

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurden für ein Milchjahr (2015) auf 35 deutschen Milchviehbetrieben (19 ökologisch, 16 konventionell wirtschaftend) im Netzwerk der Pilotbetriebe die medikamentösen Behandlungen in der Milchviehhaltung anhand der tierärztlichen Anwendungs- und Abgabebelege und der betrieblichen Aufzeichnungen für Kälber, Jungvieh und Milchkühe erfasst. Auf Betrieben mit guter Datenlage wurden auch längere Zeiträume analysiert. Per Interview wurden subjektive Einschätzungen zum Status der Tiergesundheit bei den Betriebsleitenden abgefragt und mit der vorgefundenen Medikation und Gesundheitsdaten der Milchleistungsprüfung verglichen. Die persönliche Einschätzung zum Krankheitsdruck stimmte nicht grundsätzlich mit der Medikation auf den Betrieben und den Gesundheitsdaten der Tiere überein, insbesondere bei Mastitis. In den ökologischen Betrieben wurden im Vergleich mit den konventionellen Betrieben im Median ein höherer Anteil euterkranker Milchkühe (> 100.000 somatische Zellen ml^{-1} Milch) gefunden. Die Häufigkeit des Medikamenteneinsatzes gegen entzündliche Eutererkrankungen (behandelt als Mastitis während der Laktation und zum Trockenstellen) war dagegen geringer. Möglicherweise zeigt sich hier die Gefahr, dass das Selbstverständnis vieler ökologisch wirtschaftender Betriebe, zum Schutz von Umwelt und Humangesundheit geringe Antimikrobiotikamengen einzusetzen, im Zusammenspiel mit den Öko-Richtlinien zu einer Untermedikation führen kann. Andererseits wiesen die konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe im Median einen ähnlich hohen Anteil eutergesunder Milchkühe auf, unabhängig davon, ob entzündliche Eutererkrankungen als Gesundheitsproblem genannt wurden oder nicht. Allerdings war bei Nennung des Problems der Anteil diesbezüglich antibiotisch behandelter Milchkühe um den Faktor 3,3 höher. Umso wichtiger sind hier konsequente analyse- und datenbasierte Beratungsansätze mit Unterstützung der Tierärzte, deren Rolle diesbezüglich gestärkt werden sollte. Insgesamt waren die Therapiehäufigkeit als Maßzahl zur Beschreibung des Verbrauchs an antimikrobiellen Tierarzneimitteln und die Anteile behandelter Tiere in allen Tierkategorien und Gesundheitsbereichen auf den ökologischen Pilotbetrieben deutlich niedriger als auf den konventionellen. Dies galt beispielsweise auch für die von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) als besonders kritisch für die Humangesundheit eingestuftes Wirkstoffgruppen der Fluorchinolone und Cephalosporine der 3. und 4. Generation. Das eingesetzte Spektrum an antimikrobiellen Wirkstoffgruppen unterschied sich zwischen ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben dagegen nur bei der Kälberaufzucht. Hinsichtlich der Ressourceneffizienz wurde erstmals zusammengestellt, welche Wirkstoffmengen an für die Humangesundheit kritischen antimikrobiell wirksamen Substanzen nach WHO für die Produktion von 1.000 kg ECM auf den Pilotbetrieben eingesetzt wurden. Grundsätzlich wird durch diese Zusammenstellung der Medikation in der Milchviehhaltung deutlich, dass eine hohe Bandbreite bei der Anzahl der eingesetzten Medikamente und bei der Anzahl und Dauer der Behandlungsgänge beim Vergleich von Betrieben besteht. Therapien von Krankheiten, Verletzungen und Parasitenbefall müssen daher unabhängig vom Betriebssystem stets vom Einzeltier her, diagnoseabhängig und mit einzelbetrieblichen Managementplänen angegangen werden.

Schlüsselwörter: Tierarzneimittel, Medikamenteneinsatz, Milchvieh, Kälber, Jungvieh, Tiergesundheit, Anwendungs- und Abgabebelege, Behandlungsgänge, Therapiehäufigkeit, Antibiotika, Antimikrobiotika, kritische antimikrobiell wirksame Substanzen, Highest Priority Critically Important Antimicrobials, HPCIA, ökologische Landwirtschaft, konventionelle Landwirtschaft

Abstract

In our study we analysed 35 German dairy cattle farms (19 organic, 16 conventional) of the network of pilot farms (<http://www.pilotbetriebe.de>) with respect to their use of veterinary drugs in dairy cattle, young stock and calves. The veterinary prescription records and the records of the farmers on medical treatments of their animals were analysed for the milk year 2015 (October 2014 through September 2015); longer periods were analysed in 13 farms with good data quality over time. Additionally, the farmers reported their personal views about the health status of their animals. We compared the answers to the recorded medications and, for dairy cows, to health data available from the official milk quality testing. The farmers' acknowledgement of a health problem and its treatment did not generally correspond with the associated health data. This was particularly clear for udder infections. On the organic pilot farms, we found a higher share of dairy cows with a milk somatic cell count above 100,000 than on the conventional ones, while treatments of mammary infections (against mastitis and for drying off) were conducted less frequently. This could possibly be attributed to a combination of the self-conception of many organic farmers to rarely use antimicrobial substances for the sake of environment and human health and the requirements set by the EU regulations on organic production. This also carries the risk of insufficient medication. On the other hand, conventional pilot farms showed a similar share of dairy cows with milk somatic cell counts of or below 100,000 if reporting a problem with udder infections as well as if not reporting it and the share of dairy cows treated with an antimicrobial against mammary infection was 3.3 times higher. For this reason, consistent veterinary advice based on analyses and data appear most important to tackle these problems – alongside a strengthening of the role of the veterinarian in this regard. Treatment frequencies – as a variable to describe the use of antimicrobial veterinary drugs – were lower for all animal categories and in the medication of all health issues on the organic farms, analogue to the share of treated animals. This also applies for those groups of substances that are classified e.g. by the World Health Organization (WHO) as critically important for human medicine, such as fluoroquinolones and third and fourth generation cephalosporines. The class profiles of antibiotics used in calves were the only ones that differed between the organic and the conventional farms in this study. As a means to measure resource efficiency, we compiled the quantities of the individual antimicrobial substances used to produce 1,000 kg energy corrected milk. In principal, our study shows the great variability across the pilot farms in both systems and in all parameters assessed. We conclude that diseases, injuries, and parasite infections should always be treated by putting the individual animal in centre. Regardless of the agricultural system, treatment should be based on diagnosis and it should be accompanied by farm individual animal health plans.

Keywords: veterinary drugs, medication, dairy cattle, calves, young stock, animal health, veterinary prescription records, treatment course, treatment frequency, antibiotics, antimicrobials, Highest Priority Critically Important Antimicrobials, HPCIA, organic agriculture, conventional agriculture

4.8.1 Einleitung

Treten bei Nutztieren häufig Erkrankungen auf, ist dies ein deutlicher Hinweis darauf, dass die Tiere einem Stress aus Haltungsumgebung, Fütterung und/ oder Management ausgesetzt sind, den sie nicht mehr abpuffern können (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, DLG, 2018). Für Milchviehbetriebe werden immer wieder Gesundheitsprobleme des Euters, des Stoffwechsels oder der Gliedmaßen als häufig behandelte Erkrankungen beschrieben (z. B. Brinkmann & March, 2010; Hoedemaker, 2020). Dabei stellen Entzündungen des Euters die häufigste Erkrankung der Milchkühe dar (z. B. Brinkmann & March, 2010; Gonzalez et al., 2010; Barth et al., 2011; Kuipers et al., 2016; Firth et al., 2017). Dies zeigt sich einerseits bei Betrachtung der Häufigkeiten, mit denen Milchkühe auf Euterentzündungen hin behandelt werden und der Mengen an Tierarzneimitteln, die dabei verabreicht werden (z. B. De Briyne et al., 2014; Hommerich et al., 2019). Und andererseits ist dies deutlich bei der Analyse der Anzahl somatischer Zellen in der Milch (Barth et al., 2011).

Mit einer Erkrankung ist auch das Tierwohl erheblich gestört (DLG, 2018). Für die Tierhaltenden ergeben sich bei einer Erkrankung ihrer Tiere Behandlungskosten, vermehrter Arbeitsaufwand und Milchverluste, Leistungsdepression, teilweise in Folge Anfälligkeiten für weitere Erkrankungen, oder gar Verlust des Tieres durch Tod oder notwendige Merzung. Laufen die Erkrankungen subklinisch, d. h. ohne äußerlich erkennbare Anzeichen ab, oder werden die Erkrankungen nicht erkannt, ist dennoch mit Produktivitätseinbußen und den oben beschriebenen Auswirkungen auf das subklinisch erkrankte Tier zu rechnen.

Die Behandlung der meisten der oben genannten Erkrankungen erfolgt mithilfe von antimikrobiellen Wirkstoffen. Dabei sollten Wirkstoffe, die essentiell für die Behandlung von erkrankten Menschen sind, derartig vorsichtig eingesetzt werden, dass eine Resistenzbildung soweit als möglich verzögert wird. Denn Einsatz von Antimikrobiotika und Resistenzbildungen gehen Hand in Hand (Chantziaras et al., 2014). Die Weltgesundheitsorganisation (*World Health Organization*, WHO) kategorisiert seit 2005 antimikrobielle Wirkstoffe vor dem Hintergrund ihrer Relevanz für die Humangesundheit. Die Klassifizierungen sollen die Mitgliedsstaaten in die Lage versetzen, geeignete Maßnahmen zum Risikomanagement zur Vermeidung von Resistenzbildungen treffen zu können. Dies sollte laut WHO (2017) im Rahmen des sogenannten „*One Health*“ Ansatzes immer in Zusammenschau mit der Situation in der Tierhaltung erfolgen, d. h. mithilfe der Einordnung der Wichtigkeit der antimikrobiellen Wirkstoffklassen für die Tiergesundheit, die die Weltorganisation für Tiergesundheit (OIE, 2015) durchführt. Neben diesen Kategorisierungen antimikrobiell wirksamer Stoffe für die Humangesundheit gibt es beispielsweise auf europäischer Ebene einen Ansatz der *European Medicines Agency* (EMA, 2019 a), sowie verschiedene landesspezifische Kategorisierungen. In Deutschland wird beispielsweise durch die Tierärztliche Hausapothekenverordnung (TÄHAV, 2018) geregelt, dass die Cephalosporine der 3. und 4. Generation und die Fluorchinolone nur nach Antibiogramm einzusetzen sind.

Ein wichtiges Maß für die Bestimmung des Resistenzdruckes ist die Therapiehäufigkeit (Anzahl an Tagen, an denen ein Tier einer definierten Tiergruppe in einem definierten Zeitraum mindestens eine Gabe eines antimikrobiell wirksamen Stoffes erhalten hat) (Merle et al., 2013; van Rennings et al., 2013; Hemme et al., 2017). Unter dem Aspekt der Resistenzentwicklung ist es auch eine Frage des nachhaltigen Wirtschaftens, mit möglichst wenigen Medikamentengaben auszukommen.

Das Ziel dieser Studie war es, für die Kälber, das Jungvieh und die Milchkühe der beiden Gruppen der hier analysierten 19 ökologisch und 16 konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe einen detaillierten

Überblick über die Tierarzneimittelanwendungen des Milchjahres 2015 zu geben, indem folgende Themen dargestellt werden: (a) die Häufigkeit der durchgeführten Behandlungsgänge; (b) die subjektiven Einschätzungen der Betriebsleitenden zum Krankheitsgeschehen in ihren Herden; (c) der Vergleich der Behandlungsgänge mit anderen Datensätzen wie Gesundheitsdaten der Milchleistungsprüfung oder Interviewangaben der Betriebsleitenden; (d) die Verwendung von antimikrobiell wirksamen Stoffen in Form der Therapiehäufigkeit, ihre Verteilung auf Kategorien mit Bedeutung für die Human- und Tiermedizin, sowie ihre Verteilung auf Anwendungsarten und Diagnosen; und (e) die verwendeten Mengen antimikrobiell wirksamer Stoffe pro 1.000 kg Milch (energiekorrigiert). Zudem sollte (f) mittels einer Auswahl von 13 Pilotbetrieben ein kleiner Einblick in die Entwicklung der Therapiehäufigkeiten über die Zeit gegeben werden.

4.8.2 Material und Methoden

4.8.2.1 Datenerhebung

Die Datenerhebung für die Charakterisierung der Tierarzneimittelanwendungen fand im Wesentlichen während der Betriebsbesuche im Winter 2014/2015 und im Sommer 2015 statt, und zwar zu den Terminen, an denen auch die Tierwohlerhebung nach Welfare Quality® (2009; s. hierzu Kapitel 4.7) und die Erhebungen der Stall- und Weideumgebung der Rinder (s. hierzu Kapitel 4.4 und Kapitel 4.5) durchgeführt wurden. Es wurden jeweils 38 Pilotbetriebe (20 ökologisch wirtschaftend (ö), 18 konventionell wirtschaftend (k)) im Winter und im Sommer besucht, wobei ein Pilotbetrieb (ö) aus betrieblichen Gründen nicht im Winter besucht werden konnte und ein weiterer vor der Erhebung im Sommer aus dem Netzwerk ausschied. Bei diesen Betriebsbesuchen wurden die **tierärztlichen Anwendungs- und Abgabebelege** und, falls vorhanden, die sogenannten **Stallbücher** (Notizen der Landwirtinnen und Landwirte zur Anwendung von Tierarzneimitteln) fotografiert und später digitalisiert. Wenn anstelle von Stallbüchern ein **Herdenmanagement-Programm** verwendet wurde, wurde hiervon nach Möglichkeit ein Datenauszug mitgenommen und als Äquivalent zum Stallbuch ausgewertet. Auch die Jahresberichte der Milchleistungsprüfung wurden fotografiert sowie die Einwilligungserklärungen zum digitalen Abruf der monatlichen Daten der Landeskontrollverbände und zum Abruf der Tierbestände aus dem Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere von den Betriebsleitenden eingeholt. Zudem wurde während der Betriebsbesuche im Sommer 2015 ein **Interview mit Fragen zur Tiergesundheit** mit den Betriebsleitenden (oder ggf. deren Stellvertretung oder Bereichsleitung) der Pilotbetriebe geführt.

Der zeitliche Schwerpunkt für die Erfassung von Daten lag im Milchjahr 2015 (d. h. vom 01.10.2014 bis 30.09.2015). Unterlagen zu Tierarzneimittelanwendungen wurden für zurückliegende Jahre bis 2009 (Beginn der Arbeiten im Netzwerk der Pilotbetriebe) ebenfalls erfasst, sofern sie auf den Betrieben vorlagen und seitens der Betriebsleitenden für das Projekt verwendet werden durften. Für einen Pilotbetrieb lagen zudem Fotos der Tierarzneimittelanwendungen von 2008 aus einem vorhergehenden Projekt im Netzwerk der Pilotbetriebe vor (vergl. Paulsen et al., 2015). Für einige ausgewählte Pilotbetriebe wurden entsprechende Daten auch noch bis zum Ende des Milchjahres 2016 im Zuge von Rückmelde- und Optimierungsworkshops auf den Betrieben erhoben.

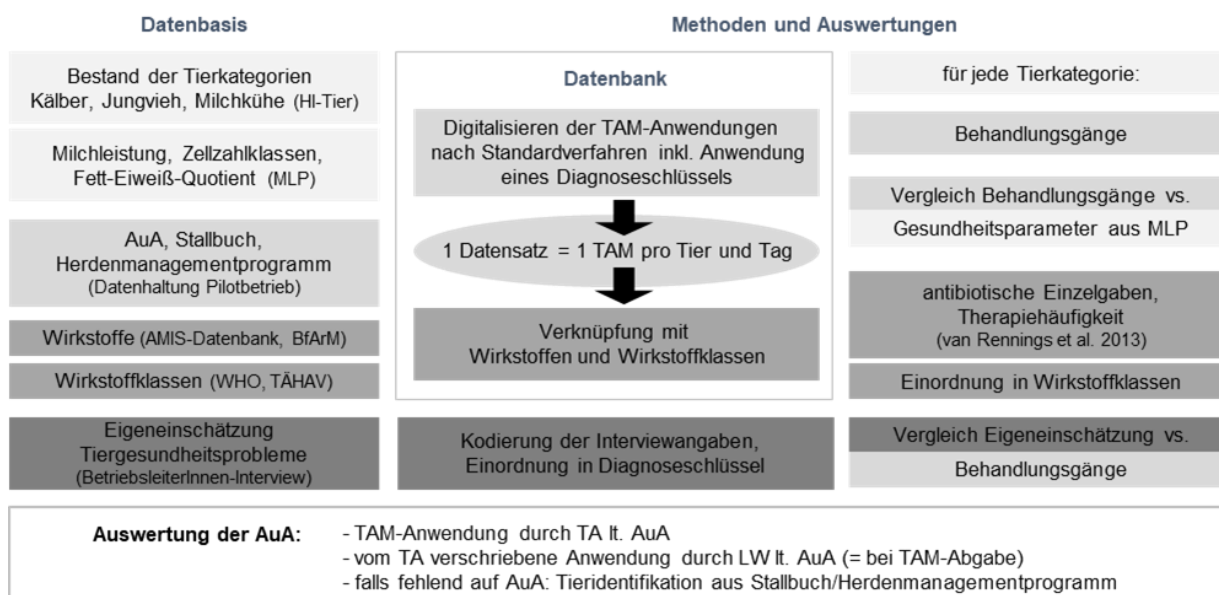
Nicht immer konnten alle benötigten Unterlagen direkt an den Tagen der Betriebsbesuche fotografiert werden. Auch konnten nicht immer alle Interviewfragen gestellt werden. In einigen Fällen war die Zeit

sehr knapp; dies war insbesondere in den Sommermonaten während der Getreide- und Grünlandernte der Fall, oder auch unter besonderen Umständen wie beispielsweise bei einem Stallneubau. In anderen Fällen waren nicht alle Unterlagen zur Hand. Zudem war das Milchjahr 2015 zum Zeitpunkt der Betriebsbesuche im Sommer 2015 noch nicht abgeschlossen. Die fehlenden und die nach den Betriebsbesuchen noch angefallenen Informationen wurden entweder während weiterer projektbezogener Betriebsbesuche von Kolleginnen und Kollegen erhoben, oder per Telefon, Telefax, Post oder E-Mail übermittelt. Der Aufwand, Informationen im Nachgang der Betriebsbesuche zu besorgen, war in Summe für alle Beteiligten zwar recht hoch, jedoch in den meisten Fällen erfolgreich.

Ein Pilotbetriebsleiter (k) entschied sich gegen die Teilnahme an den Auswertungen der Tierarzneimittelanwendungen, weshalb auch das Interview zur Tiergesundheit nicht erhoben wurde. Zwei Pilotbetriebe (1 ö, 1 k) mussten von den Auswertungen der Tierarzneimittelanwendungen ausgeschlossen werden, da keine validen Aussagen hätten getroffen werden können. In einem Fall waren sowohl die tierärztlichen Anwendungs- und Abgabebelege als auch die Stallbuchaufzeichnungen aufgrund zahlreicher Personalwechsel innerhalb des Betriebes nur sehr lückenhaft vorhanden. In einem anderen Fall waren zwar die Aufzeichnungen des Landwirtes zu Tierarzneimittelgaben sehr hochwertig. Allerdings enthielten die Anwendungs- und Abgabebelege zum großen Teil inhaltliche Logikfehler (beispielsweise war häufig bei abgegebenen Tierarzneimitteln die Abgabemenge für die angegebene Dosierung, Dauer der Anwendung und Anzahl der zu behandelnden Tiere deutlich zu gering), so dass eine sinnvolle Digitalisierung passend zur Fragestellung dieser Studie (d. h. die Charakterisierung der Tierarzneimittelanwendungen laut tierärztlichen Anwendungs- und Abgabebelegen) nicht möglich war.

Schließlich lagen die Daten zu Tierarzneimittelanwendungen von 35 Pilotbetrieben (19 ö, 16 k) vollständig vor, von diesen die Antworten des Tiergesundheitsinterviews von 33 Pilotbetrieben (17 ö, 16 k), und wiederum von diesen die Daten aus der Milchleistungsprüfung für 30 Pilotbetriebe (15 ö, 15 k). Insgesamt waren von 32 (17 ö, 15 k) der 35 Pilotbetriebe die Gesundheitsparameter (Zellzahlklassenbesetzung, Fett-Eiweiß-Quotienten) aus der Milchleistungsprüfung vorhanden. In den einzelnen Auswertungen sind daher unterschiedliche Anzahlen an Pilotbetrieben enthalten, die immer angegeben werden.

Abbildung 4.8-1 zeigt schematisch die Datenbasis, die Methodik und die Auswertungen, die für die Beschreibung der Tierarzneimittelanwendungen auf den Pilotbetrieben verwendet wurden.



Abkürzungen: AMIS = Anzeimittelinformationssystem, AuA = Anwendungs- und Abgabebelege, BfArM = Bundesamt für Arzneimittel und Medizinprodukte, HI-Tier = Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere, LW = Landwirt/in, MLP = Milchleistungsprüfung, WHO = World Health Organization, TÄHAV = Tierärztliche Hausapothekenverordnung, TAM = Tierarzneimittel, TA = Tierarzt/-ärztin

Abbildung 4.8-1: Schema von Datenbasis, Methoden und Auswertungen, die für die Beschreibung der Tierarzneimittelanwendungen auf den Pilotbetrieben verwendet wurden. Die verschiedenen Graustufen zeigen die Zugehörigkeit der Methoden und Auswertungen zu den jeweiligen Datenbasen. In Klammern: Quellen.

4.8.2.2 Tierkategorien nach HI-Tier

Für die Beschreibung der Tierarzneimittelanwendungen auf den Pilotbetrieben wurden die **drei Tierkategorien Kälber, Jungvieh und Milchkühe** verwendet, auf die die einzelnen Maßzahlen bezogen werden. Die jeweilige Anzahl der Tiere in den Tierkategorien wurden aus den Daten des Herkunftssicherungs- und Informationssystems für Tiere (kurz: HI-Tier oder auch HIT) errechnet. Es handelt sich jeweils um den tiertaggenauen Durchschnittsbestand (Berechnungsweise: siehe untenstehender Absatz zu den Kälbern) sowie zusätzlich für die Kälber um einen zweiten Wert: die Anzahl geborener Kälber. Die Anzahl geborener Kälber und der Durchschnittsbestand des Jungviehs und der Milchkühe wurde für alle Maßzahlen als Bezugsbasis verwendet. Bei den Behandlungsgängen (siehe Kapitel 4.8.2.5) der Kälber wurde zusätzlich der Durchschnittsbestand der Kälber als Bezugsbasis genutzt.

Bei den **Kälbern** wurden zwei Bezugstierzahlen verwendet. Für alle Maßzahlen ist dies die Summe der laut HI-Tier zugegangenen Kälber (männliche und weibliche) bis zu einem Alter von 14 Tagen (abgekürzt mit d in den Tabellen und Abbildungen). Dies entspricht im Milchjahr 2015 für alle Betriebe den mit Geburt zugegangenen Kälbern. In wenigen anderen Milchjahren, die für die Langzeitbetrachtung der Therapiehäufigkeit ausgewertet wurden, gab es bis zu zwei Pilotbetriebe (1 ö, 1 k), die einen sehr geringen Anteil von Kälbern (Durchschnittsalter rund 0,1 Tage) durch einzelne Zukäufe in der Gruppe bis 14 Tagen Alter hatten. Daher wird für diese Studie davon ausgegangen, dass die so errechnete Anzahl bei unseren Pilotbetrieben i.d.R. den geborenen Kälbern entspricht. Sie wird im Folgenden **geborene Kälber** oder auch **Kälber (≤ 14 d)** genannt. Zum anderen wurde für die erweiterte Betrachtung der Behandlungsgänge

(siehe Kapitel 4.8.2.5) neben den geborenen Kälbern auch die Anzahl der Kälber zwischen 1 und 180 Tagen Alter errechnet, auch genannt **Kälber (≤ 180 d)**. Hierbei handelt es sich um den tiertaggenauen Durchschnittsbestand eines Milchjahres 2015 (01.10.2014-30.09.2015). **Tiertaggenau** bedeutet, dass alle Lebensstage, die ein Tier einer Tierkategorie auf einem Betrieb verbringt, aufsummiert und dann durch 365 geteilt werden. Wenn also ein Bullenkalb im Alter von 14 Tagen den Betrieb verlässt, trägt es 0,038 Kälber zum Durchschnittsbestand der Kälber (≤ 180 d) des Jahres bei ($14 / 365 = 0,038$).

Für die **Verwendung von zwei Bezugstierzahlen bei den Kälbern** gibt es mehrere Gründe. Zum einen greifen andere Studien, die Erkrankungs- oder Behandlungshäufigkeiten behandeln, in der Regel auf die Anzahl geborener Kälber als Bezugszahl zurück; diese Zahl kann direkt aus den Jahresberichten der Milchleistungsprüfung entnommen werden. Für die Vergleichbarkeit mit anderen Studien wurden daher die geborenen Kälber (nach HI-Tier) verwendet. Zudem erscheint die Verwendung der geborenen Kälber eine grundsätzlich gute Bezugsbasis zu sein, da wahrscheinlich ein Großteil der Erkrankungen der Kälber auf Milchviehbetrieben in die Anfangszeit des Lebens fällt, und damit der Bezug auf die Anzahl geborener Kälber die Realität besser darstellt als der Bezug auf den Durchschnittsbestand bis zum 180. Lebenstag. Andererseits wird beispielsweise der Teil der antiparasitären Behandlungen, der Weideparasiten entgegengewirkt, erst nach mehreren Lebenswochen bzw. Lebensmonaten erfolgen. Auch die Enthornungen werden frühestens ab dem 14. Lebenstag durchgeführt. Für solche Fälle scheint wiederum der Durchschnittsbestand bis zum 180. Lebenstag die stimmigere Bezugsgröße zu sein. Daher wurde entschieden, in den Abbildungen zu den Behandlungsgängen (siehe Kapitel 4.8.2.5) bei den Kälbern die Ergebnisse für beide Bezugstierzahlen (Kälber-Durchschnittsbestand und Anzahl geborener Kälber) darzustellen. Somit wird zum einen die unterschiedliche absolute Höhe der Werte gezeigt, zum anderen die leicht andere Verteilung, die sich durch die Betriebe ergibt, die ihre Kälber länger auf ihren Betrieben halten. Bei allen anderen Maßzahlen werden ausschließlich die Ergebnisse mit den geborenen Kälbern als Bezugsbasis dargestellt.

Zur Tierkategorie **Jungvieh** gehören alle weiblichen Rinder ab dem 181. Lebenstag bis zum Tag vor der ersten Kalbung sowie alle männlichen Rinder ab dem 181. Lebenstag. Es handelt sich, wie bei den Kälbern beschrieben, um den tiertaggenauen Durchschnittsbestand des Milchjahres. Der Hintergrund für die Hinzunahme der männlichen Rinder eines Betriebs in die „Jungvieh“ genannte Tierkategorie liegt darin begründet, dass in den Anwendungs- und Abgabebelegen zwar recht zuverlässig die Tierkategorien „Kuh“ und „Kalb“ vom Tierarzt vergeben wurden, jedoch ansonsten meistens „Rind“ verwendet wurde. Das Geschlecht wurde nur in Ausnahmefällen vom Tierarzt mitvermerkt (z. B. in der Form „Kalb, w, von Kuh 123“). Da nicht auszuschließen ist, dass auch männliche „Rinder“ mit Tierarzneimitteln behandelt wurden, haben wir sie in dieser Tierkategorie Jungvieh mit hinzugezählt. Die Tierkategorie Jungvieh besteht zum weit überwiegenden Teil aus dem weiblichen Jungvieh zur Nachzucht. Die anteilmäßige Bedeutung von Individuen anderer Tiergruppen (wie Deckbullen, Jungbullen, Mastbullen) ist in der Regel bei den Pilotbetrieben gering, jedoch generell betriebsindividuell und zum Beispiel abhängig von der Anzahl gehaltener weiblicher Jungtiere zur Nachzucht und von ggf. weiteren vorhandenen Betriebszweigen neben der Milchviehhaltung.

Die **Milchkuh** wurde definiert als weibliches Rind ab dem Tag der ersten Kalbung nach den Daten aus HI-Tier (dies ist ein kleiner Unterschied zur Definition nach der Milchleistungsprüfung: dort gilt ein weibliches Rind ab dem Tag nach der ersten Kalbung als Milchkuh; bei einem Bestand von 100 Milchkühen, die im Milchjahr kalben, würde dieses 100 Tiertage und damit 0,27 Milchkühe im Durchschnittsbestand

ausmachen ($100 / 365 = 0,27$)). Auch bei den Milchkühen handelt sich um den tiertaggenauen Durchschnittsbestand des Milchjahres, wie bei den Kälbern genauer beschrieben.

4.8.2.3 Milchleistung, Zellzahlklassenbesetzung und Fett-Eiweiß-Quotienten aus der Milchleistungsprüfung

Die **Milchleistung** für das Milchjahr 2015 stammte aus den schriftlichen Jahresberichten (15 Pilotbetriebe, 10 ö, 5 k) oder den digitalen Monatsberichten (18 Pilotbetriebe, 8 ö, 10 k) der Milchleistungsprüfung (abgekürzt mit MLP in den Abbildungen und Tabellen), oder die Milchmenge wurde auf dem Betrieb selbst erhoben (zwei Pilotbetriebe, jeweils einer ö und k, die nicht an der MLP teilnahmen). Die schriftlichen Jahresberichte der Milchleistungsprüfung wurden während der Betriebsbesuche fotografiert und daraus die jährliche Herdendurchschnittsleistung (Milchmenge (kg), Fett (%), Eiweiß (%)) digitalisiert. Aus den digitalen Monatsberichten, die dem Projekt im ads-Format von den zuständigen Landeskontrollverbänden zur Verfügung gestellt wurden, wurde mit einer Routineberechnung mit dem Programm ITB (Integrierte Tierärztliche Bestandsbetreuung von dsp-Agrosoft GmbH) die Jahresmilchleistung ermittelt. Für die Milchjahre 2008 bis 2014 sowie 2016, die für die Therapiehäufigkeit zusätzlich zu 2015 ausgewertet wurden, wurde für 13 Pilotbetriebe (7 ö, 6 k) die Milchleistung den schriftlichen Jahresberichten entnommen.

Die **energiekorrigierte Milchmenge** (*energy corrected milk*, im Folgenden abgekürzt mit **ECM**) wurde nach der Formel der GfE (2001) errechnet:

$$\text{ECM (kg)} = \text{Milch kg} \times (0,38 \times \text{Fett \%} + 0,21 \times \text{Eiweiß \%} + 1,05) / 3,28$$

Die Milchmengen der beiden Pilotbetriebe, die nicht an der Milchleistungsprüfung teilnahmen, konnten wegen fehlender Fett- und Eiweißgehalte nicht energiekorrigiert werden und gehen daher unkorrigiert in die Berechnungen ein.

Die **Zellzahlklassenbesetzungen und Fett-Eiweiß-Quotienten** wurden aus den digitalen Monatsberichten der Milchleistungsprüfung mittels einer Routineberechnung mit dem Programm ITB entnommen. Für einen Pilotbetrieb (ö) waren die Daten unvollständig, so dass letztlich Daten von 32 Pilotbetrieben (17 ö, 15 k) ausgewertet wurden. Die grobe Einteilung der Eutergesundheit erfolgte nach Zellzahlbefunden. Für die Zellzahlklassenbesetzung wurde nach DLQ-Richtlinie 1.15 (2014) der Anteil Milchkühe mit ≤ 100.000 somatischen Zellen ml^{-1} Milch im Prüfgemelk als eutergesund definiert, der darüber liegende Anteil als an unspezifischer Mastitis (da ohne Erregernachweis, DVG, 1994) erkrankt. Informationen über die Mastitis verursachenden Pathogene lagen nicht vor, die jedoch in Form von individuellen bakteriologischen Untersuchungen für eine differenzierte Einteilung der Eutergesundheitsdaten erforderlich wären (Barth et al., 2011). Zusätzlich wurde der Anteil Milchkühe mit > 400.000 Zellen ml^{-1} Milch berechnet (= Anteil euterkrankte Kühe, die die Lieferfähigkeit der Milch gefährden). Nach Milchgüte-Verordnung (1993) stellt dieser Grenzwert die lebensmittelhygienische Mindestanforderung an Rohmilch dar und es würde zu Abzügen beim Milchgeld führen, wenn die Tankmilch diesen Wert überschreitet.

Die **Fett-Eiweiß-Quotienten** (abgekürzt mit FEQ) dienen als Indikator für den Verdacht auf Energiemangel (Anteil Milchkühe in den ersten 100 Laktationstagen mit $FEQ \geq 1,5$) bzw. auf eine zu geringe Rohfaserversorgung (Anteil Milchkühe an allen laktierenden Milchkühen mit $FEQ < 1$).

4.8.2.4 Tierarzneimittelanwendungen nach tierärztlichen Anwendungs- und Abgabebelegen – Digitalisierung und anschließende Verknüpfung mit weiteren Daten

Für die Auswertung der Tierarzneimittelanwendungen wurden in dieser Studie Informationen der tierärztlichen Anwendungs- und Abgabebelege verwendet (siehe untenstehende Aufzählung). Die Verordnung über tierärztliche Hausapotheken (TÄHAV, 2009) detailliert in §13 die Inhalte dieser Belege, wie sie bis zum Inkrafttreten der neuen TÄHAV (2018) vorgeschrieben waren, was den in dieser Studie betrachteten Zeitraum abdeckt.

Nicht digitalisiert wurden Chargennummern von Medikamenten, Ausstellungsdatum des Belegs und Namen und Adressen der Tierhalter und Tierarztpraxen.

Aus den Aufzeichnungen der Landwirtinnen und Landwirte wurde ausschließlich die Tieridentität entnommen, und zwar nur dann, wenn diese auf dem Anwendungs- und Abgabebeleg fehlte. Andere Informationen, die unter Umständen in den Notizen der Landwirtinnen und Landwirte vorkamen, gingen nicht in die Auswertungen ein; auch dann nicht, wenn diese von den Angaben auf dem Anwendungs- und Abgabebeleg abwichen (wie Dosierung, Behandlungsdauer, Behandlungsdatum, Tieridentität).

Das **Digitalisieren** der Fotos der tierärztlichen Anwendungs- und Abgabebelege und der Stallbücher sowie die Übertragung von Einträgen in den Herdenmanagement-Programmen folgte einem im Projektverlauf erstellten Standardverfahren unter Nutzung von MS Excel und Access.

Ziel war es, jeweils einen Datensatz mit einem Tierarzneimittel pro Tier und Tag zu erstellen. Jeder Datensatz sollte folgende Informationen enthalten:

- das Behandlungsdatum und die Nummer des Behandlungstags (beginnend bei 1),
- den genauen Namen des Tierarzneimittels,
- die am Tag insgesamt angewendete Menge (= Dosis) des Tierarzneimittels,
- die Diagnose, sofern vermerkt oder eindeutig aus dem Tierarzneimittel ableitbar,
- die Tierkategorie (Kalb, Jungvieh oder Milchkuh, siehe Kapitel 4.5.2.2, Tierkategorien), und
- nach Möglichkeit das Tierindividuum (durch Ohrmarken- oder Halsbandnummer, Name o. ä.).

Als **Behandlungsdatum** wurde für die tierärztlichen Behandlungen das Datum eingetragen, das für diese im Anwendungs- und Abgabebeleg vermerkt war; war keines vermerkt, wurde das Datum, an dem der Anwendungs- und Abgabebeleg ausgestellt wurde, verwendet. Die **Nummer des Behandlungstags** lautete in diesen Fällen 1. Ebenso wurde bei Abgaben von Tierarzneimitteln zur Behandlung durch die Landwirtinnen und Landwirte verfahren (d. h. wenn die Behandlung von der Landwirtin oder dem Landwirt begonnen wurde). Wurden Tierarzneimittel zur Weiterbehandlung abgegeben (d. h. wurde die tierärztlich begonnene Behandlung von der Landwirtin oder dem Landwirt fortgeführt), war Behandlungsdatum das Datum nach dem Datum, das auf dem Anwendungs- und Abgabebeleg eingetragen war, und die Nummer

des Behandlungstags lautete 2. Ausnahmen kamen in seltenen Fällen vor, wenn auf dem Beleg explizit anderes vermerkt war; dies wurde dann genau so digitalisiert.

Der **genaue Name des Tierarzneimittels**, wenn dieser nicht exakt auf dem Anwendungs- und Abgabebelig vermerkt war, sondern als Abkürzung oder Verkürzung, wurde mithilfe der Informationsplattform VETIDATA (Veterinärmedizinischer Informationsdienst für Arzneimittelanwendung, Toxikologie und Arzneimittelrecht, Universität Leipzig, mit den Inhalten zwischen 2013 und 2021) und der AMIS-Datenbank (Arzneimittel-Informationssystem, BfArM, 2016; siehe unten bei „Verknüpfungen mit weiterführenden Informationen“) ermittelt.

Die **Dosis des am Tag verabreichten Tierarzneimittels** war in der überwiegenden Anzahl der Fälle direkt auf dem Anwendungs- und Abgabebelig vermerkt (z. B. als „1 x 50 ml“) und wurde so übernommen. In vielen Fällen der Tierarzneimittelabgabe gab es auch Dosierungsangaben wie „2 ml pro 50 kg KGW“ (Körpergewicht) anstelle der Dosis. Zur Ermittlung der in so einem Fall vermutlich verwendeten Dosis wurden die Gewichte von 75 kg KGW beim Kalb und 650 kg bei der Milchkuh zugrunde gelegt (beim Jungvieh kamen keine solche Fälle vor), es sei denn, typischerweise wurde in allen anderen gleichgelagerten Fällen (Gabe desselben Tierarzneimittels bei derselben Indikation und Tierkategorie auf demselben Pilotbetrieb) eine alternative Dosis verabreicht; dann wurde diese in den Datensatz eingetragen.

Die **Diagnose** war normalerweise auf den Abgabe- und Anwendungsbelegen vermerkt (Details siehe Kapitel 4.8.2.5, Behandlungsgänge) oder eindeutig aus dem Tierarzneimittel ableitbar. Beispielsweise ergaben Injektoren zur Behandlung von Mastitis die Diagnose „Mastitis“, auch, wenn diese Diagnose nicht im Beleg vermerkt war. So wurde auch bei antimikrobiell wirksamen Trockenstellinjektoren oder Zitzenversiegeln vorgegangen, da beides nur zum „Trockenstellen“ angewendet wird. In wenigen Fällen konnten nur übergeordnete Diagnosen vergeben werden, wie beispielsweise „Puerperium Sonstige“, wenn Uterusschaumtabletten ohne Diagnose verabreicht wurden, diese aber in verschiedenen nachgeburtlichen Problemlagen wie Nachgeburtsverhaltung oder Gebärmutterentzündung zum Einsatz kommen können. Neben echten Diagnosen, die Krankheiten benennen, wurden, wenn diese so im Beleg vermerkt waren, auch Angaben zu Symptomen („Fieber“) oder Angaben zum Behandlungsgrund („Enthornung“) als Diagnose digitalisiert.

Die **Tierkategorie** war in den meisten Fällen auf den Anwendungs- und Abgabebelügen notiert. Wenn nicht, konnte sie meist aus dem Tierarzneimittel (durch die Zulassung für nur eine einzelne Tierkategorie, oder dadurch, dass ein Tierarzneimittel typischerweise nur für eine Krankheit verwendet wird, die nur Milchkühe trifft, wie Uterusschaumtabletten zur Behandlung von nachgeburtlich auftretenden Entzündungen der Gebärmutter) oder seiner Dosierung (niedrige Dosierung für Kälber) oder aus der Diagnose (z. B. Nachgeburtsverhaltung, die nur bei Milchkühen auftritt) abgeleitet werden. War dies in sehr seltenen Fällen nicht möglich, wurde eine solche Behandlung der Tierkategorie Jungvieh zugerechnet.

Nicht in jedem Fall wurde das behandelte oder zu behandelnde **Tierindividuum** (durch Ohrmarkennummer, Halsbandnummer o.ä.) tierärztlicherseits dokumentiert. Im Milchjahr 2015 dokumentierten die Tierärztinnen und Tierärzte für 17 Pilotbetriebe (10 ö, 7 k) immer die genaue Identität der behandelten und zu behandelnden Tiere in den Anwendungs- und Abgabebelügen, für 15 Betriebe (8 ö, 7 k) meistens und für drei Betriebe (1 ö, 2 k) niemals. Gab es weder in den Anwendungs- und Abgabebelügen noch in den Aufzeichnungen der Landwirtinnen und Landwirte Informationen zu Tierindividuen, wurde eine für den

einzelnen Betrieb fortlaufende Nummer für die einzelnen behandelten Tiere vergeben. Dies war notwendig für die Bestimmung der durchgeführten Behandlungsgänge (siehe Kapitel 4.8.2.5). Dadurch wurde in den Fällen, in denen erkennbar mehrere Tierarzneimittel demselben nicht identifizierten Tier verabreicht oder verschrieben wurden, verhindert, dass jedes Tierarzneimittel zu einem einzelnen Behandlungsgang wurde und damit die Anteile behandelter Tiere höher lagen als es den Angaben entsprach.

Mit den digitalisierten Tierarzneimittelanwendungen erfolgten **Verknüpfungen mit weiterführenden Informationen**. Die Verknüpfungen wurden in MS Access realisiert.

Informationen zu **Wirkstoffmengen** in Tierarzneimitteln stammen aus dem Arzneimittelinformationssystem AMIS (BfArM, 2016). Der uns vom Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) zur Verfügung gestellte Auszug der AMIS-Datenbank enthielt alle für Rinder im Jahr 2015 zugelassenen Tierarzneimittel. Er wurde dem Projekt als MS Word-Datei zugestellt und von uns in eine in MS Access nutzbare Form überführt.

Zudem erfolgten Verknüpfungen mit Informationen zur Zugehörigkeit eines antimikrobiellen Wirkstoffs zu **Wirkstoffklassen** innerhalb der Klassifizierungen **nach World Health Organization** (WHO, 2016; WHO, 2017), **nach der Verordnung über tierärztliche Hausapotheken** (TÄHAV 2018) und nach *World Organisation for Animal Health* (OIE, 2015). Die Klassifizierungen dienen der Eindämmung von Resistenzbildungen gegen antimikrobielle Wirkstoffe. Sie werden am Anfang der jeweiligen Ergebnisabschnitte skizziert.

4.8.2.5 Ermittlung der Behandlungsgänge (BG)

Ein Behandlungsgang (BG, engl. *treatment course* nach Artikel 2(h) der Durchführungsverordnung (Verordnung (EG) Nr. 889/2008) umfasst den Zeitraum ab der ersten Behandlung mit ggf. mehreren Tierarzneimitteln an einem oder mehreren Tagen bis (normalerweise) zum Ende eines Krankheitskomplexes eines Tieres (Arbeitsgemeinschaft ökologischer Landbau, 2001, aus Koopmann, 2005). „Diese Aussage ist auf dasselbe Erkrankungsbild/dieselbe Diagnose zu beziehen“ (Striezel, 2000, aus Koopmann, 2005). Häufiger wird in der Literatur auch von der „Behandlung“ als Maßzahl zur Beschreibung des Tierarzneimitelesatzes gesprochen, wobei dann sowohl die einzelne Verabreichung eines Tierarzneimittels gemeint sein kann als auch der oben beschriebene Behandlungsgang (so beispielsweise bei van Rennings, 2013). Damit klar ist, was gemeint ist, wurde für diese Studie durchgängig der Begriff Behandlungsgang gewählt. Er charakterisiert in dieser Studie das vergangene Behandlungsgeschehen auf den Pilotbetrieben anhand von Diagnosen. Daher unterscheiden sich die Parameter, die in die Berechnung der Behandlungsgänge eingehen, etwas von denen, die in der Berechnung einer epidemiologisch definierten Inzidenz angewendet werden (Bonita et al. 2008, Kreienbrock et al., 2012, vergleiche Kapitel 4.8.3.4, Digitalisierung, am Ende). Mit den Daten aus den tierärztlichen Anwendungs- und Abgabebelegen wurde unter Umständen nicht für jeden Pilotbetrieb das Krankheitsgeschehen auf den Pilotbetrieben beschrieben, aber relativ sicher das Behandlungsgeschehen.

Die Behandlungsgänge wurden pro Tierkategorie nach Diagnosen zusammengefasst und auch insgesamt aufsummiert. Die Zusammenfassung der einzelnen Diagnosen zu übergeordneten Begriffen erfolgte im Rahmen eines einfachen Diagnoseschlüssels (siehe unten bei Stichwort „Diagnoseschlüssel“).

Die Behandlungsgänge wurden auf die tiertaggenaue durchschnittliche Bestandsgröße der Tierkategorien Kalb, Jungvieh oder Milchkuh sowie auf die geborenen Kälber bezogen; sie werden gezeigt als prozentualer Anteil behandelter Tiere am Durchschnittsbestand bzw. an den geborenen Kälbern (Ermittlung der Tierzahlen im Kapitel 4.8.2.2, Tierkategorien). Der Rechenweg, hier am Beispiel der Behandlungsgänge mit Diagnose (Dia) Mastitis bei den Milchkühen dargestellt, ist wie folgt:

$$\text{Anteil behandelter Milchkühe (\%)} = \frac{\text{Anzahl BG}_{\text{Dia Mastitis TierKat Milchkuh im MJ 2015}}}{\text{Durchschnittskuhzahl im MJ 2015}} \times 100$$

In den Ergebnissen dargestellt sind

- Behandlungsgänge mit Tierarzneimitteln mit Wartezeit (z. B. Antibiotika, Schmerzmittel, die meisten Antiparasitika) oder ohne Wartezeit (z. B. einige Antiparasitika, die in Weideohrclips enthalten sind, Hormone wie Oxytocin) und
- Behandlungsgänge, die zwar ausschließlich Glucose, Vitamine und/oder Mineralstoffe enthielten die aber eindeutig Stoffwechselerkrankungen der Milchkühe (insbesondere Gebärpause und Ketose) zugeordnet werden konnten.

Behandlungsgänge, die ausschließlich Glucose, Vitamine, Mineralstoffe und/oder homöopathische Tierarzneimittel enthielten und nicht zum zweiten Unterpunkt gehörten, werden nicht gezeigt.

Die Rezidivfälle (das sind Rückfälle nach einem erscheinungsfreien Zeitraum) wurden in dieser Studie grundsätzlich als eigener Behandlungsgang miterfasst, unabhängig von ihrem zeitlichen Abstand zur Ersterkrankung. Dies ist analog zum Vorgehen, das in den Leitlinien des Bundesverbandes praktizierender Tierärzte (BPT, 2011) für Mastitisfälle beschrieben wurde, aber abweichend von anderen Studien. So zählten beispielsweise Barth et al., (2011), bei denen deutschlandweit in 106 biologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieben die Tierarzneimittelanwendungen untersucht wurden, die Wiederholungsfälle innerhalb von sieben Tagen nicht mit. Bei den von uns betrachteten Betrieben und Zeiträumen trat aber nur eine sehr geringe Fallzahl an Rezidiverkrankungen im Zeitraum von weniger als sieben Tagen auf.

Es existierte keine Möglichkeit, mittels eines Rechenweges oder eines Datenbankauszuges automatisiert die Behandlungsgänge zu ermitteln. Sie sind im Nachhinein aus einem Datenbankauszug händisch nach einem dafür entwickelten Standardverfahren erstellt worden. Die größte Schwierigkeit hierbei lag darin, dass viele Tierärzte jeweils eine einzelne Diagnose für jedes einzelne Tierarzneimittel notierten (anstelle ein und derselben Diagnose für alle für eine Erkrankung verwendeten Medikamente). Dies waren in der Regel Tierärzte, die mit digital erstellten Anwendungs- und Abgabebelegen arbeiteten und anscheinend gewisse Möglichkeiten der Voreinstellung in ihren Computerprogrammen nutzten. Insgesamt handelte es sich um elf Pilotbetriebe (5 ö, 6 k), auf denen die Tierärzte grundsätzlich einzelne Diagnosen für die einzelnen Tierarzneimittel verwendeten, sowie drei weitere (3 ö), bei denen dies gelegentlich der Fall war.

Die Ermittlung der Diagnosen der Behandlungsgänge erfolgte sowohl für ein- als auch mehrtägige Behandlungen nach folgendem Muster:

- ein Tierarzneimittel, eine Diagnose = diese Diagnose für den Behandlungsgang;
- mehrere Tierarzneimittel, jeweils gleiche Diagnose = diese Diagnose für den Behandlungsgang;
- mehrere Tierarzneimittel, unterschiedliche Diagnosen = mehrere Möglichkeiten:
 - (a) die hauptsächliche Diagnose anhand der Tierarzneimittel ausgewählt (Beispiel: Mastitisinjektoren und Schmerzmittel mit Diagnosen Mastitis und Fiebersenkung ergaben einen Behandlungsgang mit der Diagnose Mastitis)
 - (b) zwei (oder, in Einzelfällen, drei) hauptsächliche Diagnosen anhand der Tierarzneimittel ausgewählt, wenn ein Tier zeitgleich Tierarzneimittel erhielt, die eindeutig zu verschiedenen Erkrankungskomplexen gehören (Beispiel: Mastitisinjektoren und Uterusstäbe mit Diagnosen Mastitis und Metritis ergaben zwei Behandlungsgänge mit den Diagnosen Mastitis und Metritis)
 - (c) zwei (oder, in Einzelfällen, drei) hauptsächliche Diagnosen anhand der Tierarzneimittel ausgewählt, wenn ein Tier im Verlauf der Behandlung verschiedene Tierarzneimittel erhielt, die eindeutig zu verschiedenen Erkrankungskomplexen gehören (Beispiel: am ersten Behandlungstag Mastitisinjektoren, am zweiten Behandlungstag ebenfalls noch Mastitisinjektoren und dazu Uterusstäbe ergaben zwei Behandlungsgänge mit den Diagnosen Mastitis und Metritis mit verschiedenen Startterminen)

Zu Darstellungszwecken wurde die genaue Diagnose des Anwendungs- und Abgabebeleges in einen **Diagnoseschlüssel** mit zwei Gliederungsebenen eingeordnet (siehe im Kapitel 4.8.3 Tabelle 4.8-2 für die Kälber, Tabelle 4.8-5 für das Jungvieh und Tabelle 4.8-6 für die Milchkühe), der sich am vereinfachten Schlüssel nach GKUHplus (vit, 2015) orientierte. In den Ergebnissen wird in den entsprechenden Abbildungen die obere Gliederungsebene dargestellt, in den Tabellen zu den Behandlungsgängen die untere, detailliertere.

Die Summen der Anteile behandelter Kälber wurden im Folgenden jeweils mit und ohne die Behandlungsgänge der Enthornungen dargestellt. Hintergrund ist, dass es sich hierbei um die Behandlung eines gezielten Eingriffes handelt, während bei allen anderen Behandlungen ein Erkrankungsgeschehen zugrunde liegt.

Bei den Milchkühen ist es in gewissem Rahmen möglich, prophylaktische (vorbeugend gegen die Ersterkrankung) oder metaphylaktische (vorbeugend gegen eine wahrscheinlich stattgefundene Infektion in der Inkubation oder gegen ein Rezidiv) Behandlungen auszuweisen. Als Prophylaxe von Euterentzündungen wurde in diesem Bericht die ausschließliche Gabe von Zitzenversiegler (d. h. ohne antibiotisches Trockenstellen) gewertet. Als eine Metaphylaxe von Stoffwechselstörungen wurde es gewertet, wenn

- dies so als Diagnose auf dem Anwendungs- und Abgabe-Beleg angegeben war,
- die tierärztlich verschriebene Verabreichung von Kalzium-Boli genau dem Schema der Gebärpause-Vorbeugung entsprach, auch, wenn die Diagnose nicht Gebärpause-Metaphylaxe oder vergleichbar lautete (neben dem Einsatz zur Vorbeuge können Kalzium-Boli auch zur begleitenden Behandlung einer Gebärpause eingesetzt werden, wobei dann ein anderes Schema verwendet wird),
- das Medikament Kexxtone® verabreicht oder verschrieben wurde, das in Deutschland ausschließlich mit der Indikation der Ketoseprävention bei Milchkühen zugelassen ist.

Daher erfolgt bei den Abbildungen und Tabellen der Behandlungsgänge bei den Milchkühen die Darstellung der Summen der Anteile behandelter Milchkühe jeweils mit und ohne Pro-/Metaphylaxen.

4.8.2.6 Berechnung der antibiotischen Einzelgaben (AB EG) und der Therapiehäufigkeit (TH)

Die Einzelgabe von antibiotischen Wirkstoffen ist die Behandlung mit einem Wirkstoff an einem Tag. Die **antibiotischen Einzelgaben (AB EG)** werden benötigt, um die Therapiehäufigkeit (siehe unten) pro Tier in den einzelnen Tierkategorien zu ermitteln.

Häufig wird die Begrifflichkeit der antibiotischen Einzelgaben gleichgesetzt mit der sogenannten *number of Used Daily Doses* (nUDD), die die Anzahl der verabreichten täglichen Dosen eines Wirkstoffes beschreibt. In diesem Bericht wird von den Informationen ausgegangen, die von den Anwendungs- und Abgabebelegen kommen, weshalb es sich genaugenommen nicht um verabreichte antibiotische Einzelgaben, sondern um eine Mischung aus von den Tierärztinnen und Tierärzten verabreichten und von den Tierärztinnen und Tierärzten (zur Weiterbehandlung durch die Landwirtinnen und Landwirte) verschriebenen antibiotischen Einzelgaben handelt. Analog zu van Rennings et al. (2013) wird in diesem Bericht die Anzahl der verwendeten antibiotischen Einzelgaben *number of Prescribed Daily Doses* (nPDD) genannt. Das Gegenstück nUDD wird hier nicht aufgeführt; es würde sich zusammensetzen aus den tierärztlich verabreichten antibiotischen Einzelgaben von den Anwendungs- und Abgabebelegen und den von den Landwirtinnen und Landwirten verabreichten antibiotischen Einzelgaben, wie sie im Stallbuch bzw. Herdenmanagementprogramm festgehalten wurden.

Für die Ermittlung der antibiotischen Einzelgaben wurde jeder Datensatz der Datenbank, der ein antimikrobiell wirkendes Tierarzneimittel enthielt, pro Milchjahr und Tierkategorie gezählt; dabei wurden Datensätze, deren Tierarzneimittel mehrere Wirkstoffe enthielten, entsprechend vervielfacht. Dieses Muster wurde dabei angewendet:

- ein Tierarzneimittel mit einem Wirkstoff, ein Tag lang: eine AB EG;
- ein Tierarzneimittel mit einem Wirkstoff, mehrmals am Tag, ein Tag lang: eine AB EG;
- ein Tierarzneimittel mit einem Wirkstoff, zwei Tage lang: zwei AB EG;
- ein Tierarzneimittel mit zwei Wirkstoffen, ein Tag lang: zwei AB EG.

Pro Betrieb, Tierkategorie (TierKat) und Milchjahr ergab dies die Summe der antibiotischen Einzelgaben:

$$\Sigma_{\text{ABEG TierKat}} = \text{Anzahl behandelte}^{*1} \text{ Tiere}_{\text{TierKat}} \times \text{Anzahl Anwendungstage} \times \text{Anzahl Wirkstoffe}$$

*1 Summe der von Tierärztinnen und Tierärzten selbst behandelten Tiere und der Tiere, die von Landwirtinnen und Landwirten gemäß Verschreibung der Tierärztinnen und Tierärzte behandelt wurden

Zwei Wirkstoffe sind in den Auswertungen der antibiotischen Einzelgaben nicht enthalten. Dies ist zum einen der zu den Ionophoren gehörige, antimikrobielle Wirkstoff **Monensin** (Tierarzneimittel Kexxtone®), der ausschließlich für die Indikation der Ketoseprävention zugelassen ist und ursprünglich nicht mit Resistenzbildungen in Verbindung gebracht wurde (EMA, 2012). Monensin wurde im Milchjahr 2015 auf nur einem konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieb bei 170 Milchkühen (46 % der Herde) eingesetzt. In den Behandlungsgängen sind diese Datensätze als Ketose-Metaphylaxe unter dem Oberbegriff Stoffwechselstörungen-Metaphylaxe enthalten. Zum anderen ist **Clavulansäure** nicht als separater Wirkstoff in

den antibiotischen Einzelgaben enthalten. Clavulansäure hat selbst keine klinisch bedeutsame antimikrobielle Wirkung, sondern wird immer in Kombination mit dem antimikrobiell wirkenden Amoxicillin (ein Penicillin) eingesetzt, um bakterielle Betalaktamasen zu stören, die ansonsten das Amoxicillin inaktivieren könnten. Im Milchjahr 2015 wurden insgesamt 113 Gaben Clavulansäure auf zehn Pilotbetrieben (3 ö, 7 k) verabreicht.

Die **Therapiehäufigkeit (TH)** ist die Summe der Einzelgaben von antibiotischen Wirkstoffen in einem bestimmten Zeitraum bezogen auf die Tieranzahl in einer definierten Tiergruppe. Sie benennt die Anzahl von Tagen, die ein Tier des betrachteten Bestandes innerhalb der betrachteten Zeiteinheit mit einem antimikrobiellen Wirkstoff behandelt wurde und gehört damit zu den Maßzahlen, die zur Beschreibung des Verbrauchs an antimikrobiellen Tierarzneimitteln angewendet werden (Hemme et al., 2017; Merle et al., 2013; van Rennings et al., 2013). Diese Therapiehäufigkeit ist damit nicht deckungsgleich mit der des Arzneimittelgesetzes (AMG, 2014), die mit Wirk- und Intervalltagen von Antimikrobiotika arbeitet. In diesem Bericht wurde jeweils ein Milchjahr (MJ) als zeitlicher Bezugsrahmen verwendet. Für die Tierkategorien waren der tiertaggenaue Durchschnittsbestand (Milchkühe, Jungvieh) bzw. die Summe der zugegangenen Kälber (≤ 14 Tage) die Bezugsgrößen (siehe Kapitel 4.8.2.2, Tierkategorien).

Der Rechenweg für die Therapiehäufigkeit pro Tierkategorie für das Milchjahr 2015 ist wie folgt:

$$TH_{\text{TierKat}} (\text{Tage}) = \frac{\Sigma_{\text{ABEG TierKat}} \text{ im MJ 2015}}{\text{Durchschnittstierzahl}_{\text{TierKat}} \text{ im MJ 2015}}$$

Die Therapiehäufigkeiten wurden im Ergebnisteil nach ihrer Verteilung auf Kategorien mit Bedeutung für die Human- und Tiermedizin dargestellt, sowie nach ihrer Verteilung auf Anwendungsarten und Diagnosen. Auf einer Auswahl von 13 Pilotbetrieben wurden zudem die Therapiehäufigkeiten für unterschiedlich lange Zeiträume zwischen 2008 und 2016 berechnet. (e) die verwendeten Mengen antimikrobiell wirksamer Stoffe pro 1.000 kg Milch (energiekorrigiert). Zudem sollte (f) mittels einer Auswahl von 13 Pilotbetrieben ein kleiner Einblick in die Entwicklung der Therapiehäufigkeiten über die Zeit gegeben werden.

4.8.2.7 Produktbezogene Wirkstoffmengen nach Anwendungsart

Um den insgesamt auf den einzelnen Pilotbetrieben von allen der Milchproduktion zugehörigen Tieren angewendeten Wirkstoffmengen einen Produktbezug auf die produzierte Milch zu geben, wurde pro Betrieb die Summe der Wirkstoffmengen (mg) pro Anwendungsart gebildet, die die drei Tierkategorien Kälber, Jungvieh und Milchkühe bekamen. Diese Summe wurde zuerst geteilt durch die Anzahl der Kühe des Betriebes (mg pro Kuh) und danach geteilt durch die produzierten kg ECM (mg pro kg ECM). Da die Ergebnisse in dieser Form relativ niedrig und deshalb schwieriger darzustellen waren, wurde noch eine Multiplikation mit 1.000 vorgenommen (mg pro 1.000 kg ECM).

4.8.2.8 Betriebsleitenden-Interview zur Tiergesundheit

Analog zur Datenerhebung nach Welfare Quality® (siehe Kapitel 4.7) führten zwei Interviewerinnen und ein Interviewer die Befragung der Betriebsleitenden im Rahmen der Sommererhebung 2015 durch. Die hier ausgewertete Frage lautete **„Welches waren / sind die 3 wichtigsten Gesundheitsprobleme auf dem Betrieb in den letzten 12 Monaten [vor dem heutigen Datum] für Milchkühe, Jungvieh und Tränkekälber?“**. Es liegen Antworten für 33 Pilotbetriebe (17 ö, 16 k) vor. Der Bezugszeitraum der Befragung (d. h. die 12 Monate vor dem Interview) lag zwischen dem 14.07.2014 und dem 01.10.2015 und umfasste auch den Auswertezeitraum der tierärztlichen Anwendungs- und Abgabebelege (Milchjahr 2015: 01.10.2014 bis 30.09.2015).

Nach der Digitalisierung der Antworten des Interviews wurden diese kodiert und den Diagnosen aus den Behandlungsgängen (Kapitel 4.8.2.5, Behandlungsgänge) zugeordnet. Die Antworten für die Tierkategorien wurden in zwei Gruppen „Problem geäußert“ und „kein Problem geäußert“ eingeteilt. Innerhalb dieser Gruppen wurden die einzelnen Pilotbetriebe nach der Zugehörigkeit zum landwirtschaftlichen System (ökologisch bzw. konventionell wirtschaftend) und nach dem prozentualen Anteil behandelter Tiere sortiert dargestellt.

Eine Besonderheit in der Kodierung und Zusammenfassung findet sich bei den Kälbern: Im Interview wurden häufig Durchfallerkrankungen als Problem angegeben, seltener Kryptosporidiosen. Eine Kryptosporidiose ist eine Erkrankung mit Kryptosporidien, die zu den Parasiten gehören und Durchfall verursachen. Von den Interviewten wurde oft das wahrnehmbare Problem (hier: Durchfall) anstelle der Ursache angegeben (bei Durchfall könnten dies Parasiten, Viren oder Bakterien sein; im Anwendungs- und Abgabebeleg könnte dann beispielsweise als Diagnose Durchfall angegeben sein und als Medikament Halocur®, so dass eindeutig wäre, dass sich die Behandlung gegen Kryptosporidien richtet). Daher wurden für die Auswertung der Interviews die Kryptosporidiosen zu den Durchfallerkrankungen gezählt und nicht zu den Parasitosen. Entsprechend wurden die Behandlungsgänge für die Darstellungen zum Interview zusammengefasst. Bei allen anderen Auswertungen wie z. B. den Behandlungsgängen wurden die Kryptosporidiosen dagegen nicht den Durchfallerkrankungen, sondern den Parasitosen zugeordnet.

4.8.2.9 Deskriptive Statistik

Mit Ausnahme der Milchleistung (vergl. Schulz et al., 2020) waren die in diesem Berichtsteil dargestellten Daten nicht normalverteilt (getestet mit JMP 14, Shapiro Wilk Test). Wenn dies der Fall war, werden die Mediane (M in den Abbildungen und Tabellen) und ggf. auch Minimum (Min), erstes Quartil (Q1), drittes Quartil (Q3) und Maximum (Max) gezeigt und diskutiert. Um eine Idee von der Verteilung der Daten zu vermitteln, werden auch die Mittelwerte und Standardabweichungen in den Tabellen zu den Behandlungsgängen gezeigt. Zudem werden die Mittelwerte als Kreuz in den Boxplots angezeigt. Allerdings werden die Mittelwerte nicht weiter thematisiert, da die Datenverteilung auf Basis dieser Kenngröße keine solide Dateninterpretation zulässt.

Die Werte für die deskriptive Statistik wurden mit MS Excel ermittelt (Berechnung des Medians: =QUARTILE(Matrix;2); ebenso für die anderen Quartile). Auch die Boxplots im Ergebnisteil wurden mit MS Excel erstellt (Einstellung: inklusiver Median; Strich in der Box steht für den Median, Kreuz für den Mittelwert).

Die Verteilung der Daten führte häufig dazu, dass der Minimalwert, das erste Quartil und der Median eines Boxplots auf der Null-Linie liegen, und nur das dritte Quartil oder teils nur Maximalwert und ggf. die Ausreißer ungleich Null sind. Analog steht beim Median in vielen Tabellen eine Null.

Zur Darstellung der Behandlungsgänge und des Vergleichs der Interviewangaben mit den Behandlungsgängen werden Säulendiagramme für jeden Betrieb genutzt, um die ganze Bandbreite des Geschehens auf den Pilotbetrieben zu zeigen. Ansonsten wird jeweils ein Vergleich der Werte zwischen den beiden Systemen der „ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe“ (abgekürzt mit „öko“ oder „ö“) und „konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe“ („konv“ oder „k“) angestellt (in Diagrammen mit Boxplots oder in Tabellen). Zusätzlich werden die Mediane der Systeme oder anderer betrachteter Gruppen von Betrieben gezeigt. In den Tabellen wird dieser Vergleich durch die Darstellung der jeweiligen Werte „aller Pilotbetriebe“ (genannt „gesamt“, „ges.“ oder „g“) ergänzt, wenn diese Werte nicht durch einfache Addition der Spalten öko und konv erhalten werden können.

4.8.3 Ergebnisse und Diskussion

4.8.3.1 Tierzahlen und Milchleistung

Für die 35 Pilotbetriebe (19 ökologisch (ö) und 16 konventionell (k) wirtschaftend), deren Daten in diesem Kapitel dargestellt werden, sind in Tabelle 4.8-1 die tiertaggenauen Jahresdurchschnittsbestände der Kälber, des Jungviehs und der Milchkühe sowie die Anzahl der geborenen Kälber (≤ 14 d) und die Milchleistung für das Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015) zusammengefasst.

Tabelle 4.8-1: Anzahl Tiere in den Tierkategorien Kälber, Jungvieh und Milchkühe sowie durchschnittliche Jahresmilchleistung auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden bzw. allen (gesamt) Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015).

Tierkategorie, Milchleistung	öko (n=19)		konv (n=16)		gesamt (n=35)	
	MW ± SD (Min - Max)	Me- dian	MW ± SD (Min - Max)	Me- dian	MW ± SD (Min - Max)	Me- dian
geborene Kälber (≤ 14 d, m+w, $\approx$ Anzahl Geburten) (n)	79 ± 65 (14 - 257)	55	162 ± 213 (24 - 798)	64	117 ± 157 (14 - 798)	64
Kälber (≤ 181 d, m+w; Jahresdurchschnittsbestand, tiertaggenau) (n)	21 ± 14 (6 - 60)	17	35 ± 47 (6 - 195)	16	27 ± 34 (6 - 195)	17
Jungvieh (≥ 181 d bis d vor 1. Kalbg., w, u. ≥ 181 d, m; Jahresdurchschnittsbestand, tiertaggenau) (n)	56 ± 44 (9 - 176)	44	103 ± 142 (9 - 579)	56	78 ± 104 (9 - 579)	53
Milchkühe (w, ab d der 1. Kalbung; Jahresdurchschnittsbestand, tiertaggenau) (n)	75 ± 57 (19 - 227)	47	141 ± 175 (29 - 668)	57	105 ± 130 (19 - 668)	57
Jahresmilchleistung pro Milchkuh (Herdendurchschnitt, kg ECM)	6.485 ± 1.179 (4.303 - 8.779)	6.672	8.714 ± 1.384 (5.861 - 10.462)	9.106	7.504 ± 1.692 (4.303 - 10.462)	7.291

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimumwert, Max = Maximalwert, n = Anzahl; m = männlich, w = weiblich, d = Tag(e)

Die Bestandsgrößen der ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe im Milchjahr 2015 lagen im Median (Daten nicht normalverteilt) in drei der vier Tierkategorien der Tabelle 4.8-1 etwas niedriger als die der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe, und zwar bei den geborenen Kälbern (55 (ö) bzw. 64 (k)), dem Jungvieh (44 bzw. 56) und den Milchkühen (47 bzw. 57). Beim Kälber-Durchschnittsbestand war es ein Kalb mehr (17 bzw. 16 Kälber). Die Spannen waren bei den konventionell wirtschaftenden Betrieben deutlich größer. Die Anzahl gehaltenen Jungviehs entsprach in beiden Systemen im Median in etwa der der gehaltenen Milchkühe, was so auch in der Prävalenzstudie von Hoedemaker (2020) gefunden wurde.

Die Jahresmilchleistung pro Milchkuh lag, bei Normalverteilung der Daten, im Mittel 2.229 kg ECM höher auf der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe (ö PB 6.485 ± 1.179 kg ECM, k PB 8.714 ± 1.384 kg ECM; MW ± Standardabweichung). Die Mediane lagen mit 6.672 (ö) bzw. 9.106 kg ECM (k) jeweils etwas höher und auf vergleichbarem Niveau. Die Spanne in beiden Systemen lag mit rund 4.500 kg ECM ähnlich hoch.

4.8.3.2 Behandlungsgänge bei den Kälbern

Die ermittelten Behandlungsgänge (als Abfolge von Behandlungen mit ggf. verschiedenen Medikamenten) für die Kälber zeigten sich recht betriebsindividuell (Abbildung 4.8-2) und streuten in den einzelnen Erkrankungskomplexen stark (Abbildung 4.8-3). Insgesamt konnten 882 Behandlungsgänge auf ökologisch und 1.322 auf konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben ausgewertet werden. Bezogen sowohl

auf die Anzahl der auf den Betrieben geborenen Kälber (Kälber ≤ 14 d) (Abbildung 4.8-2a, Abbildung 4.8-3a) als auch auf den tiertaggenauen Durchschnittsbestand (Kälber ≤ 180 d) (Abbildung 4.8-2b, Abbildung 4.8-3b) ergibt sich für die Verteilung der Behandlungsgänge ein sehr ähnliches Bild. Hierbei zeigen sich entsprechend dem Niveauunterschied der Tierzahlen in den Kategorien geborene Kälber und Kälber-Durchschnittsbestand (vergl. Tabelle 4.8-2) deutlich geringere Anteile behandelter Kälber bei den auf die geborenen Kälber bezogenen Werten.

In Summe aller Behandlungsgänge wurden im Median 67,6 bzw. 129,0 % (ohne Enthornungen) oder 125,6 bzw. 209,7 % (mit Enthornungen) des Kälber-Durchschnittsbestandes auf den ökologisch bzw. konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 behandelt (Tabelle 4.8-2; Detailwerte für den Durchschnittsbestand nicht dargestellt). Ohne die Berücksichtigung von Arzneimittelgaben zur Enthornung wurde damit jedes Kalb des Durchschnittsbestandes rund 0,7 (ö) bzw. 1,3-mal (k) medikamentös behandelt. Die Werte der Einzelbetriebe lagen zwischen 0 - 684,4 % (min-max; ö) und 0 - 652,3 % (k) (ohne Enthornungen; Abbildung 4.8-2). In Bezug auf die geborenen Kälber (Abbildung 4.8-3a, Tabelle 4.8-2) waren es im Median ohne bzw. mit Enthornungen bei den ökologisch wirtschaftenden Betrieben 16,7 % (0 - 140,0 %) bzw. 43,2 % (ebenfalls 0 - 140,0 %). Bei den konventionell wirtschaftenden Betrieben betrugen die Anteile im Median 28,8 % (0 - 98,6 %) bzw. 50,0 % (17,9 - 117,2 %).

Für **Atemwegserkrankungen** wurden 228 (ö) und 598 (k) Behandlungsgänge dokumentiert. Sie spielten im Milchjahr 2015 die weitaus größte Rolle im Behandlungsgeschehen auf den Pilotbetrieben, insbesondere auf den konventionell wirtschaftenden. Im Median wurden 14,6 % (ö) bzw. 30,6 % (k) des Kälber-Durchschnittsbestandes gegen eine Atemwegserkrankung behandelt, bei Werten von 0 - 168 % bzw. 0 - 554 % (Abbildung 4.8-3b). Für die geborenen Kälber lagen die Werte im Median bei 5,3 % (0 - 56,9 %; ö) und 7,0 % (0 - 95,0 %; k) (Tabelle 4.8-2, Abbildung 4.8-3a). In der Interventionsstudie von March et al. (2008) mit 44 ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Jahr 2006 waren es vor Intervention im Mittel 4,5 % behandelte Kälber (Basis der Berechnungen waren geborene Kälber aus den Jahresberichten der Milchleistungsprüfung, March, 2019) mit einer deutlich geringeren Wertespanne als bei den geborenen Kälbern von 0 bis 45 %. Damit standen Atemwegserkrankungen in der Studie erst an zweiter Stelle der wichtigen Kälberkrankheiten. In der Prävalenzstudie von Hoedemaker (2020) wurden auf rund 750 Betrieben insgesamt rund 15.000 Kälbern auf ein verschärftes Atemgeräusch hin auskultiert, das als Atemwegserkrankung klassifiziert wurde. Die betrieblichen Prävalenzen lagen in den drei untersuchten Regionen bei im Mittel (Median) 4,5 % (0,0 %), 5,2 % (2,9 %) und 6,5 % (0,0 %) der Kälber bis 84 Tage Alter, wurden aber laut Studie wahrscheinlich aufgrund des Studiendesigns unterschätzt. Demgegenüber machten die rund 750 befragten Tierhalter der Studie die Angabe, dass im Median 8,0 %, 10,9 % und 4,0 % der Kälber in den letzten 12 Monaten an Atemwegserkrankung gelitten hatten. Da Atemwegserkrankungen in der Regel zunehmend ab der 5. Lebenswoche von Kälbern auftreten (Lago et al., 2006; Hoedemaker, 2020), könnte eventuell die Verwendung des Durchschnittsbestandes als Bezugsbasis für diese Erkrankung die bessere sein als die Anzahl der geborenen Kälber – diese wiederum ist für die Beschreibung von Durchfallerkrankungen und Nabelentzündungen definitiv die besser geeignete, da diese beiden Erkrankungen in den ersten beiden Lebenswochen gehäuft auftreten (Hoedemaker, 2020).

Tabelle 4.8-2: Bestand und Behandlungsgänge bei den Kälbern (≤ 14 d) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden bzw. allen (gesamt) Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Dargestellt ist die Anzahl geborener Kälber (grau unterlegt) und der prozentuale Anteil behandelter Kälber an den geborenen Kälbern.

	öko (n=19)		konv (n=16)		gesamt (n=35)	
	MW $\pm$ SD (Min - Max)	Median	MW $\pm$ SD (Min - Max)	Median	MW $\pm$ SD (Min - Max)	Median
Anzahl geborener Kälber (n)	78 $\pm$ 67 (17 - 259)	51	159 $\pm$ 203 (28 - 740)	60	115 $\pm$ 151 (17 - 740)	59
Behandlungsgänge (%)						
Atemwegserkrankung	9,7 $\pm$ 14,4 (0 - 56,9)	5,3	16,1 $\pm$ 24,2 (0 - 95,0)	7,0	12,6 $\pm$ 19,7 (0 - 95,0)	5,7
Durchfall	3,5 $\pm$ 5,6 (0 - 17,9)	0	6,0 $\pm$ 10,5 (0 - 41,5)	1,5	4,6 $\pm$ 8,3 (0 - 41,5)	0
Enthornen	12,4 $\pm$ 22,7 (0 - 88,4)	0	26,0 $\pm$ 28,1 (0 - 110,3)	18,3	18,6 $\pm$ 26,2 (0 - 110,3)	10,7
Nabelentzündung, Nabelbruch	1,2 $\pm$ 2,2 (0 - 8,0)	0	0,5 $\pm$ 1,3 (0 - 5,3)	0	0,9 $\pm$ 1,9 (0 - 8,0)	0
Parasitosen	18,9 $\pm$ 34,7 (0 - 123,3)	1,3	5,4 $\pm$ 10,5 (0 - 32,1)	0	12,7 $\pm$ 27,3 (0 - 123,3)	0
Ektoparasitosen	1,1 $\pm$ 3,3 (0 - 13,2)	0	0 $\pm$ 0 (0 - 0)	0	0,6 $\pm$ 2,5 (0 - 13,2)	0
Endoparasitosen	16,8 $\pm$ 33,4 (0 - 115,6)	0	5,4 $\pm$ 10,5 (0 - 32,1)	0	11,6 $\pm$ 26,2 (0 - 115,6)	0
Parasitosen (nicht näher definiert)	0,9 $\pm$ 4,0 (0 - 17,8)	0	0 $\pm$ 0 (0 - 0)	0	0,5 $\pm$ 3 (0 - 17,8)	0
Sonstige	1,9 $\pm$ 2,6 (0 - 9,3)	0	2,8 $\pm$ 4,6 (0 - 13,8)	0	2,3 $\pm$ 3,7 (0 - 13,8)	0
Diagnose fehlt	0,7 $\pm$ 1,3 (0 - 4,4)	0	0,7 $\pm$ 2,0 (0 - 8,2)	0	0,7 $\pm$ 1,7 (0 - 8,2)	0
Summe mit Enthornen	48,3 $\pm$ 46,0 (0 - 140,0)	43,2	57,4 $\pm$ 29,5 (17,9 - 117,2)	50,0	52,5 $\pm$ 39,6 (0 - 140,0)	44,7
Summe ohne Enthornen	35,8 $\pm$ 41,9 (0 - 140,0)	16,7	31,5 $\pm$ 24,7 (0 - 98,6)	28,8	33,8 $\pm$ 35,2 (0 - 140,0)	27,3

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimumwert, Max = Maximalwert, n = Anzahl

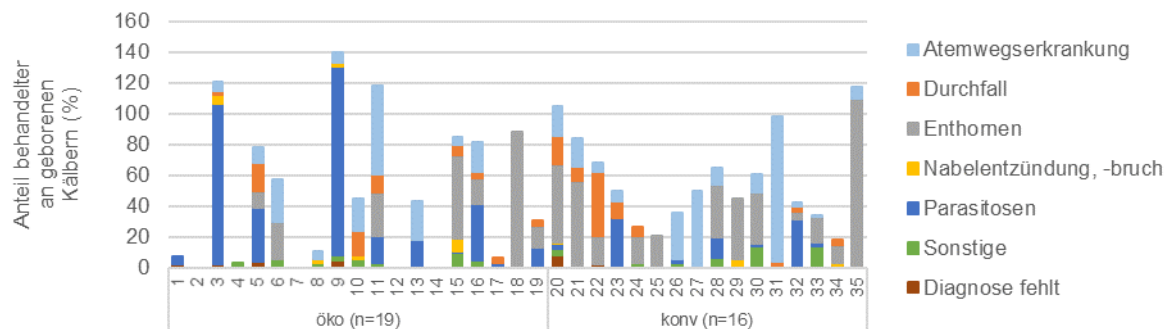
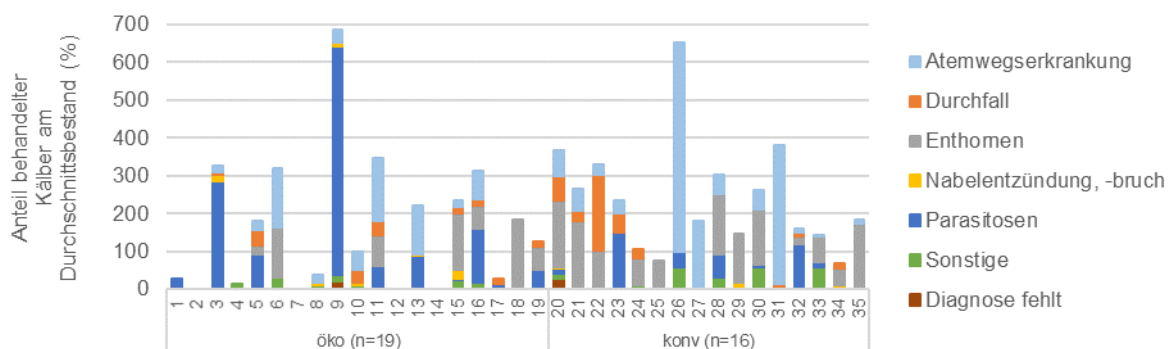
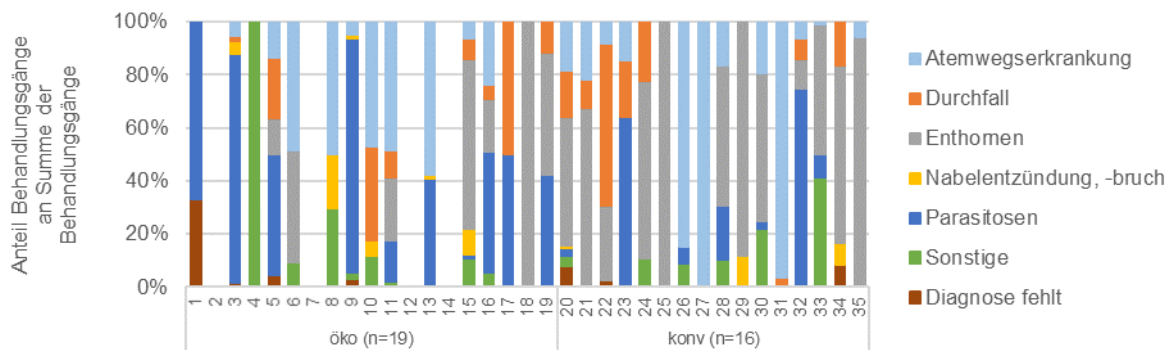
(a) geborene Kälber (≤ 14 d): Behandlungsgänge nach Diagnose auf den einzelnen Pilotbetrieben(b) Durchschnittsbestand Kälber (≤ 180 d): Behandlungsgänge nach Diagnose auf den einzelnen Pilotbetrieben(c) geborene Kälber (≤ 14 d) und Durchschnittsbestand Kälber (≤ 180 d): Behandlungsgänge nach Diagnose als prozentualer Anteil an der Summe der Behandlungsgänge

Abbildung 4.8-2: Behandlungsgänge bei den Kälbern auf den einzelnen ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv) im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkt; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.

Je fünf Pilotbetriebe, das sind 26,3 % der ökologisch wirtschaftenden und 31,3 % der konventionell wirtschaftenden, lagen über dem bei Hoedemaker (2020) verwendeten Richtwert von ≤ 15 % für Atemwegserkrankungen.

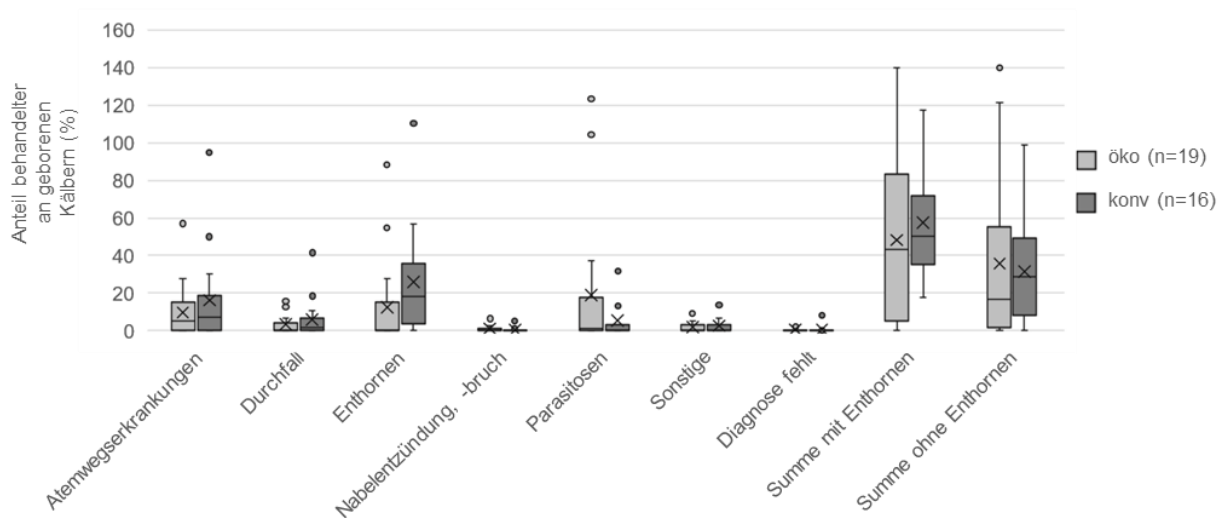
Durchfallerkrankungen und Parasitosen machten, bezogen auf die Mediane, den nächstgrößeren Anteil an behandelten Erkrankungen aus (Abbildung 4.8-3), wobei mit 40 (ö) und 87 (k) Behandlungsgängen deutlich weniger Durchfall- als Parasitenbehandlungen mit 313 (ö) und 276 (k) Behandlungsgängen dokumentiert wurden. Auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben wurden im Median 0 % (0 - 41,4 %) des Kälber-Durchschnittsbestandes gegen Durchfall bzw. 3,6 % (0 - 602,9 %) gegen Parasitosen behandelt, bei den konventionell wirtschaftenden Betrieben waren es 5,7 % (0 - 202,0 %) bzw. 0 % (0 - 151,2 %) (Abbildung 4.8-3b). Für die geborenen Kälber lagen die Werte für die entsprechenden Behandlungsgänge im Median bei 0 bzw. 1,5 % (ö) und 1,5 bzw. 0 % (k) (Tabelle 4.8-2, Abbildung 4.8-3a). In der Studie von March et al. (2008) waren Durchfallerkrankungen für die im Mittel höchsten Behandlungshäufigkeiten von 8,7 % (0 - 74 %) der 44 Betriebe verantwortlich. Auch die Spanne war deutlich höher als auf den ökologisch und den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben. Im Median traten in den drei Regionen der Studie von Hoedemaker (2020) Durchfall-Prävalenzen von 3,2 %, 14,3 % und 10,0 % auf, während aus der Befragung der Tierhalter Behandlungshäufigkeiten von etwa 25 % hervorgingen (wobei laut Studie die Differenzen zwischen Prävalenzen und Behandlungshäufigkeiten durch Studiendesign und die prophylaktischen Gaben von Elektrolyten entstanden sein könnten). Nur je zwei Pilotbetriebe (10,5 (ö), 12,5 (k)) lagen über dem von Hoedemaker (2020) verwendeten Richtwert von ≤ 15 % für Durchfallerkrankungen.

Nabelentzündungen und -brüche spielten in Summe mit insgesamt 19 Fällen auf allen Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 eine eher geringe Rolle (Tabelle 4.8-2; Daten der Einzelbetriebe nicht dargestellt). Sie lagen dennoch bei fünf ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben (und damit 26,3 % der ö PB) und einem konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieb über dem bei Hoedemaker (2020) verwendeten Richtwert von ≤ 2 % und könnten dort auf hygienische Probleme hinweisen (Abbildung 4.8-2). March et al. (2008) berichteten von einem Mittelwert von 2,3 % der Kälber mit Nabelentzündungen (und geben einen deutlich höheren Schwellenwert von ≤ 10 % an). Bei Hoedemaker (2020) gaben die Tierhalter in den Regionen im Median 2,4 %, 1,9 % und 2,4 % behandelte Nabelentzündungen bei den Kälbern an, während es im Median in den Regionen Prävalenzen von 25,0 %, 11,6 % und 0,0 % hinsichtlich Nabelentzündungen gab. Laut Hoedemaker (2020) deutet diese große Differenz zwischen tierärztlich diagnostizierter Prävalenz und den von den Landwirten der Studie genannten Behandlungshäufigkeiten primär darauf hin, dass Nabelentzündungen von den Tierhaltern regelmäßig übersehen wurden. Da nach Hoedemaker (2020) bekannt ist, dass sowohl Atemwegserkrankungen als auch Nabelentzündungen zu spät oder gar nicht bemerkt werden, plädieren sie für Prävention und die frühzeitige Erkennung von Bestandsproblemen. Aufgrund der häufigen betrieblichen Überschreitung von Richtwerten von Erkrankungshäufigkeiten bei Kälbern befürworten Hoedemaker (2020) zudem die Einführung einer verpflichtenden systematischen Erhebung von Kennzahlen der Kälberhaltung, und eine verpflichtende tierärztliche Bestandsbetreuung für die Jungtiergesundheit bei Überschreitung von Richtwerten.

Hier wird eins der grundsätzlichen Probleme deutlich: Wenn Tierhalter nicht erkennen, dass ihre Tiere erkrankt sind, können sie ihnen nicht die notwendige Behandlung zukommen lassen. Hoedemaker (2020) beschreibt für den Großteil der untersuchten Betriebe eine mangelhafte Buchführung über die Erkrankungen und erfolgten Behandlungen, daraus folgend keine Analysemöglichkeiten, um gezielt Maßnahmen ergreifen zu können und zudem ein fehlendes Bewusstsein der Tierhalter für diesen Mangel.

Rund um die **Enthornung** wurden im Median bei den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben nur 0 % (0,0 - 182,7 %) des Kälber-Durchschnittsbestands behandelt, da diese Betriebe überwiegend behornnte oder genetisch hornlose Herden hielten (vergleiche folgenden Abschnitt „Enthornung der Kälber laut Behandlungsdokumentation“). Demgegenüber waren es bei den konventionell wirtschaftenden 73,5 % (0 - 180,2 %) (Abbildung 4.8-3b). Die Werte für die geborenen Kälber lagen im Median bei 0 % (ö) bzw. 18,3 % (k) (Tabelle 4.8-2, Abbildung 4.8-3a).

(a) geborene Kälber (≤ 14 d): Behandlungsgänge in den Systemen öko und konv



(b) Durchschnittsbestand Kälber (≤ 180 d): Behandlungsgänge in den Systemen öko und konv

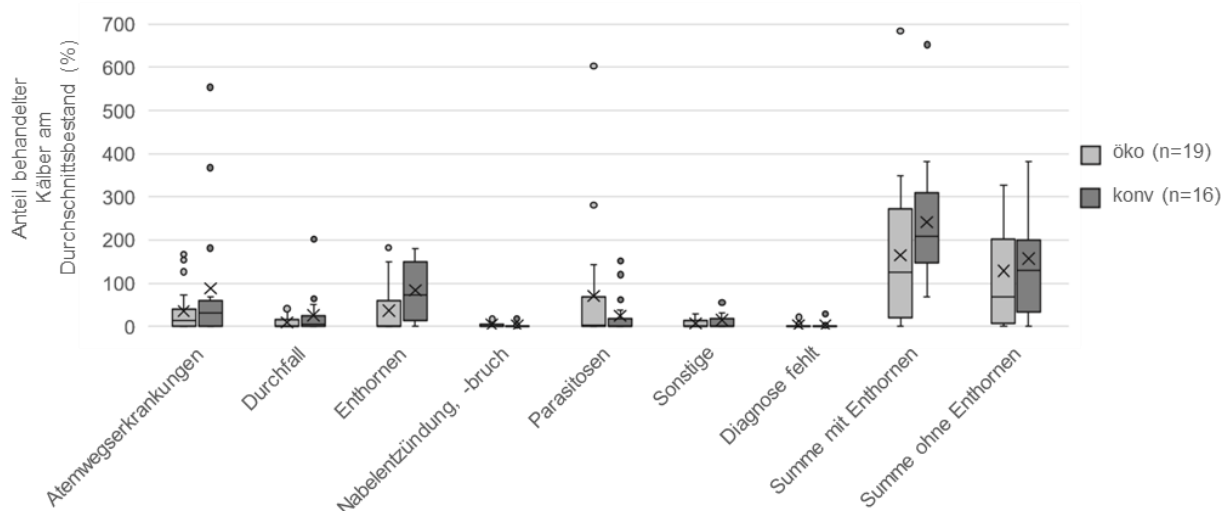


Abbildung 4.8-3: Behandlungsgänge der Kälber auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkt; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.

Enthornung der Kälber laut Behandlungsdokumentation

Im Rahmen des auf den Pilotbetrieben durchgeführten Welfare Quality® Protokolls (2009) wurde auch ein kurzes Interview durchgeführt, in dem u. a. nach der Enthornungspraxis (Entfernung der Hornknospen) gefragt wurde. Demnach erfolgte eine Enthornung von allen oder einem Teil der Kälber auf 23 (7 ö, 16 k) der in diesem Kapitel behandelten 35 Pilotbetriebe. Zwölf Betriebe (alle ö) enthornten nicht, sie hielten entweder horntragende (10 PB) oder genetisch hornlose (2 PB) Rinder (siehe auch Kapitel 4.5, und Schulz et al., 2021).

In Bezug auf die Enthornung interessierte uns, welche Tierarzneimittel hierbei ggf. zum Einsatz kamen, und welche Kombinationen von Tierarzneimitteln zur Beruhigung, Anästhesie und Schmerzlinderung (im Folgenden Behandlungsmodi genannt) es gab. Die derzeitige **tierärztliche best practice** zur Enthornung von Kälbern bis unter 42 Tage Alter ist ein Dreiklang aus der Gabe eines Beruhigungsmittels (auch Sedativum genannt), gefolgt von einer Leistungsanästhesie des *Ramus cornualis* des *Nervus trigeminus* zur thermischen Enthornung, und im Anschluss wird ein Schmerzmittel in Form eines nichtsteroidalen Antirheumatikums (NSAR) verabreicht (TVT 2012). Das im **Welfare Quality®** protocol for cattle (2009) als **best practice** bewertete Vorgehen besteht aus einer Anästhesie vor dem Enthornen und einer Schmerzstillung danach (eine Beruhigung kommt im WQ®-Protokoll nicht vor; siehe auch Kapitel 4.5 und Schulz et al., 2020).

Nach den Angaben in den uns vorliegenden Behandlungsdokumentationen wurden auf 19 Pilotbetrieben (sieben ö, zwölf k) Tierarzneimittel im Zusammenhang mit der Enthornung von Kälbern angewendet. Insgesamt konnten 521 (237 (ö) bzw. 284 (k)) Behandlungsgänge im Zusammenhang mit Enthornungen ausgewertet werden (Tabelle 4.8-3).

Tabelle 4.8-3: Behandlungsmodi der Pilotbetriebe (PB) von Kälbern, die laut Behandlungsdokumentation unter Anwendung mindestens einer Gabe eines Tierarzneimittels enthornt wurden und die zugehörige Anzahl Pilotbetriebe, differenziert nach Wirtschaftsweise (ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftend bzw. alle PB (ges)) im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015).

Best practice nach	dokumentierte Behandlungen	Anzahl Kälber enthornt mit TAM-Gabe			Anzahl Betriebe, die Kälber mit TAM-Gabe enthornten		
		öko	konv	ges	öko (n=7)	konv (n=12)	ges (n=19)
	B	12	148	160	2	6	8
	A	0	0	0	0	0	0
	S	25	10	35	1	1	2
	B + A	0	6	6	0	1	1
	B + S	34	120	154	3	5	8
WQ® (2009)	A + S	3	0	3	1	0	1
TVT (2012)	B + A + S	163	0	163	4	0	4
	Summe	234	284	521	11*	13*	24*

B = Beruhigung, A = Anästhesie, S = Schmerzmittel; TAM = Tierarzneimittel; *Summe der Anzahl Betriebe in den drei rechten Spalten ist ungleich der Anzahl Betriebe, auf denen Enthornungen von Kälbern mit Tierarzneimitteln stattfanden: Auf vier PB (drei ö, einer k) wurden zwei Behandlungsmodi zur Enthornung durchgeführt, auf einem (ö) drei. Bei vier PB (k), die im WQ-Interview angaben, Kälber zu enthornen, wurden keine Behandlungsdokumentationen von Enthornungen gefunden.

Auf vier Pilotbetrieben (drei ö, einer k) wurden zwei verschiedene Behandlungsmodi zur Enthornung durchgeführt, auf einem (ö) drei. Bei der weit überwiegenden Anzahl Kälber, denen Tierarzneimittel rund um die Enthornung appliziert wurden, kam zur Beruhigung der **Wirkstoff** Xylazin zum Einsatz, und zwar bei 483 (209 ö, 274 k) Kälbern auf allen (sieben ö, zwölf k) Betrieben. Eine Anästhesie wurde bei insgesamt 172 (166 ö, 6 k) Kälbern auf sechs (fünf ö, einer k) Pilotbetrieben durchgeführt, durchweg mit dem Wirkstoff Procain. Als Schmerzmittel kamen fast ausschließlich Tierarzneimittel mit dem Wirkstoff Meloxicam zum Einsatz, und zwar in 333 (203 ö, 130 k) Fällen auf 15 (neun ö, sechs k) Pilotbetrieben; nur auf einem Pilotbetrieb (ö) wurde in 22 Fällen Flunixin (an 10 Kälbern) und Carprofen (an 12 Kälbern) angewendet (nicht dargestellt).

In Summe wurden von den 521 Kälbern, die nach Behandlungsdokumentation unter Gabe von zumindest einem Tierarzneimittel enthornt wurden, lediglich 163 Tiere (alle ö; 30,7 % der 521 Kälber bzw. 68,8 % der 237 ö Kälber) nach tierärztlicher *best practice* (TVT, 2012) bzw. 3 weitere Tiere (ö; und damit insgesamt 166 Kälber oder 31,9 % der gesamten 521 bzw. 70,0 % der 237 ö Kälber) nach *best practice* nach WQ® (2009) enthornt. Der weit überwiegende Teil der Kälber erhielt nach Auswertung der Behandlungsdokumentationen eine weniger umfassende Behandlung. Zudem gab es auf vier Pilotbetrieben (alle k), die im Interview zum WQ®-Protokoll angaben, Kälber zu enthornen, keinerlei Anwendungsdokumentationen zu Tierarzneimitteln rund um die Enthornung.

Auffällig ist, dass in beiden Systemen für insgesamt ähnlich viele Tiere Behandlungen dokumentiert wurden, obwohl zwölf ökologisch wirtschaftende Pilotbetriebe gar nicht enthornten und alle 16 konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe angegeben hatten, Kälber zu enthornen (bei im Mittel höheren Bestandsgrößen). Zudem dürfen konventionell wirtschaftenden Betriebe nach jeweiligem Landesrecht ohne Genehmigung bei Bedarf den gesamten Kälberbestand enthornen, während für ökologisch wirtschaftende Betriebe nach EU-Ökoverordnung ((EU) 2018/848) Enthornungen von Kälbern nur im Einzelfall zulässig sind. Es ist unklar, ob hier eine Dokumentationslücke seitens der Betriebe vorliegt (ggf. wurden Behandlungen wie im Interview angegeben durchgeführt, aber unter Einfluss des Betriebsalltags nicht dokumentiert). Möglich ist auch, dass einzelne Interviewangaben noch gar nicht zutrafen, sondern im besten Willen gemacht worden sind, die genannte Enthornungsmethode zukünftig für die Kälber nutzen zu wollen; zu der Zeit der Interviews wurden in der landwirtschaftlichen Öffentlichkeit Diskussionen über Schmerzbehandlungen zur Enthornung geführt, so dass das Thema präsent war. Landesvorgaben in Deutschland änderten sich während des hier ausgewerteten Zeitraums und schrieben zunehmend Medikationen zur Enthornung vor, so dass betriebliche Anpassungen zu erwarten waren. Damit decken sich die Angaben im Interview zum WQ®-Protokoll unter Umständen nicht zu 100 % mit den Informationen aus den Behandlungsdokumentationen (vgl. Kapitel 4.5). Laut Tierschutzgesetz (2021) ist ein Eingriff ohne schmerzlindernde Maßnahmen bis zu einem Lebensalter von 6 Wochen zwar erlaubt, allerdings ist das Enthornen mit erheblichen Schmerzen und Stress für das Tier verbunden (Faulkner und Weary, 2000). Neben den schmerzlindernden Maßnahmen zum Enthornen sollte zudem eine mehrmalige Schmerzmittelgabe erfolgen (Stafford und Mellor, 2005). Dies taten im Übrigen 2 Pilotbetriebe bei insgesamt 23 Kälbern.

Interessant war der Vergleich der Behandlungsmodi nach Behandlungsdokumentation mit denen, die im Interview angegeben wurden, in zwei Punkten. Zum einen fiel auf, dass die Hälfte der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe, für die im Interview angegeben wurde, dass zur Enthornung Schmerzmittel verwendet würden, keine diesbezüglichen Behandlungsdokumentationen aufwiesen. Eine mögliche, naheliegende Vermutung hierzu ist, dass auf diesen Betrieben die Anwendungen vorrätiger Schmerzmittel

an den Kälbern nicht dokumentiert wurden. Ebenso möglich ist, dass die leicht schmerzstillende Wirkung des Beruhigungsmittels Xylazin zur Angabe einer Schmerzmittelgabe führten. Zum anderen konnten für zwei ökologisch und sieben konventionell wirtschaftende Betriebe die angegebene Anästhesie zur Enthornung nicht in den Behandlungsdokumentationen gefunden werden. Es kamen jedoch auf allen neun Betrieben Beruhigungsmittel zum Einsatz. In diesen Fällen liegt vermutlich eine schlichte Verwechslung von Beruhigung und Anästhesie vor, denn es erscheint unlogisch, dass ein verwendetes Beruhigungsmittel für diese Betriebe dokumentiert wurde, aber das Anästhetikum nicht. Zudem wurde im WQ®-Interview nicht nach Verwendung eines Beruhigungsmittels gefragt, was eine Verwechslungsgefahr erhöhen könnte. Bei einer möglichen Überarbeitung der Interviewfragen zum WQ®-Protokoll könnte daher darüber nachgedacht werden, zusätzlich zu den Fragen zum Behandlungsmodus auch nach den verwendeten Tierarzneimitteln zu fragen, um einen sofortigen Plausibilitätscheck durchführen zu können.

Bei Hoedemaker (2020) gab die Mehrzahl der selbst enthornenden Tierhalter an, die Enthornung von Kälbern sowohl mit Beruhigungs- als auch Schmerzmittel zu begleiten.

Parasitosen bei den Kälbern

Auf 17 von 35 Pilotbetrieben (48,6 %) wurden im Milchjahr 2015 **Parasitosen** bei Kälbern behandelt (Tabelle 4.8-4). Mit 10 (ö) bzw. 7 (k) Betrieben waren dies 52,6 % der ökologisch und 43,8 % der konventionell wirtschaftenden Betriebe, mit im Median 1,3 % (0 - 123,3 %; ö) und 0 % (0 - 31,1 %) der geborenen Kälber, die gegen Parasitosen behandelt wurden (Tabelle 4.8-2). Insgesamt konnten 313 (ö) bzw. 276 (k) Behandlungsgänge diesbezüglich ausgewertet werden. Bei rund der Hälfte der Pilotbetriebe, je 9 pro System, wurde gar keine Parasitose behandelt. **Kokzidiosen** und **Kryptosporidiosen** waren nach unserer Datenlage die am häufigsten behandelten Endoparasitosen (Tabelle 4.8-4). Auf 15 der 17 Betriebe wurde bei Kälbern lediglich eine Form der Parasitose behandelt; bei zwei Betrieben, beide ökologisch wirtschaftend, waren es zwei bzw. drei Formen der Parasitosen (Werte nicht dargestellt).

Kryptosporidiosen und Kokzidiosen werden laut Anwendungs- und Abgabebelegen der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe auf sehr ähnlichen Anteilen der Betriebe behandelt wie bei Hoedemaker (2020) laut Angabe der Tierhalter. Look et al. (2018) fanden auf 60 niedersächsischen Milchviehbetrieben erwartungsgemäß die größte Häufigkeit von Kryptosporidiennachweisen im jungen Kälberalter der Tiere.

Tabelle 4.8-4: Betriebe mit Parasitosen bei den Kälbern im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Dargestellt ist die Anzahl bzw. der Anteil der ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden bzw. aller (gesamt) Pilotbetriebe, auf denen Parasitosen behandelt wurden.

	Anzahl Betriebe			Anteil Betriebe (%)		
	öko	konv	ges	öko an öko gesamt (n=19)	konv an konv gesamt (n=16)	gesamt an gesamt (n=35)
Parasitosen gesamt	10	7	17	52,6	43,8	48,6
Ektoparasitosen	2	0	2	10,5	0,0	5,7
Ektoparasitosen (nicht näher definiert)	1	0	1	5,3	0,0	2,9
Fliegenbefall	1	0	1	5,3	0,0	2,9
Endoparasitosen	9	7	16	47,4	43,8	45,7
Endoparasitosen (nicht näher definiert)	1	0	1	5,3	0,0	2,9
Kokzidiosen	7	3	10	36,8	18,8	28,6
Kryptosporidiosen	3	4	7	15,8	25,0	20,0
Parasitosen (nicht näher definiert)	1	0	1	5,3	0,0	2,9

4.8.3.3 Behandlungsgänge beim Jungvieh

In der Tierkategorie Jungvieh wurden wenige Behandlungen mit Tierarzneimitteln verzeichnet, es konnten 300 Behandlungsgänge auf den ökologisch bzw. 883 auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben ausgewertet werden. In Summe aller Erkrankungskomplexe waren im Median 4,2 % (ö) bzw. 1,8 % (k) des Jungvieh-Durchschnittsbestandes Teil eines Behandlungsganges (Tabelle 4.8-5, Abbildung 4.8-4). Auf 13 Pilotbetrieben (8 ö, 5 k) wurden gar keine Behandlungsgänge verzeichnet (Abbildung 4.8-4a). Die einzelbetrieblich höchsten Behandlungsanteile traten bei den Parasitosen auf; bis zu 94,9 % bzw. 125,4 % des Durchschnittsbestandes des Jungviehs von fünf ökologisch bzw. vier konventionell wirtschaftenden Betrieben (Median in beiden Fällen 0 %) wurden behandelt (Tabelle 4.8-5). Mit Ausnahme des Oberbegriffes „Sonstige“ wurden auf den meisten Pilotbetrieben (5 ö, 6 k) Behandlungen des Bewegungsapparates dokumentiert, welche mit einer Ausnahme Klauenprobleme waren. Die restlichen Erkrankungskomplexe kamen bei den Jungtieren selten vor (Abbildung 4.8-4b). Lediglich ganz vereinzelt zeigten sich betriebliche Besonderheiten (Abbildung 4.8-4a), wie bspw. auf einem Betrieb an einem Datum mehrere Fälle von Verdauungsproblemen bei Jungrindern oder auf einem anderen eine im Anwendungs- und Abgabebeleg sogenannte Ansaug-Mastitis bei einer Färse mit Ursache des gegenseitigen Besaugens.

Tabelle 4.8-5: Bestand und Behandlungsgänge beim Jungvieh auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden bzw. allen (gesamt) Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Dargestellt sind die Anzahl des Jungviehs im Durchschnittsbestand (grau unterlegt) und der prozentuale Anteil behandelten Jungviehs am Durchschnittsbestand des Jungviehs.

	öko (n=19)		konv (n=16)		gesamt (n=35)	
	MW ± SD (Min - Max)	Median	MW ± SD (Min - Max)	Median	MW ± SD (Min - Max)	Median
Jungvieh (n)	56 ± 44 (9 - 176)	44	103 ± 142 (9 - 579)	56	78 ± 104 (9 - 579)	53
Behandlungsgänge (%)						
Bewegungsapparat	0,9 ± 1,8 (0 - 5,9)	0	1,8 ± 3,0 (0 - 10,7)	0	1,3 ± 2,5 (0 - 10,7)	0
Eutergesundheit	0 ± 0 (0 - 0)	0	0,2 ± 0,8 (0 - 3,4)	0	0,1 ± 0,6 (0 - 3,4)	0
Parasitosen	12,9 ± 26,3 (0,- 94,9)	0	22,2 ± 41,2 (0 - 125,4)	0	17,2 ± 34,2 (0 - 125,4)	0
Verdauungsstörungen	2,8 ± 9,5 (0 - 42,6)	0	0,2 ± 0,7 (0 - 3,1)	0	1,6 ± 7,1 (0 - 42,6)	0
Sonstige	2,4 ± 4,4 (0 - 15,0)	0	2 ± 5,1 (0 - 21,3)	0	2,2 ± 4,7 (0 - 21,3)	0
Diagnose fehlt	0,5 ± 1,5 (0 - 5,7)	0	1,4 ± 5,4 (0 - 22,2)	0	0,9 ± 3,8 (0 - 22,2)	0
Summe	19,6 ± 31 (0 - 112,0)	4,2	27,8 ± 41,7 (0 - 131,5)	1,8	23,3 ± 36,5 (0 - 131,5)	2,3

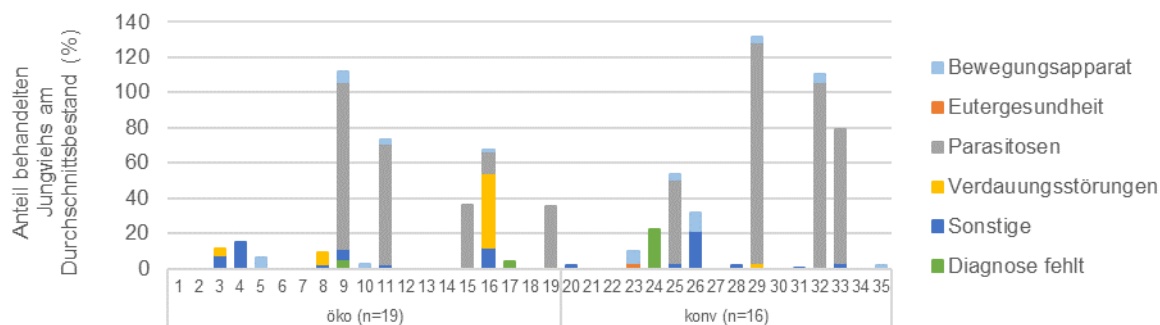
MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimumwert, Max = Maximalwert, n = Anzahl

Parasitosen können auf Weidehaltungsbetrieben bei Kälbern und Jungvieh besonders in ihrer ersten Weidesaison problematisch sein und zu verringerten Zunahmen oder auch Tierverlusten führen (Rommel et al., 2000). Auf den Pilotbetrieben wurde weidendes Jungvieh auf fünf ökologisch und drei konventionell wirtschaftenden Betrieben gegen Parasitosen behandelt, während der überwiegende Anteil der Betriebe mit Weidehaltung keine Parasitenbehandlungen dokumentierte. Entweder waren auf diesen Betrieben keine Parasitosen existent, sie wurden nicht erkannt oder ihre Behandlung wurde nicht dokumentiert. Zudem treten Parasitosen nicht grundsätzlich und ausschließlich in Tieren mit Weidegang auf, sondern können auch Tiere in Stallhaltung befallen (bspw. können sich Endoparasitosen durch Verfütterung von Frischfutter entwickeln, oder Ektoparasiten wie Räude milben befallen die Tiere) (Rommel et al., 2000), wie ein dokumentierter Fall eines konventionell wirtschaftenden Betriebes ohne Weidegang zeigt. Look et al. (2018) fanden für 60 niedersächsische Milchviehbetriebe erwartungsgemäß mehr ausgeschiedene Wurmeier bei Jungtieren in Betrieben, die Grünfütterung fütterten oder Weidegang gewährten, dabei aber eher überraschend sehr niedrige Befallsintensitäten bei rund 90 % der Jungtiere. Kokzidienbefall war häufiger im Herbst mit länger dauernder Weidesaison als im Frühjahr festzustellen, allerdings bei nur wenigen Jungtieren mit klinischen Symptomen. Look et al. (2018) schlussfolgern, Antiparasitika kotuntersuchungsgestützt anzuwenden, anstatt Routinebehandlungen durchzuführen.

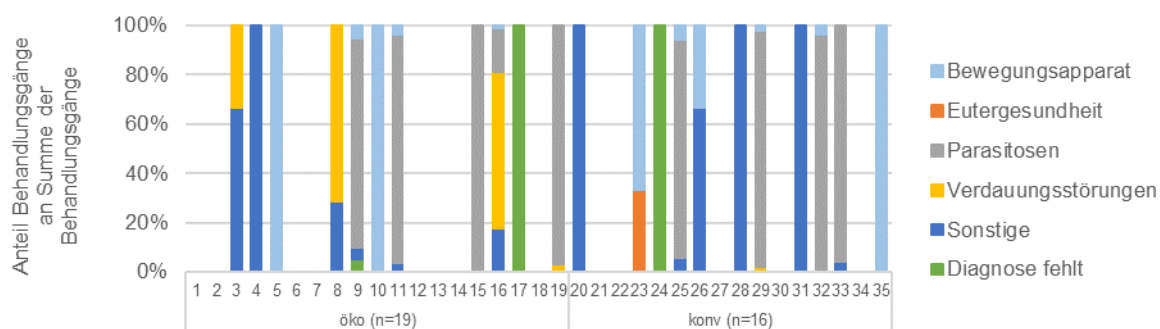
Die ebenfalls entweder mit Weidehaltung oder hoher Bestandsichte im Stall und gleichzeitigem hohem Fliegenaufkommen (als ein Überträger der Bakterien) assoziierte Augenerkrankung Weidekeratitis (infektiöse bovine Keratokonjunktivitis) wird ebenfalls häufiger sowohl bei den Kälbern als auch beim älteren Jungvieh diagnostiziert (Traulsen, 2013). Diese Erkrankung trat auch im Pilotbetrieбенnetzwerk einmal auf, und zwar im Falle einer auf der Alm weidenden Jungtierherde auf einem ökologisch wirtschaftenden Betrieb. Die auf den meisten Pilotbetrieben (5 ö, 6 k) dokumentierte Erkrankung waren Klauenerkrankungen. Insbesondere auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben waren es höhere Anteile behandelter Jungtiere zwischen 1,8 und 10,6 %, dabei auf zwei Betrieben über 5 %. Hoedemaker (2020), die bei rund 56.000 Jungtieren deutlich lahme Jungtiere zählten, stellten demgegenüber auf jedem der rund 750 untersuchten Betriebe eine Prävalenz von weniger als 5 % der dort gehaltenen Jungrinder fest; insgesamt war über alle Betriebe rund 1 % der bewerteten Jungtiere von Lahmheit betroffen.

Hoedemaker (2020) untersuchten in ihrer Prävalenzstudie auf rund 750 Betrieben in drei Regionen Deutschlands die Haltung von rund 85.000 Jungtieren (dort definiert ab Absetzen von der Milchtränke bis zum Tag vor der ersten Kalbung) und auch einige tierbezogene Parameter (die dort auf Basis von beurteilten Haltungs-Abteilen berichtet wird). Der Großteil der Betriebe hielt Jungvieh in guter Haltung und guter Gesundheit, und ebenso befand sich der Großteil der gehaltenen Jungtiere in guter Haltung und guter Gesundheit. Hoedemaker (2020) fanden aber auch durchaus deutliches Verbesserungspotential. So stand etwa ein Drittel der Jungrinder in Abteilen, in denen das Haarkleid der Jungtiere im Mittel als verschmutzt gewertet wurde, und auf einem Drittel der Betriebe waren über 50 % der Jungrinder in als verschmutzt beurteilten Abteilen untergebracht. Auf fast 10 % der Betriebe befand sich mehr als die Hälfte der Jungtiere in Abteilen, in denen der mittlere Ernährungszustand als mäßig oder schlecht bewertet wurde, und auf 15 bis 30 % der Betriebe, in Abhängigkeit von der Region, wurde mindestens ein Jungtier mit Kälberflechte festgestellt. Hoedemaker (2020) zeigen mit ihren Ergebnissen die Möglichkeit auf, dass sich diese Befunde auf Tiergesundheit und Tierwohl der Jungrinder auswirken könnten. Sie schlagen für den Anfang vor, in weiteren Studien Todesursachen von Jungtieren zu ermitteln und mögliche Zusammenhänge mit Haltungs- und Managementbedingungen abzuklären.

(a) Jungvieh: Behandlungsgänge nach Diagnose auf den einzelnen Pilotbetrieben



(b) Jungvieh: Behandlungsgänge nach Diagnose als prozentualer Anteil an der Summe der Behandlungsgänge



(c) Jungvieh: Behandlungsgänge in den Systemen öko und konv

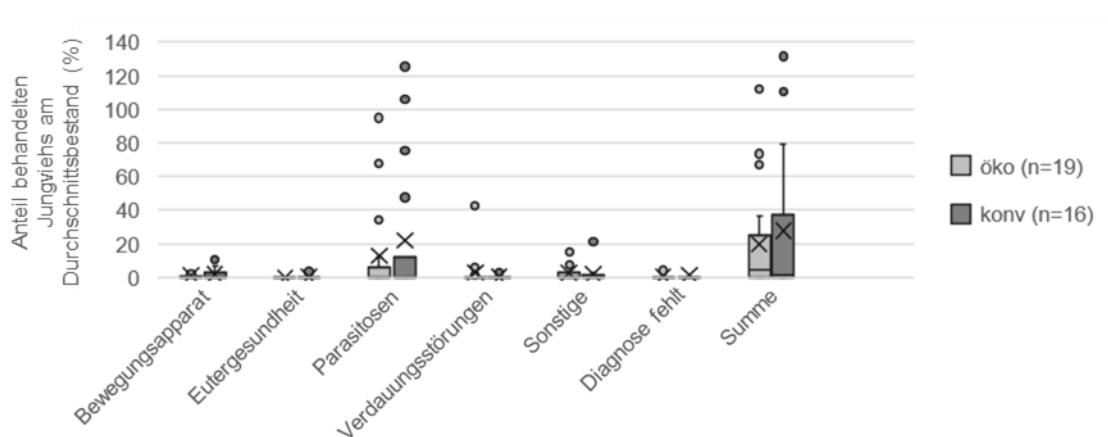


Abbildung 4.8-4: Behandlungsgänge beim Jungvieh auf den einzelnen ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv) im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkt; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.

4.8.3.4 Behandlungsgänge bei den Milchkühen

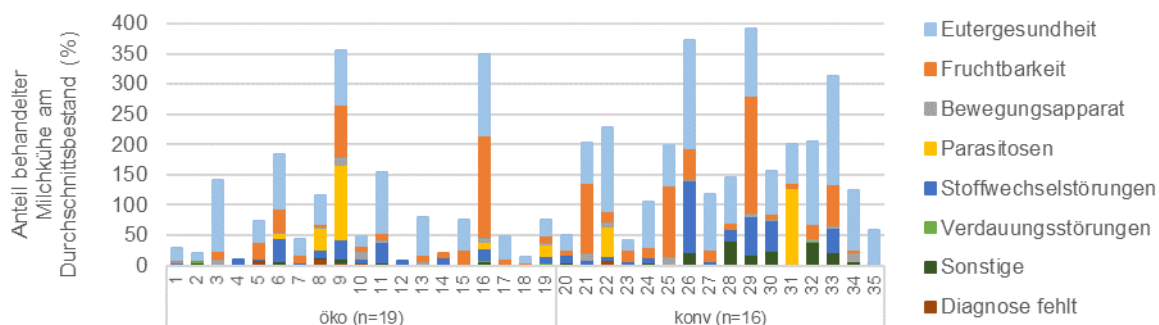
Die aus den Behandlungsdokumentationen ermittelten Behandlungsgänge bei den Milchkühen waren im Milchjahr 2015, ähnlich wie bei den Kälbern, sehr betriebsindividuell (Abbildung 4.8-5a, Abbildung 4.8-5b) und streuten zudem in den einzelnen Erkrankungskomplexen stark (Abbildung 4.8-5c, Tabelle 4.8-6). Es wurden 2.137 Behandlungsgänge für die ökologisch und 5.160 für die konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe ausgewertet.

In Summe aller Behandlungsgänge wurden im Median 58,7 bzw. 161 % (ohne Pro-/ Metaphylaxen) oder 73,5 bzw. 177,3 % (mit Pro-/ Metaphylaxen) des Milchkuh-Durchschnittsbestandes auf den ökologisch bzw. konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 behandelt (Tabelle 4.8-6). Ohne Berücksichtigung der pro-/ metaphylaktischen Tierarzneimittelgaben erhielt somit jede Milchkuh im Median etwa 0,6 (ö) bzw. 1,6-mal (k) eine Abfolge von medikamentösen Behandlungen. Die Einzelbetriebe lagen zwischen 6,8 - 349,6 % (min - max; ö) und 0 - 652,3 % (k) behandelter Milchkühe (ohne Pro-/ Metaphylaxen; Tabelle 4.8-6).

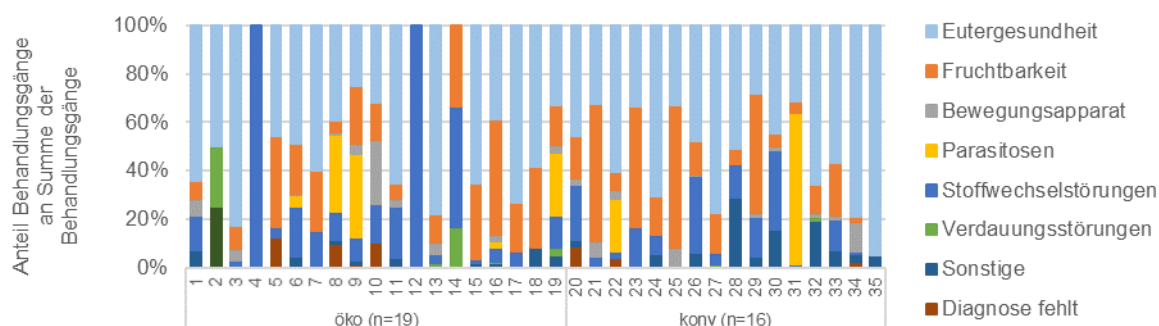
Der größte Anteil am Behandlungsgeschehen auf den Pilotbetrieben entfiel auf die **Eutergesundheit**. Insgesamt konnten im Milchjahr 2015 zur Eutergesundheit 948 Behandlungsgänge auf den ökologisch und 2.692 auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben ausgewertet werden, wobei 378 (ö) bzw. 1.284 (k) Behandlungsgänge auf Mastitisbehandlungen, 242 (ö) bzw. 1.222 (k) auf antibiotische Trockenstellbehandlungen und 326 (ö) bzw. 123 (k) auf Anwendungen von Zitzenversiegeln zum Trockenstellen entfielen. Im Median wurden 33,7 % (0 - 135,5 %; ö) bzw. 73,8 % (13,8 - 178,2 %; k) der Milchkühe in Bezug auf Eutererkrankungen behandelt (Tabelle 4.8-6), und mit Ausnahme von drei ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben gab es auf jedem Pilotbetrieb Behandlungen in diesem Bereich (Abbildung 4.8-5a, Abbildung 4.8-5b). Der Anteil der Behandlungsgänge im Bereich der Eutergesundheit machte auf diesen Betrieben zwischen rund 35 und 95 % aller Behandlungsgänge aus (Abbildung 4.8-5b). Den höchsten Anteil an den Behandlungsgängen der Eutergesundheit hatte das antibiotische **Trockenstellen** auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben. Hier wurden im Median 47 % (0 - 73,8 %) der Milchkühe antibiotisch trockengestellt, ggf. inklusive einer Behandlung mit Zitzenversiegeln, während es nur 6,2 % (0 - 53,4 %) bei den ökologisch wirtschaftenden Betrieben waren (Tabelle 4.8-6). Auch bei den Behandlungsgängen gegen **Mastitis** wurden im Median mit 22,9 % (0 - 107 %) ein größerer Anteil der Milchkühe auf den konventionellen Pilotbetrieben behandelt als es mit 9,1 % (0 - 81,1 %) auf den ökologisch wirtschaftenden waren. Auf einzelnen Pilotbetrieben wurden außerdem einige Tiere ausschließlich mit **Zitzenversiegeln** behandelt; im Median waren dies 0 % der Milchkühe in beiden landwirtschaftlichen Systemen, jedoch mit weiten Spannen von 0 - 75,1 % (ö) und 0 - 43,3 % (k) mit ausschließlich mit Zitzenversiegeln trockengestellten Milchkühen. Außerhalb von Behandlungen von entzündlichen Eutererkrankungen kamen Behandlungen von **anderen Eutererkrankungen** selten vor (Tabelle 4.8-6); insgesamt handelte es sich um 63 Fälle. Im Detail waren dies auf sechs Betrieben in 53 dokumentierten Fällen Milchejektionsstörungen, die mit dem Hormon Oxytocin behandelt wurden, sowie 10 Fälle auf 4 Pilotbetrieben (1 ö, 3 k) mit Euterödemen, Euterverletzungen oder Schenkelektzemen.

Der Anteil ökologisch gehaltener Milchkühe, die gegen Mastitis behandelt wurden, lag in dieser Studie mit 0 bis 81,1 % in vergleichbar hoher Variationsbreite wie in anderen Studien (z. B. Brinkmann & March, 2010; Barth et al., 2011), die ebenfalls große Unterschiede in der Behandlung von Mastitiden wie auch in der Eutergesundheit festgestellt hatten.

(a) Behandlungsgänge nach Diagnose auf den einzelnen Pilotbetrieben



(b) Behandlungsgänge nach Diagnose als prozentualer Anteil an der Summe der Behandlungsgänge



(c) Behandlungsgänge in den Systemen öko und konv

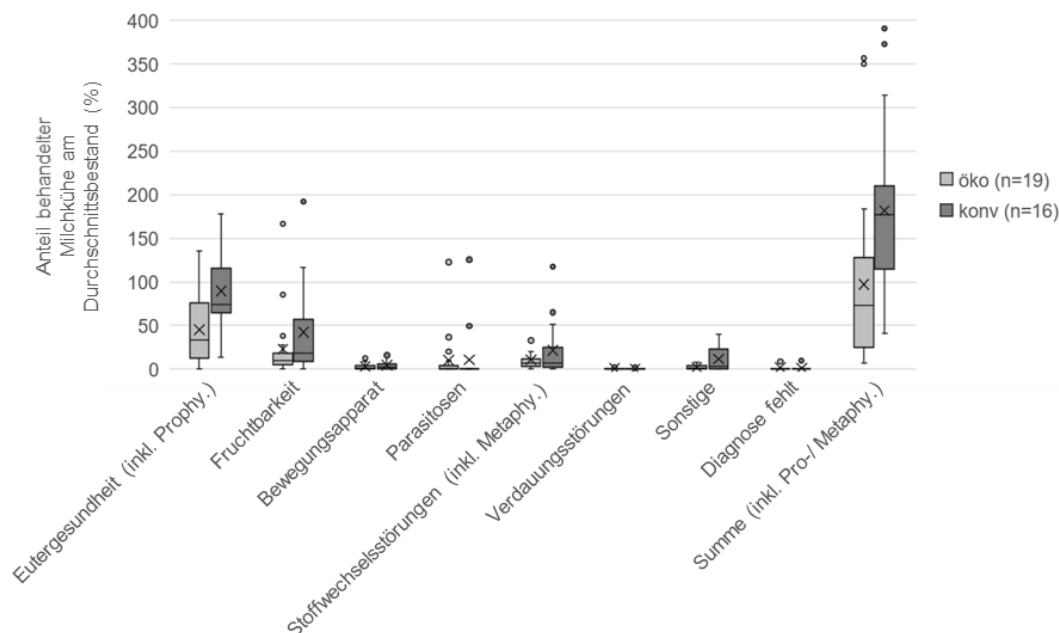


Abbildung 4.8-5: Behandlungsgänge bei den Milchkühen auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv) im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkt; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.

In ihrer Interventionsstudie bei 106 ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieben stellten Barth et al. (2011) im Jahr 2008 vor der Intervention einen im Mittel bei 14,3 % liegenden Anteil von mit antimikrobiell wirkenden Trockenstellpräparaten behandelten Milchkühen fest, der damit deutlich höher lag als der diesbezügliche Median der ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe mit 6,2 % (und deutlich niedriger als der Anteil der konventionell gehaltenen Milchkühe mit 47 %). Einen noch deutlich höheren mittleren Anteil eingesetzter antimikrobiell wirkender Trockensteller fanden March et al. (2008) mit 25,5 % (0 - 95 %) auf 67 % der Betriebe für das Jahr 2006 in ihrer Interventionsstudie mit 44 ökologisch wirtschaftenden Betrieben. In dieser Studie wurden Zitzenversiegler von 2 % der Betriebe mit einer mittleren Häufigkeit von 10,4 % (0 - 100 %) so behandelter Milchkühe. Der Einsatz von Zitzenversiegler wurde bei Barth et al. (2011) vor der Intervention mit mittleren 8,5 % und einer Spanne zwischen 0 und 102 % angegeben (womit der kombinierte Einsatz von antibiotischem Trockenstellpräparat und Zitzenversiegler als auch der ausschließlich Einsatz von Zitzenversiegler gemeint sein könnte); bei den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben war die Spanne von 0 - 75,1 % der Milchkühe, die ausschließlich mit Zitzenversiegler zum Trockenstellen behandelt wurden, ebenfalls hoch, während sie bei den konventionell wirtschaftenden deutlich geringer war (0 - 43,3 %). Der Median lag in beiden Systemen bei null.

In der Interventionsstudie von Barth et al., (2011) stieg der Anteil der mit antimikrobiellen Tierarzneimitteln trockengestellten Milchkühen im zweiten Jahr nach Intervention deutlich auf 27,3 % (gleichzeitig änderten sich viele andere Parameter). Unterdessen verbesserte sich in der Studie der mittlere somatische Milchkühenzellgehalt signifikant. Auch der Anteil der Milchkühe mit über 100.000 und über 400.000 somatischen Zellen pro ml Milch verbesserte sich, und es erfolgte für beide Maßzahlen eine Reduktion der Spannweite der einzelbetrieblichen Werte. Gezieltes, d. h. selektives antibiotisches Trockenstellen aller Viertel der Tiere mit > 200.000 Zellen pro ml Milch (Grenzwert nach Antibiotika-Leitlinien der Bundestierärztekammer (BTK), 2015) könnte auch die ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe auf dem Weg zu einer besseren Eutergesundheit unterstützen, die höhere Anteile an Milchkühen mit hohen Zellzahlen aufwiesen. Ökologisch wirtschaftende Betriebe dürfen nicht grundsätzlich (d. h. alle vier Zitzen aller Milchkühe ungeachtet des Zellzahlgehaltes der Milch) mit antimikrobiellen Wirkstoffen trockenstellen, da dieses eine prophylaktische Behandlung darstellt, die nach EU-Ökoverordnung (Verordnung (EU) 2018/848) untersagt ist. Im Gegensatz zum grundsätzlichen Trockenstellen aller Milchkühe werden beim selektiven Trockenstellen nur die Milchkühe mit antimikrobiell wirksamen Mittel trockengestellt, die diese wirklich benötigen; normalerweise werden die Injektoren dabei an allen vier Zitzen angewendet. Diese Maßnahme würde voraussichtlich zu einer positiven Entwicklung der Eutergesundheit führen, allerdings gleichzeitig die Anteile der ökologisch gehaltenen Milchkühe, die unter Einsatz von Antimikrobiotika trockengestellt würden, im Vergleich zum hier untersuchten Milchjahr 2015 erhöhen, und den Einsatz von antimikrobiell wirksamen Stoffen ansteigen lassen. Auch auf den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben ließen sich mit selektivem Trockenstellen ohne Rückgang der Eutergesundheit vermutlich deutliche Mengen an antimikrobiell wirksamen Stoffen einsparen. In Kombination mit dem in Erprobung befindlichen viertelspezifischen Trockenstellen (Barth und Knappstein, 2017), bei dem nur das oder die infizierten Viertel behandelt werden, könnte die Anwendung von Antimikrobiotika beim Trockenstellen noch einmal deutlich reduziert werden. Auch Hoedemaker (2020) fand einen auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben deutlich geringeren Anteil an Verwendung von antibiotischen Trockenstellpräparaten als bei den konventionell wirtschaftenden Betrieben (konventionell wirtschafteten rund 91 % der hier untersuchten Betriebe). Grundsätzlich stellten dort rund 60 % aller Betriebe (ökologisch und konventionell wirtschaftende) alle

ihre Milchkühe antibiotisch trocken, der Rest selektiv oder gar nicht. Zitzenversiegler wurden regionsabhängig häufiger im Osten (bei 66,2 % der Betriebe) und Norden (53,7 %) verwendet als im Süden (30,4 %).

Tabelle 4.8-6: Bestand, Milchleistung und Behandlungsgänge bei den Milchkühen auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden bzw. allen (gesamt) Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Dargestellt sind die Anzahl Milchkühe im Durchschnittsbestand, die jährliche Milchleistung pro Milchkuh (beides grau unterlegt) und der prozentuale Anteil behandelter Milchkühe am Durchschnittsbestand der Milchkühe in Prozent.

	öko (n=19)		konv (n=16)		gesamt (n=35)	
	MW ± SD (Min - Max)	Median	MW ± SD (Min - Max)	Median	MW ± SD (Min - Max)	Median
Milchkühe (n)	75 ± 57 (19 - 227)	47	141 ± 175 (29 - 668)	57	105 ± 130 (19 - 668)	57
Milchleistung (kg ECM)	6.485 ± 1.179 (4.303 - 8.779)	6.672	8.714 ± 1.384 (5.861 - 10.462)	9.106	7.504 ± 1.692 (4.303 - 10.462)	7.291
Behandlungsgänge (%)						
Eutergesundheit	45,3 ± 40,8 (0 - 135,5)	33,7	89,5 ± 46,4 (13,8 - 178,2)	73,8	65,5 ± 48,7 (0 - 178,2)	62,8
Mastitis	18,2 ± 22,6 (0 - 81,1)	9,1	37,1 ± 30,2 (0 - 100,7)	22,9	26,8 ± 28 (0 - 100,7)	17,6
Trockenstellen	11,1 ± 15,2 (0 - 53,4)	6,2	42,4 ± 25 (0 - 73,8)	47,0	25,4 ± 25,6 (0 - 73,8)	12,2
Trockenstellen (nur ZV)	16,1 ± 25 (0 - 75,1)	0	5,4 ± 13,3 (0 - 43,3)	0	11,2 ± 21,2 (0 - 75,1)	0
Eutergesundheit	0,1 ± 0,2 (0 - 1)	0	4,6 ± 8,6 (0 - 35,3)	0,9	2,1 ± 6,3 (0 - 35,3)	0
Fruchtbarkeit	22,8 ± 39 (0 - 166,9)	9,7	42,5 ± 52,7 (0 - 192,4)	18,3	31,8 ± 46,8 (0 - 192,4)	10,9
Brunst	9,5 ± 17,5 (0 - 74,1)	2,2	29,1 ± 46,6 (0 - 145)	4,8	18,5 ± 35,4 (0 - 145)	3,0
Verkalbung	0,2 ± 0,7 (0 - 3,2)	0	0 ± 0 (0 - 0)	0	0,1 ± 0,5 (0 - 3,2)	0
Geburt	0,8 ± 1,3 (0 - 4)	0	0,2 ± 0,5 (0 - 1,9)	0	0,5 ± 1 (0 - 4)	0
Nachgeburtverhalten	2,8 ± 5,7 (0 - 20)	0	3,4 ± 5,4 (0 - 17,2)	0,2	3,1 ± 5,6 (0 - 20)	0
Metritis	9,2 ± 28,6 (0 - 129,7)	1,1	8,6 ± 12,5 (0 - 47,3)	3,5	8,9 ± 22,7 (0 - 129,7)	2,8
Puerperium Sonstige	0,1 ± 0,6 (0 - 2,5)	0	1 ± 2,6 (0 - 10,2)	0	0,5 ± 1,9 (0 - 10,2)	0
Fruchtbarkeit Sonstige	0,3 ± 0,8 (0 - 3,1)	0	0,2 ± 0,7 (0 - 2,8)	0	0,2 ± 0,8 (0 - 3,1)	0
Bewegungsapparat	3 ± 4,4 (0 - 14,2)	0,9	4,5 ± 5,5 (0 - 15,9)	1,8	3,7 ± 5 (0 - 15,9)	1,4
Klauengesundheit	2,3 ± 3,4 (0 - 12,7)	0,9	3,6 ± 4,9 (0 - 15,9)	1,6	2,9 ± 4,2 (0 - 15,9)	1,2
Bewegungsapparat	0,8 ± 2,5 (0 - 11,2)	0	0,9 ± 1,6 (0 - 5,5)	0	0,8 ± 2,2 (0 - 11,2)	0
Parasitosen	10,4 ± 28 (0 - 122,8)	0	11 ± 31,9 (0 - 125,6)	0	10,7 ± 29,9 (0 - 125,6)	0
Ektoparasitosen	0,1 ± 0,2 (0 - 1)	0	0 ± 0 (0 - 0)	0	0 ± 0,2 (0 - 1)	0
Endoparasitosen	8,3 ± 28 (0 - 121,8)	0	3,1 ± 12,1 (0 - 49,8)	0	6 ± 22,3 (0 - 121,8)	0

Fortsetzung Tabelle 4.8-6	öko (n=19)		konv (n=16)		gesamt (n=35)	
	MW ± SD (Min - Max)	Median	MW ± SD (Min - Max)		MW ± SD (Min - Max)	Median
Parasitosen (nicht näher definiert)	2 ± 5,1 (0 - 20)	0	7,8 ± 30,4 (0 - 125,6)	0	4,7 ± 21,1 (0 - 125,6)	0
Stoffwechselstörungen	10,1 ± 10,8 (0 - 33,5)	6,5	15,5 ± 22,2 (0 - 71,7)	5,5	12,6 ± 17,2 (0 - 71,7)	6,2
Gebärparese	7,4 ± 7,4 (0 - 26)	4,5	8,2 ± 10,7 (0 - 34,6)	4,4	7,8 ± 9 (0 - 34,6)	4,4
Ketose	2,4 ± 4,3 (0 - 15,2)	0	6,6 ± 12,3 (0 - 37,1)	0,7	4,3 ± 9,1 (0 - 37,1)	0
Stoffwechselstörungen Sonstige	0,3 ± 0,6 (0 - 2,2)	0	0,7 ± 2,3 (0 - 9,6)	0	0,5 ± 1,7 (0 - 9,6)	0
Stoffwechselstörungen- Metaphylaxe	0,8 ± 1,9 (0 - 6,7)	0	5,9 ± 11,6 (0 - 46,0)	0	3,2 ± 8,4 (0 - 46,0)	0
Gebärparese-Meta- phylaxe	0,8 ± 1,9 (0 - 6,7)	0	3 ± 5,4 (0 - 16,5)	0	1,8 ± 4 (0 - 16,5)	0
Ketose-Metaphylaxe	0 ± 0 (0 - 0)	0	2,9 ± 11,1 (0 - 46,0)	0	1,3 ± 7,7 (0 - 46,0)	0
Verdauungsstörungen	0,8 ± 1,5 (0 - 5,2)	0	0,3 ± 0,8 (0 - 3)	0	0,5 ± 1,2 (0 - 5,2)	0
Labmagenverlagerung	0,1 ± 0,2 (0 - 1)	0	0 ± 0 (0 - 0)	0	0 ± 0,2 (0 - 1)	0
Verdauungsstörungen Sonstige	0,7 ± 1,4 (0 - 5,2)	0	0,3 ± 0,8 (0 - 3)	0	0,5 ± 1,2 (0 - 5,2)	0
Sonstige	2,3 ± 2,7 (0 - 8,4)	1,2	11,6 ± 13,9 (0 - 40,3)	3,5	6,5 ± 10,7 (0 - 40,3)	2,1
Diagnose fehlt	1,6 ± 3,3 (0 - 11,1)	0	1,1 ± 2,5 (0 - 9,6)	0	1,4 ± 3 (0 - 11,1)	0
Summe mit Pro-/ Meta- phylaxe	97,2 ± 100,6 (6,8 - 356,3)	73,5	181,8 ± 102,6 (41,4 - 390,6)	177,3	135,9 ± 109,9 (6,8 - 390,6)	115,9
Summe ohne Pro-/ Meta- phylaxe	80,3 ± 88,3 (6,8 - 349,6)	58,7	170,5 ± 96,5 (41,4 - 384,7)	161,0	121,6 ± 102,5 (6,8 - 384,7)	80,7

MW = arithmetischer Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimumwert, Max = Maximalwert, n = Anzahl, ZV = Zitzenversiegler, Stw. = Stoffwechsel; als Prophylaxe gilt die ausschließliche Behandlung mit ZV („Trockenstellen (nur ZV)“ unter „Eutergesundheit“), als Metaphylaxe gelten die Behandlungsgänge unter „Stoffwechselstörungen-Metaphylaxe“

Behandlungen im Bereich der **Fruchtbarkeit** machten mit im Median 9,7 % (ö) und 18,3 % (k) behandelte Milchkühe den nächstgrößeren Anteil an behandelten Erkrankungen im Milchjahr 2015 aus (Abbildung 4.8-5c, Tabelle 4.8-6). Auf den Betrieben beider landwirtschaftlicher Systeme wurden im Median am häufigsten **Brunstprobleme** (2,2 % (ö) bzw. 4,8 % (k)) und **Gebärmutterentzündungen** (1,1 % (ö) bzw. 3,5 % (k)) behandelt, und dies in sehr weiten Spannen (0 - 129,7 % (ö) bzw. 0 - 47,3 % (k)). Einzelbetrieblich spielten zudem **Nachgeburtverhaltungen** mit bis zu 20,0 % (ö) und 17,2 % (k) behandelte Milchkühe eine Rolle (Tabelle 4.8-6).

Eine ähnlich hohe Variation der Werte für Gebärmutterentzündungen wie auf den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben fanden March et al. (2008) auf ihren ökologisch wirtschaftenden Betrieben vor Intervention im Jahr 2006 mit einzelbetrieblichen Werten zwischen 0 und 40 % behandelter Milchkühe. Dies war eine weitaus geringere Variation als bei den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben. Allerdings lag der Durchschnitt der Betriebe von March et al. (2008) mit einem Anteil von 9,5 % deutlich über den Medianen der beiden Systeme im PilotbetriebeNetzwerk. Mit im Mittel 7,5 % (0 - 50 %) bei den Nachgeburtshaltungen lagen die Werte bei March et al. (2008) weit über den Medianen und Spannen der ökologisch und der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe.

Auf Platz drei der Erkrankungskomplexe des Milchjahres 2015 fanden sich für die Pilotbetriebe die **Stoffwechselstörungen** mit im Median ähnlichem Niveau von 6,5 % (ö) bzw. 5,5 % (k) behandelter Milchkühe, wobei auf Einzelbetrieben bis zu 33,5 % (ö) bzw. 71,7 % (k) der Herde diesbezüglich behandelt wurden (Abbildung 4.8-5c, Tabelle 4.8-6). Im Median wurden deutlich häufiger **Gebärparesen** (4,5 % (ö) bzw. 4,4 % (k) der Milchkühe) als **Ketosen** (0 % (ö) bzw. 0,7 % (k)) behandelt. **Andere Stoffwechselstörungen** wie auch die **Metaphylaxe von Stoffwechselstörungen** spielten in beiden Systemen mit einem Median von 0 % behandelter Milchkühe eine untergeordnete Rolle, jedoch wurden wiederum einzelbetrieblich hohe Werte erreicht (Tabelle 4.8-6). Gebärparese-Metaphylaxe wurde auf zehn Pilotbetrieben (4 ö PB mit 0,5 - 6,7 %, 6 k PB mit 1,4 - 16,5 % behandelter Milchkühe), **Ketose-Metaphylaxe** auf lediglich einem Pilotbetrieb (k mit 46,0 % behandelter Milchkühe) durchgeführt (vergl. Kapitel 4.8.2.6 Stichwort Monensin).

Im Wesentlichen lassen sich die Ergebnisse zur Häufigkeit der Behandlung und zum uneinheitlichen Auftreten von Stoffwechselstörungen und Verdauungsstörungen mit denen anderer Studien, die ökologisch wirtschaftende Betriebe untersucht hatten, vergleichen (z. B. Brinkmann & March 2010; Barth et al. 2011). Bei March et al. (2008) und Barth et al. (2011) wird ein Anteil von jeweils ≤ 3 % auf Gebärparese und Ketose behandelter Milchkühe als tolerabel genannt – dies erreichten lediglich sechs ökologisch (das sind 31,6 % der ö PB) und 7 konventionell wirtschaftende Pilotbetriebe (43,6 % der k PB) bei Gebärparesen und nur 21 % der von March et al. (2008) untersuchten Betriebe. Bei Ketosen jedoch erreichten den Zielwert 14 bzw. 12 und damit jeweils rund Dreiviertel der ökologisch bzw. konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe. Bei dem bei WQ® (2009) vorgesehenen Warnwert von 2,75 % für Milchkühe mit Gebärparese würde diesen sogar ein ökologisch wirtschaftender Pilotbetrieb weniger erreichen. Über dem WQ®-Alarmwert von 5,5 % Milchkühen mit Gebärparese lagen die Herden von neun Betrieben und damit 47,4 % der ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe und von sechs Betrieben (37,5 % der k PB) der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe.

An Platz vier der Erkrankungskomplexe, wenn vom Sammelbegriff „Sonstige“ abgesehen wird, stehen Erkrankungen des **Bewegungsapparates** mit im Median 0,9 % (ö) bzw. 1,8 % (k) behandelter Milchkühe (Abbildung 4.8-5c, Tabelle 4.8-6). Auch hier behandelten wieder in beiden Systemen einzelne Pilotbetriebe deutlich häufiger als andere; es traten ähnliche Spannen von im Median 0 - 14,2 % (ö) bzw. 0 - 15,9 % (k) behandelter Milchkühe auf. Hauptsächlich wurden Klauenprobleme behandelt (Tabelle 4.8-6).

In den WQ®-Erhebungen des Projektes waren die Anteile der nicht lahmen Milchkühe (d. h. die Milchkühe, die als weder klinisch lahm noch hochgradig lahm eingestuft wurden) entsprechend der niedrigen

diesbezüglich gefunden Behandlungsgänge hoch (im Median im Winter 2014/2015 96,1 % (ö) bzw. 92,6 % (k), im Sommer 2015 rund ein Prozent höher; vergleiche Kapitel 4.7). Dies waren weit bessere Werte als die von Barth et al. (2011) gefundenen durchschnittlichen 76,8 % vor Intervention. Allerdings wurden die von Barth et al. (2011) angegebenen Zielwerte von weniger als 10 % klinisch lahmer Milchkühe und 0 % hochgradig lahmer Milchkühe in beiden Systemen nur im Median erreicht, und lediglich im Sommer von allen ökologisch wirtschaftenden Betrieben. Die im Sommer weniger hohen Prävalenzen an lahmen Kühen sind als Effekt des Weidegangs zu sehen (vergleiche Wagner et al., 2018; Arnott et al., 2017). Insgesamt zeigten die betrieblich sehr unterschiedlichen Anteile der auf Lahmheit behandelten Milchkühe wie auch die Lahmheitsprävalenzen, auf welchen Pilotbetrieben Verbesserungspotential aufzufinden war (vergleiche auch Kapitel 4.7 und Kapitel 4.6).

Parasitosen wurden in beiden landwirtschaftlichen Systemen im Median bei 0 % der Milchkühe behandelt, jedoch auf Einzelbetrieben mit Werten bis zu 122,8 % (ö) bzw. 125,6 % (k) (Tabelle 4.8-6). Laut Anwendungs- und Abgabebelegen war dabei auf 4 Pilotbetrieben (3 ö PB mit 8,8 - 20,0 %, 1 k PB mit 125,6 % behandelte Milchkühe) unklar, ob die Behandlungen gegen Endo- oder Ektoparasitosen durchgeführt wurden.

Selten wurden Behandlungen von **Labmagenverlagerungen** und anderen **Verdauungsstörungen** wie Enteritis und Azidose dokumentiert (Tabelle 4.8-6). Dies wurde so ebenso in anderen Studien (z. B. Brinkmann und March, 2010; Barth et al., 2011) gefunden.

Mit den **Behandlungsgängen** beschreibt dieser Bericht das vergangene Behandlungsgeschehen des Milchjahres 2015. Daher wurden bei den Behandlungsgängen auch Mehrfacherkrankungen im Betrachtungszeitraum gezählt. Demgegenüber werden bei einer **Inzidenz** laut Definition die Neuerkrankungen an der betrachteten Krankheit im Betrachtungszeitraum zur Berechnung herangezogen (Bonita et al. 2008). Des Weiteren geht es bei Inzidenzen um die Tiere, die als „unter Risiko“ (Kiehl, 2015) stehend oder, mit alternativem Begriff betitelt, als „gefährdet“ (Bonita et al., 2008) gelten, an der Krankheit zu erkranken, und per Definition im engen Sinne sind das jeweils die, die (noch) nicht erkrankt sind. Bei den Behandlungsgängen wurden hingegen alle Tiere des Durchschnittsbestands (oder der geborenen Kälber) gezählt, auch die, die früher (vor dem betrachteten Milchjahr) schon einmal erkrankt waren oder im Verlauf des Milchjahres erneut erkrankt sind.

Zu den häufig genutzten Inzidenz-Maßzahlen gehört die relativ einfach zu berechnende **kumulative Inzidenz** (Zahl der Neuerkrankungen innerhalb eines Zeitraumes dividiert durch die Anzahl Tiere unter Risiko zu Beginn des Zeitraumes – ausgedrückt zum Beispiel als „pro 100 Tiere“, dann multipliziert mit 100) (Bonita et al., 2008). Mit der kumulativen Inzidenz wird die Wahrscheinlichkeit berechnet, mit der ein Tier einer definierten Gruppe innerhalb eines definierten Zeitraumes an der betrachteten Krankheit erkrankt (Kreienbrock et al., 2012). Die **Inzidenzdichte** (die zurückgeht auf die „Personenzeitinzidenzrate“ von Last (2001, aus Bonita et al., 2008) dagegen berücksichtigt die Veränderungen in der Größe der betrachteten Tiergruppe (Zahl der Neuerkrankungen eines Zeitraumes dividiert durch die Anzahl der

Tiertage unter Risiko in diesem Zeitraum – ausgedrückt zum Beispiel als „pro 100 Tiere“, dann multipliziert mit 100). Als Tiertage unter Risiko werden diejenigen im Betrachtungszeitraum gezählt, an denen die Tiere frei von der betrachteten Krankheit sind und an denen die Tiere Teil der betrachteten Tiergruppe sind (d. h. an denen sie z. B. nicht verkauft oder tot sind). Die Inzidenzdichte ist damit das präziseste Maß der Inzidenz (Bonita et al. 2008); mit ihr wird die Geschwindigkeit gemessen, mit der Neuerkrankungen auftreten (Kreienbrock, 2012).

Die Tiertage unter Risiko bei der Inzidenzdichte liegen relativ nah an dem, was in dieser Studie mit dem tiertaggenauen Durchschnittsbestand beschrieben wird; der Unterschied liegt darin, dass der Durchschnittsbestand jedes Tier, das an einem Tag auf dem Betrieb vorhanden war, zählt, egal, ob gesund oder krank. Jedoch ist zu berücksichtigen, dass mit den Daten aus den tierärztlichen Anwendungs- und Abgabebelegen nicht in jedem Fall das Krankheitsgeschehen auf den Pilotbetrieben beschrieben wird, aber relativ sicher das Behandlungsgeschehen. In verschiedenen Studien, die mit Inzidenzen arbeiten, werden allerdings jeweils durchaus verschiedene Definitionen zu Neuerkrankungen, Tieren unter Risiko oder der Population, auf die bezogen wird, gegeben, die teils auch den vorhandenen Daten geschuldet sind. Daher unterscheiden sich die in dieser Studie verwendeten Anteile behandelter Tiere in Form von Behandlungsgängen nicht in jedem Fall von den in anderen Studien verwendeten Inzidenzen.

4.8.3.5 Eutergesundheit – somatische Zellgehalte

Im Median wiesen im Milchjahr 2015 auf den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben 42,1 % (26,8 - 76,4 %) der Milchkühe einen Gehalt von bis zu 100.000 somatischen Zellen pro ml Milch auf und waren damit als eindeutig eutergesund einzustufen; bei den konventionell wirtschaftenden Betrieben waren es mit 56,5 % (43,4 - 70,0 %) der Milchkühe deutlich mehr (Abbildung 4.8-6b). Dementsprechend galten mit somatischen Zellgehalten von über 100.000 pro ml im Median der ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe 57,9 % (23,6 - 73,2 %) der Milchkühe als an unspezifischer Mastitis erkrankt, während es bei den konventionell wirtschaftenden noch 43,5 % (30,0 - 56,6 %) waren. Werte von über 400.000 somatischen Zellen pro ml wurden in den Betrieben beider Systeme im Median von recht ähnlichen Anteilen an Milchkühen erreicht (14,6 % (ö) bzw. 11,1 % (k)), jedoch mit weiteren Spannen zwischen den einzelnen ökologisch (4,9 - 28,2 %) wirtschaftenden Betrieben gegenüber den konventionellen (6,5 - 19,4 %) (Abbildung 4.8-6). Die Ergebnisse der 37 Pilotbetriebe beider WQ®-Erhebungen in diesem Projekt – bei WQ® dienen die Anteile Milchkühe mit über 400.000 Zellen pro ml als Indikator für an Mastitis erkrankte Tiere – lagen im Median auf ähnlichem Niveau, während die Spannen bei den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben höher waren (vergleiche Kapitel 4.7).

Der Anteil Milchkühe mit einem somatischen Zellgehalt von > 100.000 pro ml sollte nach Barth et al. (2011) in einem Betrieb bei unter 25 % liegen, der von > 400.000 pro ml bei unter 8 %. Ersteres wurde von nur einem ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieb erreicht (und von keinem bei Barth et al., 2011), letzteres von nur drei ökologisch und zwei konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben. Der Median des Anteils Milchkühe mit einem Zellgehalt von > 100.000 pro ml der ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe lag mit 57,9 % genauso hoch wie der Mittelwert der Betriebe bei Barth et al. (2011) vor Intervention, und auch die Spannweite der Einzelwerte der Betriebe war sehr ähnlich. Die ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe hatten jedoch einen etwas niedrigeren Median (14,6 % versus 16 %) und eine geringere Spannweite in der Zellzahlklasse > 400.000 als die Mittelwerte und Spannen der Betriebe bei Barth et al.

(2011). Die konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe hingegen hatten im Vergleich sowohl einen deutlich geringeren Anteil an Milchkühen mit mehr als 100.000 somatischen Zellen pro ml als auch eine geringere Spanne der Werte der Einzelbetriebe, und auch war der Anteil an Milchkühen mit somatischen Zellzahlen von > 400.000 Zellen im Median um fast vier Prozentpunkte niedriger und in der Spannweite weniger als halb so hoch wie die Spannweite bei ökologisch wirtschaftenden Betriebe bei Barth et al. (2011). Die große Variabilität der somatischen Zellzahlen insbesondere der ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe zeigte sich auch in anderen Studien, die ebenfalls große Unterschiede in der Eutergesundheit ökologisch gehaltener Milchviehherden (beispielsweise Hovi et al., 2003; Brinkmann & March, 2010; Barth et al., 2011) und Milchviehherden beider landwirtschaftlicher Systeme (Hoedemaker, 2020) festgestellt hatten.

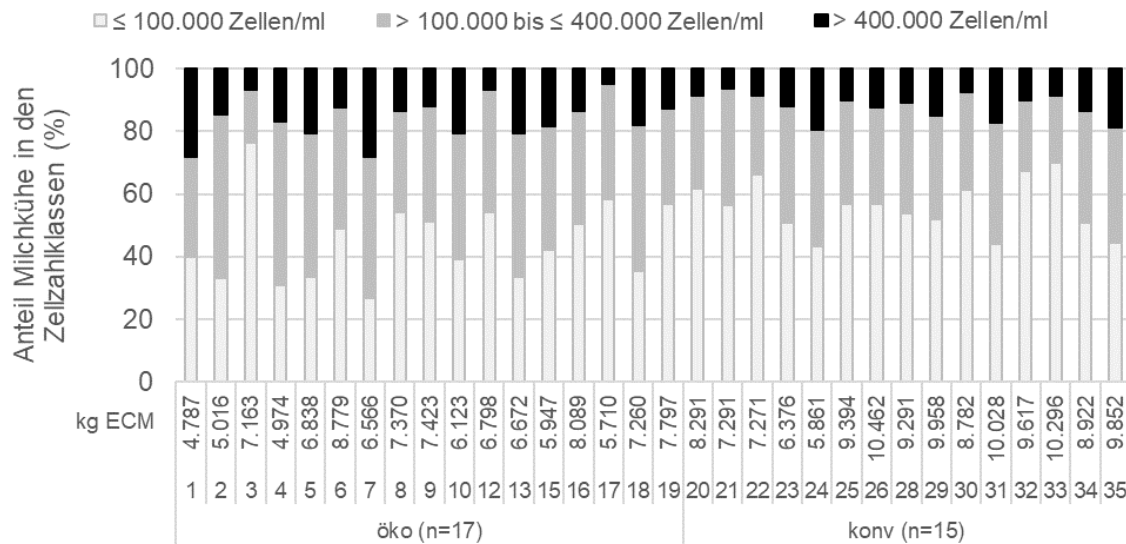
Nach Winter (2009) gilt eine Herde als eutergesund, wenn nach Auswertung der individuellen Kuhzellzahlen (*Individual somatic cell count*, ISCC, als Gesamtgemelk aller vier Viertel zu einem Melkzeitpunkt) 66 % der Milchkühe weniger als 100.000 somatische Zellen pro ml Milch aufweisen, 27 % der Milchkühe zwischen 101.000 und 200.000 Zellen, 5 % der Milchkühe zwischen 201.000 und 400.000 Zellen und maximal 2 % der Milchkühe mehr als 400.000 somatische Zellen. Die Zellzahlklassen für die Auswertung der Pilotbetriebsdaten wurden ohne den Grenzwert von 200.000 berechnet, so dass hier nur der addierte Prozentsatz von 32 % Milchkühe zwischen 101.000 und 400.000 Zellen als Vergleich herangezogen werden kann. Nach diesen bei Winter (2009) dargestellten Werten erreicht kein Pilotbetrieb für das Jahresmittel des Milchjahres 2015 in Gänze die Werte, um die Herde als eutergesund einstufen zu können. Lediglich ein ökologisch wirtschaftender Betrieb (5,9 % der ö PB) und drei konventionell wirtschaftende (20,0 % der k PB) hatten 76,4 % (ö) bzw. 66,3 - 70 % (k) der Milchkühe in der Zellzahlklasse unter 100.000 somatischen Zellen und gleichzeitig mit 16,8 (ö) bzw. 21,5 - 25,0 % (k) in der Klasse zwischen 101.000 und 400.000 Zellen, jedoch lagen immer noch statt nur maximal 2 % 6,8 % (ö) bzw. 8,5 - 10,0 % (k) der Herde im Bereich über 400.000 somatischen Zellen.

Im Welfare Quality® protocol for cattle (2009) werden als Schwellenwerte für an Mastitis erkrankte Milchkühe einer Herde (dort definiert als Milchkühe mit einem somatischen Zellgehalt von > 400.000 pro ml) 8,75 % als sogenannter Warnwert und 17,5 % als Alarmwert angegeben. Den Warnwert halten in beiden landwirtschaftlichen Systemen die Minderzahl der Pilotbetriebe ein, und zwar drei (17,6 % der ö PB) der ökologisch bzw. vier (26,7 % der k PB) der konventionell wirtschaftenden – letzteres ist die doppelte Anzahl an Betrieben als im zuvor genannten Grenzwert von Barth et al. (2011), obwohl der WQ®-Warnwert nur 0,75 Prozentpunkte höher liegt. Über dem Warn- und unter dem Alarmwert liegen sieben (41,2 % der ö PB) bzw. neun (60,0 % der k PB) Pilotbetriebe, und über dem Alarmwert liegen wiederum sieben ökologisch und nur zwei (13,3 % der k PB) konventionell wirtschaftende Betriebe.

Gemessen an den zuvor hier diskutierten Grenzwerten nach Winter (2009), WQ® (2009) und Barth et al. (2011) zeigten die Pilotbetriebe insgesamt also keinen besonders guten Zustand der Eutergesundheit. Die konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe wiesen dabei einen besseren Eutergesundheitsstatus auf als die ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe und auch als die 106 ökologisch wirtschaftenden Betriebe der Studie von Barth et al. (2011). Die Einzelwerte der Maßzahlen zur Eutergesundheit in den konventionell geführten Herden streuten weniger weit (dies würde auch für die Jahre nach Intervention

bei Barth et al. (2011) zutreffen, wenn auch mit abnehmendem Unterschied). Die besten Eutergesundheitswerte aller Pilotbetriebe zeigte jedoch ein ökologisch wirtschaftender Betrieb, wenngleich dieser dennoch nicht alle von Winter (2009) geforderten Grenzwerte erreichte.

(a) Zellzahlklassenbesetzung auf den einzelnen Pilotbetrieben



(b) Zellzahlklassenbesetzung in den Systemen öko und konv

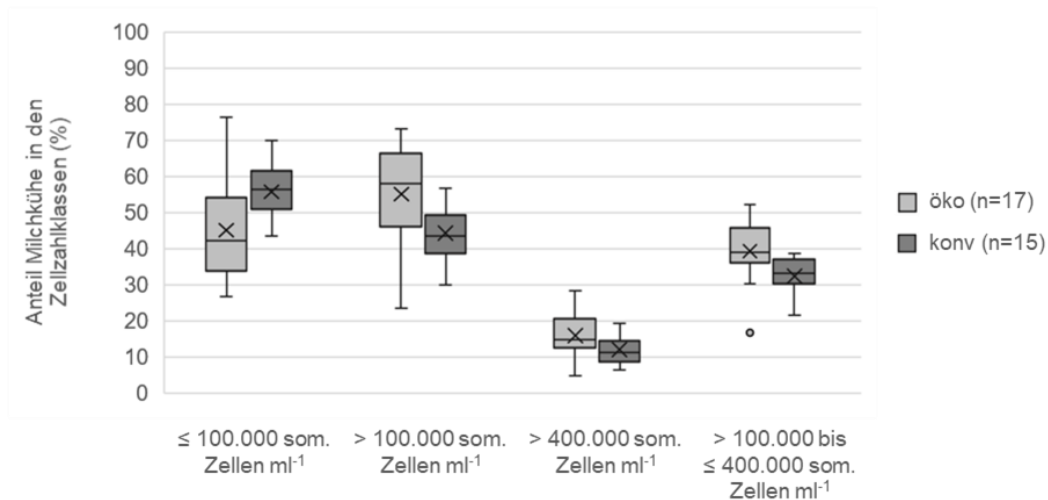


Abbildung 4.8-6: Anteil der Milchkühe in den Zellzahlklassen ≤ 100.000 somatische (som.) Zellen ml^{-1} (eutergesund), > 100.000 bis ≤ 400.000 Zellen ml^{-1} (an unspezifischer Mastitis erkrankt, problematisch aus Tiergesundheitssicht) und > 400.000 Zellen ml^{-1} Milch (an unspezifischer Mastitis erkrankt, problematisch zusätzlich auch aus Lebensmittelhygienesicht) nach Daten der Milchleistungsprüfung im Mittel des Milchjahres 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv). Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkt; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.

4.8.3.6 Stoffwechselerkrankungen – Fett-Eiweiß-Quotienten

Im Median wiesen die Herden der ökologisch bzw. konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe einen ähnlichen Anteil von Milchkühen mit **Fett-Eiweiß-Quotienten $\geq 1,5$** in den ersten 100 Tagen der Laktation auf (7,2 % (ö) bzw. 6,1 % (k); Abbildung 4.8-7a, Abbildung 4.8-7b) und lieferten damit einen Hinweis darauf, dass die Milchkühe in beiden landwirtschaftlichen Systemen der Gefahr von Energiemangel und Entwicklung einer Ketose im Median in ähnlichem Maße ausgesetzt waren. Jedoch streuten die Werte einzelbetrieblich auf den ökologischen Pilotbetrieben in höherem Maße (4,2 - 24,8 %) und lagen hier auch vereinzelt deutlich höher als auf den konventionellen Pilotbetrieben (2,2 - 12,0 %) (Abbildung 4.8-7a). Der niedrigste Anteil von Milchkühen mit zu hohen Fett-Eiweiß-Quotienten fand sich auf dem einzigen Betrieb, der Ketose-Metaphylaxe mit einem antimikrobiell wirksamen Medikament (Kexxtone®) betrieb. Über diesen Einzelfall hinaus konnte kein Zusammenhang zwischen erhöhten Fett-Eiweiß-Quotienten und Häufigkeiten von Behandlungsgängen hinsichtlich Ketose festgestellt werden (Details nicht dargestellt).

Energiemangelsituationen, die von Fett-Eiweiß-Quotienten $\geq 1,5$ angezeigt werden, traten im Median auf den Pilotbetrieben beider landwirtschaftlicher Systeme nur etwa halb so häufig auf wie im Mittel auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben bei Barth et al. (2011), waren jedoch auf einzelnen Betrieben ein deutliches Problem., ohne dass dort Ketosen gehäuft behandelt wurden.

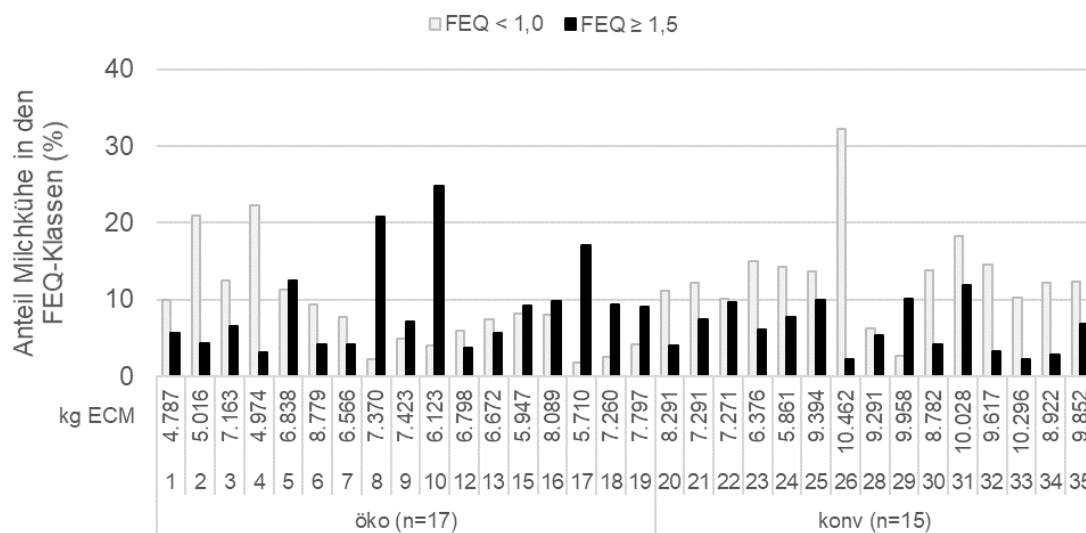
Auf den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben lagen im Median 7,8 % der Milchkühe mit den **Fett-Eiweiß-Quotienten $< 1,0$** und damit geringere Anteile als auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben mit 12,3 % (Abbildung 4.8-7b). Damit waren auf den konventionell bewirtschafteten Pilotbetrieben im Median höhere Anteile an Milchkühen der Gefahr von Azidose durch eine zu strukturarme, nicht mehr wiederkäuergerechte Ration ausgesetzt. In beiden Systemen streuten die Werte der Einzelbetriebe recht weit, jedoch bei den konventionell wirtschaftenden Betrieben weiter und auf höherem Niveau (1,7 - 22,2 % (ö) versus 2,7 - 32,2 % (k)) (Abbildung 4.8-7a, Abbildung 4.8-7b).

Bei den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben wurden die höchsten Anteile mit mehr als 20 % der Milchkühe mit einem Fett-Eiweiß-Quotienten unter 1,0 festgestellt; diese beiden Herden wiesen mit rund 5.000 kg ECM Milchleistung die zweit- und drittgeringste Milchleistung aller Pilotbetriebe auf. Der höchste Wert der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe lag bei über 30 % Milchkühe, die einen Fett-Eiweiß-Quotienten von unter 1,0 aufwiesen; diese Herde erzielte mit fast 10.500 kg ECM die höchste Milchleistung des PilotbetriebeNetzwerkes (Abbildung 4.8-7a). Ein Zusammenhang zwischen geringen Fett-Eiweiß-Quotienten und Behandlungsgängen, die sich gegen Verdauungsstörungen (wie beispielsweise Enteritis oder Azidose) richteten, konnte nicht festgestellt werden (Details nicht dargestellt). Lediglich auf zwei Pilotbetrieben (1 ö, 1 k), in deren Herden mehr als 10 % der Milchkühe einen Fett-Eiweiß-Quotienten von $< 1,0$ aufwiesen, wurden überhaupt Verdauungsprobleme bei Milchkühen dokumentiert.

Die ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe hatten im Median einen niedrigeren Anteil an Milchkühen mit sehr niedrigen Fett-Eiweiß-Quotienten von 1,0 als die Betriebe bei Barth et al. (2011) vor Intervention (11 %), während die konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe höher lagen.

Der fehlende Zusammenhang zwischen den dokumentierten Behandlungsgängen von Ketosen und Verdauungsstörungen und den erhöhten Anteilen der Milchkühe mit Über- oder Unterschreitungen von Grenzwerten der Fett-Eiweiß-Quotienten deutet darauf hin, dass die Stoffwechselstörungen entweder subklinisch abliefen oder nicht erkannt wurden, oder erkannt wurden und dennoch als nicht behandlungsbedürftig eingeschätzt wurden (vergl. Hoedemaker 2020 zur Einstellung von Tierhaltenden zur Behandlungsbedürftigkeit von Kälberflechte). Vielleicht wurden zudem die Angaben in den monatlichen Prüfberichten der Milchleistungskontrolle nicht beachtet oder nicht korrekt interpretiert, was auch der Vergleich von somatischen Zellgehalten und Behandlungsgängen gegen Euterentzündung in Kapitel 4.8.3.8 in Teilen nahelegt und wie auch die Erfahrungen von Hoedemaker (2020) zeigen.

(a) Fett-Eiweiß-Quotienten auf den einzelnen Pilotbetrieben



(b) Fett-Eiweiß-Quotienten in den Systemen öko und konv

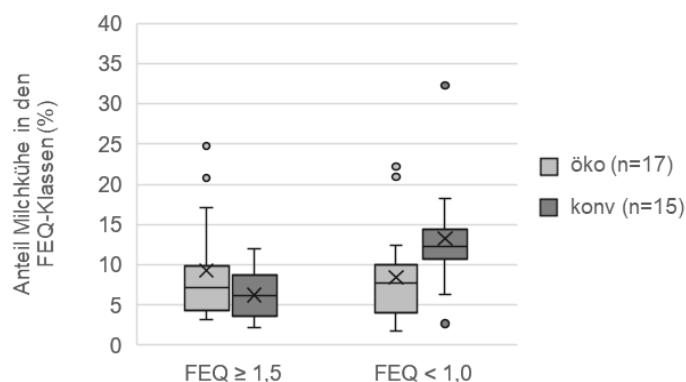


Abbildung 4.8-7: Anteil Milchkühe innerhalb der ersten 100 Laktationstage mit einem Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ) ≥ 1,5 sowie Anteil Milchkühe an allen Laktierenden mit einem FEQ < 1,0 nach Daten der Milchleistungsprüfung im Mittel des Milchjahres 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015) auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv).

4.8.3.7 Gesundheitsprobleme in den 12 Monaten vor Betriebsbesuch im Sommer 2015 – Interviewangaben im Vergleich zu den Behandlungsgängen

Zum Interview zur Tiergesundheit liegen für die Frage „Welches waren / sind die 3 wichtigsten Gesundheitsprobleme auf dem Betrieb in den letzten 12 Monaten [vor dem heutigen Datum] für Milchkühe, Jungvieh und Tränkekälber?“ Antworten für 33 Pilotbetriebe (17 ö, 16 k) vor (Tabelle 4.8-7).

Tabelle 4.8-7: Pilotbetriebe (17 ökologisch (öko) und 16 konventionell (konv) wirtschaftende) mit Interview-Angabe von Gesundheitsproblemen in den zwölf Monaten vor dem Betriebsbesuch im Sommer 2015. Der Bezugszeitraum der Frage liegt, bezogen auf alle Pilotbetriebe, zwischen 14.07.2014 und 01.10.2015. Dargestellt ist Anzahl der Pilotbetriebe, die keine, ein, zwei oder drei Gesundheitsprobleme für die einzelnen Tierkategorien Tränkekälber, Jungvieh und Milchkühe angaben.

Pilotbetriebe mit Angabe von	Tränkekälber		Jungvieh		Milchkühe	
	öko	konv	öko	konv	öko	konv
0 Problemen	2	6	11	11	2	2
1 Problem	8	7	6	5	6	2
2 Problemen	6	3	0	0	4	9
3 Problemen	1	0	0	0	5	3

Für 15 ökologisch bzw. zehn konventionell wirtschaftende Pilotbetriebe wurden zwischen ein und drei Gesundheitsprobleme bei den Tränkekälbern angegeben, für sechs bzw. fünf Pilotbetriebe ein Problem beim Jungvieh und für 15 bzw. 14 Pilotbetriebe zwischen ein und drei Problemen bei den Milchkühen. Die Anzahl der Pilotbetriebe ohne Angabe von Problemen war bei den Tränkekälber (2 ö PB, 6 k PB) und den Milchkühen (je 2 PB) in der Unterzahl, demgegenüber beim Jungvieh in der Überzahl (je 11 PB ohne Angabe von Problemen).

Kälber

Für die Gruppe der Pilotbetriebe, die ein bestimmtes Gesundheitsproblem im Interview für die vergangenen zwölf Monate geäußert hatte, lagen die Mediane der entsprechenden Behandlungsgänge höher als die der Gruppe, die kein derartiges Gesundheitsproblem geäußert hatte (Abbildung 4.8-8). Dies gilt sowohl für die Betrachtung der ökologischen (ö in den dazugehörigen Abbildungen) bzw. konventionell (k) wirtschaftenden Pilotbetriebe als auch für die Gesamtbetrachtung (g) beider Systeme innerhalb der Gruppen „Problem geäußert“ und „kein Problem geäußert“. In den meisten Fällen überlappten sich die Spannweiten der Werte der einzelnen Gruppen in recht weiten Bereichen.

Im Detail äußerten die Betriebsleitenden von neun Pilotbetrieben (6 ö, 3 k) im Interview, dass ihre Tränkekälber in den vergangenen zwölf Monaten Probleme mit **Atemwegserkrankungen** aufgewiesen hatten oder noch aufwiesen (Abbildung 4.8-8a). Auf diesen Betrieben lag der Median der Behandlungsgänge, in denen Atemwegserkrankungen behandelt wurden, bei 22,1 % (mit einzelbetrieblichen Werten von 0 - 56,9 %) (ö) bzw. 50,0 % (0 - 95,0 %) (k) behandelter Kälber (≤ 14 d).

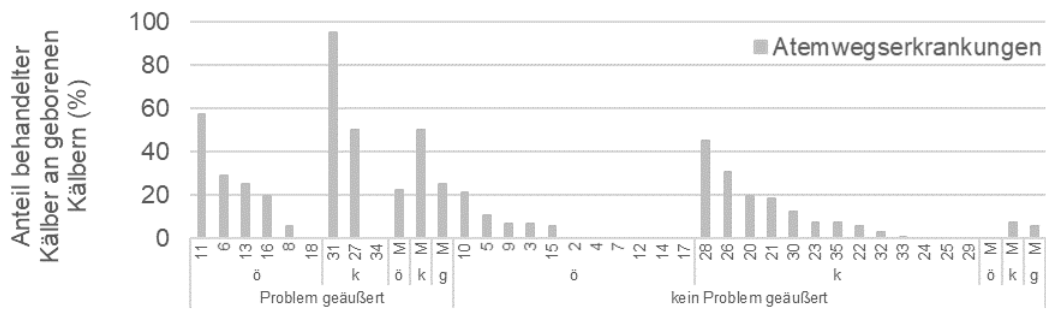
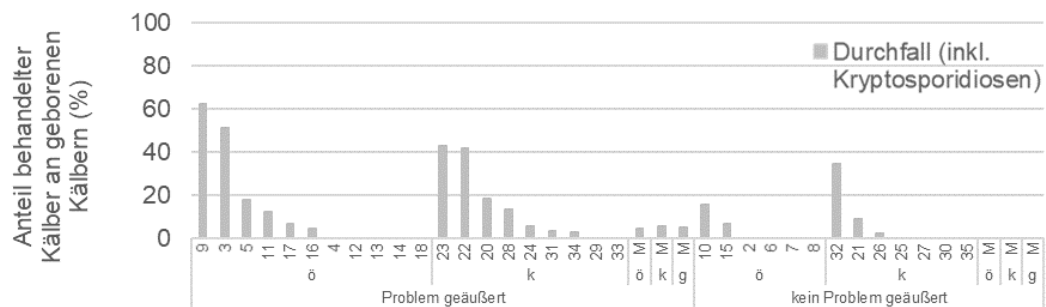
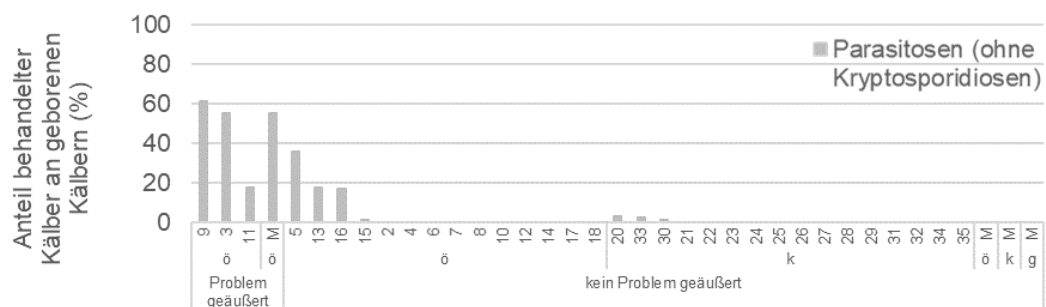
(a) Probleme mit Atemwegserkrankungen**(b) Probleme mit Durchfallerkrankungen (inklusive Kryptosporidiosen)****(c) Probleme mit Parasitosen (exklusive Kryptosporidiosen)**

Abbildung 4.8-8: Ergebnisse der Interviewfrage nach den Gesundheitsproblemen der Tränkekälber (in den vergangenen 12 Monaten vor dem Besuchsdatum im Sommer 2015) im Vergleich zu den Behandlungsgängen bei den Kälbern (≤ 14 d) (im Milchjahr 2015, 01.10.2014 - 30.09.2015) auf den ökologisch (ö; hier: $n=17$) und konventionell (k; $n=16$) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv). Mit M gekennzeichnet sind die Mediane in den Gruppen „Problem geäußert“ und „kein Problem geäußert“ nach System (ö, k) bzw. insgesamt innerhalb dieser Gruppen (g).

Achtung beim Vergleich mit den Behandlungsgängen (Abbildung 4.8-2 und Tabelle 4.8-2): Dort wurden die Kryptosporidiosen den krankheitsverursachenden Parasitosen zugeordnet, während sie hier dem Symptom Durchfall zugeordnet wurden (da dies in der Regel in den Interviews angegeben wurde).

Für 24 Pilotbetriebe (11 ö, 13 k) wurden für die Tränkekälber keine Probleme mit Atemwegserkrankungen genannt. Sie wiesen im Median Anteile von 0 % (0 - 21,1 % (ö) und 6,9 % (0 - 44,7 %) (k) gegen Atemwegserkrankungen behandelte Kälber (≤ 14 d) auf.

Durchfallerkrankungen (inklusive Durchfall verursachende Kryptosporidiosen) wurden für 20 Pilotbetriebe (11 ö, 9 k) als Gesundheitsproblem identifiziert (Abbildung 4.8-9b), mit Medianen der Behandlungsgänge von Durchfallerkrankungen (inklusive Kryptosporidiosen) der Kälber (≤ 14 d) von 4,4 % (0 - 62,2 %) (ö) bzw. 5,9 % (0 - 42,9 %) (k). Hierbei wurden einzelbetrieblich in zwei Fällen (beide ö) über 50 % der Kälber und in zwei Fällen (beide k) über 40 % der Kälber behandelt. Die Mediane der 13 Pilotbetriebe (6 ö, 7 k), die keine Probleme mit Durchfallerkrankungen geäußert hatten, lagen bei jeweils 0 % (0 - 15,8 % (ö) bzw. 0 - 34,7 % (k)) behandelter Kälber (≤ 14 d), die gegen Durchfall und Kryptosporidiosen behandelt worden waren.

Lediglich für drei Pilotbetriebe (alle ö) wurden **Parasitosen (exklusive Kryptosporidiosen)** als Gesundheitsproblem bei den Tränkekälbern thematisiert (Abbildung 4.8-9c). Im Median wurden auf diesen Betrieben 55,3 % (18,1 - 61,1 %) der Kälber (≤ 14 d) gegen Parasitosen (ohne Kryptosporidiosen) behandelt. Auf den 30 anderen Pilotbetrieben (14 ö, 16, k) ohne Angabe von Problemen mit Parasitosen lag der Median jeweils bei 0 % (0 - 34,7 % (ö) bzw. 0 - 3,1 % (k)) behandelter Kälber (≤ 14 d), allerdings mit einzelbetrieblich höheren Werten zwischen 17,1 und 34,7 % bei drei ökologisch wirtschaftenden Betrieben.

Zusätzlich zu diesen Schwerpunkten der Gesundheitsprobleme auf den Pilotbetrieben wurden für einen ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieb Nabelentzündungen als Problem angegeben. Mit 6 Fällen bzw. 8,0 % diesbezüglich behandelter Kälber (≤ 14 d) war dies der Betrieb mit dem höchsten Anteil an hinsichtlich Nabelentzündung behandelter Kälber. Weitere Gesundheitsprobleme wurden im Interview für keinen Pilotbetrieb geäußert.

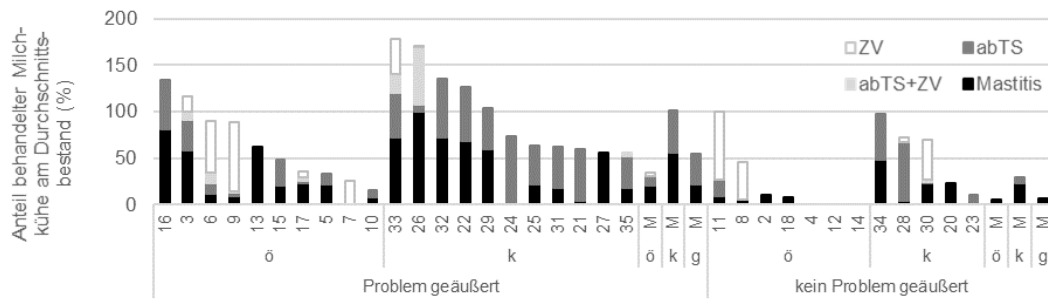
Jungvieh

Beim Jungvieh gaben 22 Pilotbetriebe (11 ö, 11 k) keine Gesundheitsprobleme in den letzten 12 Monaten an. Die restlichen Angaben von 6 ökologisch und fünf konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben betrafen jeweils ein einzelnes genanntes Problem pro Betrieb und verteilten sich auf die Bereiche Bewegungsapparat (Nennung von 1 ö PB, 3 k PB), Trichophytie (2 ö PB, 1 k PB), Parasiten (2 ö PB), Fruchtbarkeit (1 k PB) und den Bereich Sonstige (1 ö PB) (ohne Abbildung aufgrund der geringen Anzahl an Nennungen im Interview und an Behandlungsgängen, vergleiche Abbildung 4.8-4, Tabelle 4.8-5).

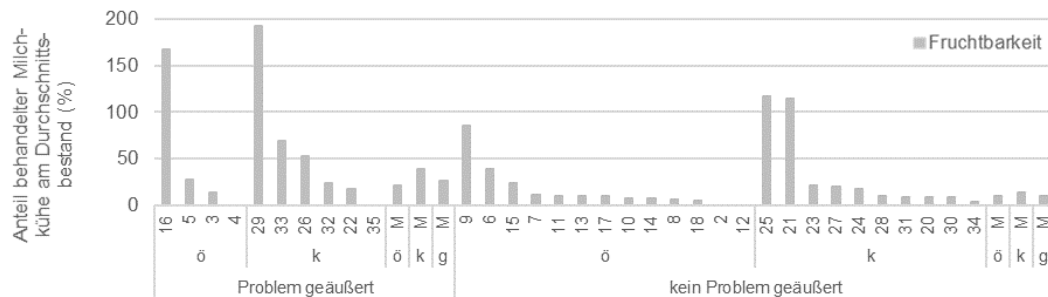
Milchkühe

Ähnlich wie bei den Tränkekälbern lagen in der Regel auch bei den Milchkühen für die Gruppe der Pilotbetriebe, die ein bestimmtes Gesundheitsproblem im Interview für die vergangenen zwölf Monate geäußert hatte, die Mediane der entsprechenden Behandlungsgänge höher als die der Gruppe, die kein derartiges Gesundheitsproblem geäußert hatte (Abbildung 4.8-9).

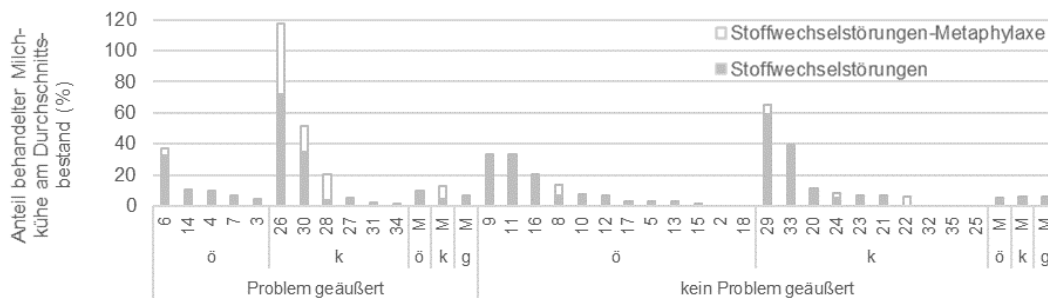
a) Probleme mit Euterentzündungen



b) Probleme mit Fruchtbarkeit



c) Probleme mit Stoffwechselerkrankungen



d) Probleme mit Klauenerkrankungen

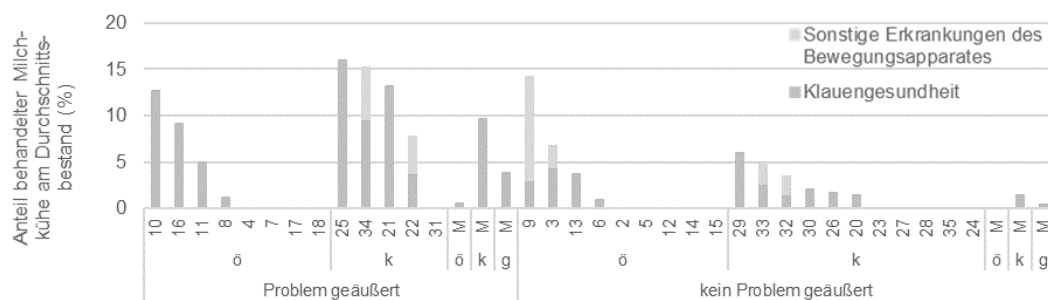


Abbildung 4.8-9: Ergebnisse der Interviewfrage nach Gesundheitsproblemen der Milchkühe (in den vergangenen 12 Monaten vor Betriebsbesuch im Sommer 2015) im Vergleich zu den Behandlungsgängen (im Milchjahr 2015, 01.10.2014 - 30.09.2015) auf den ökologisch (hier: n=17; ö) und konventionell (n=16; k) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv). Mit M gekennzeichnet sind die Mediane in den Gruppen „Problem geäußert“ und „kein Problem geäußert“ nach System (ö, k) bzw. insgesamt innerhalb dieser Gruppen (g). abTS = ausschließlich antibiotisches Trockenstellen; abTS+ZV = antibiotisches Trockenstellen und Zitzenversiegler; ZV = nur Zitzenversiegler.

Im Detail wurde im Interview für 21 Pilotbetriebe (10 ö, 11 k) angegeben, dass die Milchkühe Probleme mit **entzündlichen Eutererkrankungen** in den letzten zwölf Monaten vor Betriebsbesuch hatten (Abbildung 4.8-9a). Auf diesen Betrieben lag der Median der Behandlungsgänge, in denen ausschließlich **Mastitis** behandelt wurde, bei 20,9 % (ö) bzw. 56,4 % (k) behandelter Milchkühe. Die **Summe aller Behandlungsgänge gegen entzündliche Eutererkrankung (inklusive deren Metaphylaxe)** (d. h. Mastitis, antibiotisches Trockenstellen, antibiotisches Trockenstellen inklusive Gabe eines Zitzenversieglers und ausschließliche Gabe eines Zitzenversieglers) lag im Median bei 55,8 % (ö) bzw. 73,8 % (k) behandelter Milchkühe. Für zwölf Pilotbetriebe (7 ö, 5 k) wurden keine Probleme bezüglich entzündlicher Eutererkrankungen der Milchkühe geäußert; diese wiesen im Median Anteile von 5,6 % (ö) und 22,7 % (k) auf Mastitis hin behandelter Milchkühe auf. Die Summe aller Behandlungsgänge gegen entzündliche Eutererkrankung lag im Median bei 8,4 % (ö) und 70,0 % (k) entsprechend behandelter Milchkühe.

Für zehn Pilotbetriebe (4 ö, 6 k) wurde im Interview geäußert, dass die Milchkühe Probleme mit der **Fruchtbarkeit** aufwiesen (Abbildung 4.8-9b). Auf diesen Betrieben lag der Median der Behandlungsgänge, in denen Fruchtbarkeitsprobleme behandelt wurden, bei 20,5 % (ö) bzw. 38,3 % (k) behandelter Milchkühe. Für 23 Pilotbetriebe (13 ö, 10 k) wurden keine Probleme bezüglich der Fruchtbarkeit der Milchkühe geäußert und wiesen im Median Anteile von 9,7 % (ö) und 13,2 % (k) auf Fruchtbarkeitsprobleme hin behandelter Milchkühe auf.

Weiterhin gaben im Interview die Betriebsleitenden von elf Pilotbetrieben (5 ö, 6 k) an, dass sie Probleme mit **Stoffwechselstörungen** bei den Milchkühen sahen (Abbildung 4.8-9c). Auf diesen Betrieben lag der Median der Behandlungsgänge, in denen Stoffwechselstörungen behandelt wurden, bei 9,9 % (ö) bzw. 4,7 % (k), und die **Summe der Behandlungsgänge von Stoffwechselstörungen und deren Metaphylaxe** bei ebenfalls 9,9 % (ö) bzw. 12,7 % (k). Für 22 Pilotbetriebe (12 ö, 10 k) wurden keine Stoffwechselprobleme genannt, wobei die Milchkühe auf diesen Betrieben im Median zu 5,0 % (ö) bzw. 6,1 % auf Stoffwechselstörungen hin behandelt wurden. Damit lag ein einziges Mal ein Median der Gruppe „Problem geäußert“ niedriger als der zugehörige Median der Gruppe „kein Problem geäußert“ (sowohl bei den Milchkühen als auch bei den Tränkekälbern). Dies gilt allerdings nur für die Betrachtung der Behandlung der Krankheit; unter Betrachtung der Behandlung von Erkrankung und Metaphylaxe liegt der Median der Gruppe „Problem geäußert“ wie bei den anderen Diagnosen höher als der zugehörige Median der Gruppe „kein Problem geäußert“. Die Summe der Behandlungsgänge von Stoffwechselstörungen und deren Metaphylaxe lag im Median bei ebenfalls 5,0 % (ö) bzw. 6,7 % (k).

Für 13 Pilotbetriebe (8 ö, 5 k) wurden Probleme mit der **Klauengesundheit** im Interview genannt (Abbildung 4.8-9d). Diese Betriebe wiesen im Median Anteile von 0,6 % (ö) bzw. 9,7 % (k) auf Klauenerkrankungen hin behandelter Milchkühe auf. Ebenfalls 0,6 % (ö) bzw. 13,2 % (k) der Milchkühe dieser Betriebe wurden im Median in **Summe auf Klauenerkrankungen und sonstige Erkrankungen des Bewegungsapparates** hin behandelt. Bei den 20 Pilotbetrieben (9 ö, 11 k), die keine Probleme mit Klauenerkrankungen angaben, waren im Median 0 % (ö) bzw. 1,4 % (k) der Milchkühe sowohl hinsichtlich Klauenerkrankungen als auch hinsichtlich der Summe von Klauenerkrankungen und sonstigen Erkrankungen des Bewegungsapparates behandelt worden.

Neben den Schwerpunkten der Probleme Euterentzündungen, Fruchtbarkeitsprobleme, Stoffwechsel- sowie Klauenerkrankungen wurden für nur zwei ökologisch wirtschaftende Pilotbetriebe in den Interviews jeweils ein **anderes Gesundheitsproblem** genannt; dies waren Hornstoßverletzungen auf der Weide und im Auslauf sowie zu wenig Milch bei Erstkalbinnen.

Im **Vergleich** der **Interviewangaben** und der dazugehörigen **Behandlungsgänge** überschnitten sich die Spannen der Anteile behandelter Tiere der Gruppen „Problem geäußert“ und „kein Problem geäußert“ häufig recht weit. Der gewichtigste Grund hierfür wird vermutlich in der jeweils individuellen Wahrnehmung und Gewichtung der Interviewten zu finden sein. Seitens der Fragestellung gab es keinerlei Eichung der Interviewten; so gab es beispielsweise keine Vorgaben zu Indikatoren oder zu Schwellenwerten, ab denen etwas als problematisch vorgegeben wurde. Damit waren die Interviewten völlig frei in ihren Äußerungen, was sie als Problem definierten, ab welcher Schwere sie dies taten, und warum sie es als Problem empfanden (z. B. wegen der monetären Bewertung, des Blicks auf das Tierwohl, des Arbeitsaufwands der Behandlung einer Erkrankung, des Arbeitsaufwands der Vermeidung einer Erkrankung u. a.). Die einzige Einschränkung seitens der Frage lag in der Anzahl der drei erfragten Gesundheitsprobleme pro Tierkategorie. Hier antworteten viele Interviewte mit weniger als drei Problembereichen, niemand mit mehr. Denkbar ist, dass einzelbetrieblich bei sehr vielen Gesundheitsproblemen das ein oder andere aufgrund der Beschränkung auf drei Probleme nicht erwähnt wurde, andererseits ist es genauso denkbar, dass die Interviewten in so einem Fall trotz der Fragestellung einfach mehr als drei Angaben gemacht hätten.

In den Fällen, in denen die Interviewten nicht deckungsgleich mit den Verantwortlichen im direkten Tiermanagement waren, könnte unter Umständen die Wahrnehmung der Interviewten eine (vermutlich eher geringfügig) andere sein. Theoretisch könnte sich so einzelbetrieblich ein gewisser Versatz zwischen Interviewangabe und Behandlungsgängen und somit auch die sich überlappenden Anteile behandelter Tiere der beiden Gruppen „Problem geäußert“ und „kein Problem geäußert“ erklären lassen. Allerdings erscheinen insgesamt für die jeweiligen Gruppen, die Probleme äußerten bzw. nicht äußerten, die Interviewangaben im Vergleich zu den Anteilen behandelter Tiere robust: es lagen in allen verglichenen Gesundheitsbereichen sowohl der Kälber als auch der Milchkühe die Mediane der Behandlungsgänge in den Gruppen „Problem geäußert“ höher als in den Gruppen „kein Problem geäußert“, auch bei den Stoffwechselerkrankungen inklusive Metaphylaxe; die einzige Ausnahme bildeten die Behandlungsgänge der Stoffwechselerkrankungen ohne Metaphylaxe auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben. Dies könnte in einer Unschärfe beider gegenübergestellten Datensätze begründet sein: zum einen wurden die Diagnosen der tierärztlichen Anwendungs- und Abgabebelege im Rahmen der Digitalisierung übernommen und dort wurde vermutlich nicht immer klar zwischen metaphylaktischer und kurativer Behandlung unterschieden. Zum anderen könnten verschiedene Interviewte unterschiedliche Vorstellungen davon haben, ob sie die Verwendung einer metaphylaktischen Behandlung in ihrem Bestand dem Gesundheitsproblem, das vermieden werden soll, zuordnen oder eben nicht, und ob sie demnach eher ein Gesundheitsproblem in ihrer Herde sehen oder nicht.

Ein weiterer Grund für vermutlich eher leichte Verschiebungen zwischen Interviewangaben und Behandlungsgängen könnte die zeitlich nicht identische Deckung der beiden Zwölfmonatszeiträume von Interview (Bezugszeitraum zwölf Monate vor Interview, das zwischen dem 14.07.2015 und dem 01.10.2015 geführt wurde) und Auswertung der Anwendungs- und Abgabebelege (Milchjahr 2015, d. h. 01.10.2014 bis 20.09.2015) sein. Dies dürfte jedoch nur theoretisch in solchen Einzelfällen relevant sein, in denen das Interview früh im Sommer 2015 stattfand, und es in den zwölf Monaten zuvor ein Gesundheitsproblem gab, das tatsächlich noch vor Beginn des Milchjahres 2015 oder bald danach abgestellt werden konnte. Dieses im Interview genannte Problem hätte dann keine Entsprechung in den Behandlungsgängen.

4.8.3.8 Euterentzündungen der Milchkühe – Vergleich von Behandlungsgängen und Zellzahlen aus der MLP im Kontext der Interviewangaben

Für den im Kontext der Interviewangaben durchgeführten Vergleich des Eutergesundheitsstatus der Herden auf den Pilotbetrieben mit den Behandlungsgängen, die gegen entzündliche Eutererkrankungen durchgeführt wurden, lagen die Daten für 30 Betriebe (15 ö, 15 k) vollständig vor. Es konnte kein genereller Zusammenhang über beide landwirtschaftlichen Systeme hinweg festgestellt werden zwischen dem Anteil eutergesunder Milchkühe und dem Anteil an Milchkühen, die hinsichtlich entzündlicher Eutererkrankungen (d. h. Mastitis und antibiotisches Trockenstellen) und deren Prophylaxe (d. h. Zitzenversiegler) behandelt wurden. Dies galt sowohl für die Summe der Behandlungsgänge von Mastitis, ausschließlich antibiotisches Trockenstellen, antibiotisches Trockenstellen und gleichzeitige Gabe eines Zitzenversieglers sowie ausschließliche Gabe eines Zitzenversieglers als auch für die jeweils einzelnen Aspekte (die fehlenden Zusammenhänge in Form von Scatterplots werden nicht gezeigt). Aus diesem Grund erfolgte die Zusammenschau der drei Aspekte Behandlungsgänge, Eutergesundheit nach MLP und Interviewangaben, in der sich ein etwas differenzierteres Bild zeigte.

Der Anteil der als eutergesund geltenden Milchkühe (mit < 100.000 Zellen ml^{-1} Milch) lag bei den 20 Pilotbetrieben (10 ö, 10 k), für die im Interview angegeben wurde, dass ihre Milchkühe in den vergangenen zwölf Monaten Probleme mit Mastitiden gehabt hätten, im Median bei 45,5 % (ö) bzw. 56,6 % (k) (Abbildung 4.8-10). Auf diesen Betrieben wurden im Median 55,8 % (ö) bzw. 88,7 % der Milchkühe insgesamt hinsichtlich entzündlicher Eutererkrankungen durch die oben genannten Verfahren behandelt. 34,2 % (ö) bzw. ebenfalls 88,7 % (k) der Milchkühe dieser Betriebe wurden mit antimikrobiell wirkenden Tierarzneimitteln mit der Diagnose Mastitis und/oder zum Trockenstellen behandelt.

Auf den zehn Pilotbetrieben (5 ö, 5 k), für die keine Probleme hinsichtlich Euterentzündungen angegeben worden waren, lag der Anteil der eutergesunden Milchkühe im Median bei 35,3 % (ö) bzw. 54,0 % (k). Im Median wurden 8,4 % (ö) bzw. 70,0 % (k) der Milchkühe hinsichtlich entzündlicher Eutererkrankungen behandelt. Antimikrobiell wirkende Medikamente gegen Mastitiden und/oder zum Trockenstellen erhielten auf diesen Betrieben im Median 5,6 % (ö) bzw. 26,8 % (k) der Milchkühe (Abbildung 4.8-10).

Damit waren auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben, für die im Interview keine Probleme mit Euterentzündungen genannt worden waren, deutlich weniger Milchkühe eutergesund als auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben, für die Probleme angegeben worden waren. Gleichzeitig wurden in den Betrieben beider landwirtschaftlicher Systeme, die keine Eutergesundheitsprobleme angegeben hatten, die Milchkühe deutlich seltener behandelt. Bei den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben lagen die Anteile eutergesunder Milchkühe in beiden Gruppen „Problem geäußert“ und „kein Problem geäußert“ auf ähnlichem Niveau.

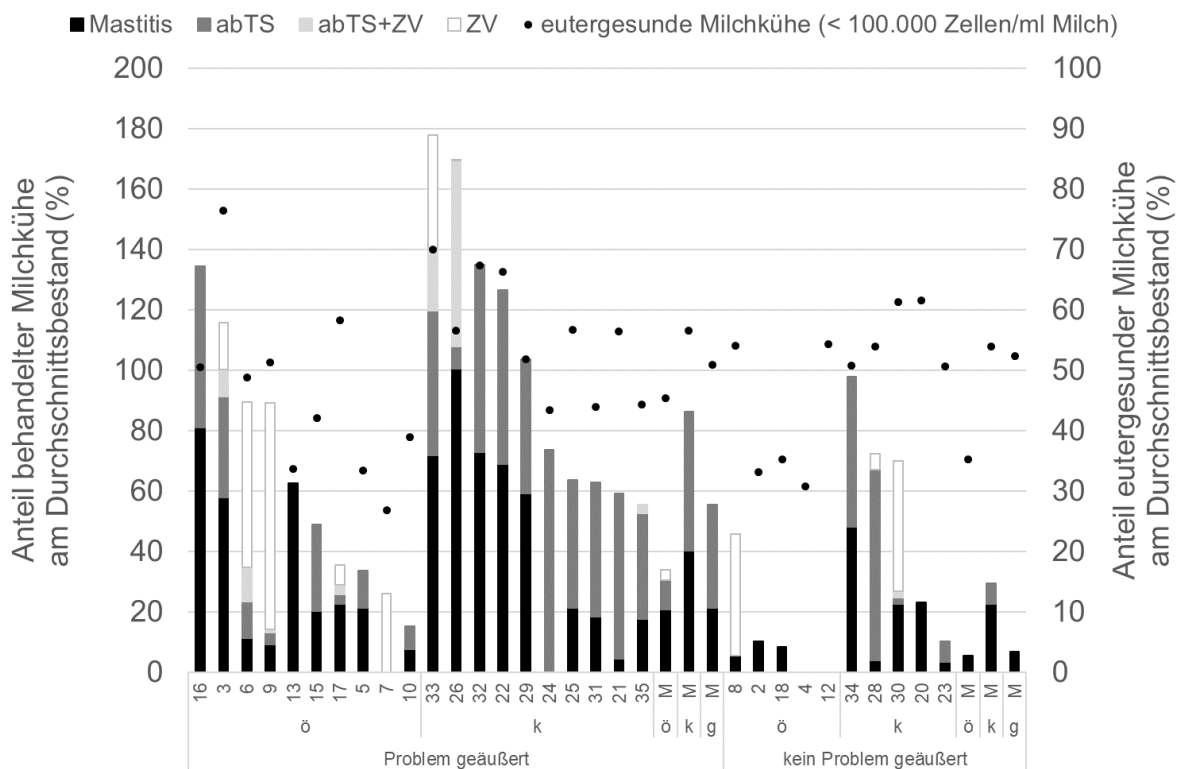


Abbildung 4.8-10: Behandlungsgänge hinsichtlich Euterentzündungen der Milchkühe, Anteile eutergesunder Milchkühe (beide Milchjahr 2015, 01.10.2014 - 30.09.2015) und Interviewangaben zu entzündlichen Eutererkrankungen (in den vergangenen 12 Monaten vor Betriebsbesuch im Sommer 2015) auf den ökologisch (ö; n=15) und konventionell (k; n=15) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv). Mit M gekennzeichnet sind die Mediane in den Gruppen „Problem geäußert“ und „kein Problem geäußert“ nach System (ö, k) bzw. insgesamt innerhalb dieser Gruppen (g). abTS = ausschließlich antibiotisches Trockenstellen; abTS+ZV = antibiotisches Trockenstellen und Zitzenversiegler; ZV = ausschließlich Zitzenversiegler.

Aus Abbildung 4.8-10 lässt sich zudem ablesen, dass ein Anteil von beispielsweise rund 54 % eutergesunder Milchkühe auf den einzelnen Pilotbetrieben mit einem sehr unterschiedlichen Aufwand an Behandlungsgängen zwischen 0 % (PB 12) über 45,7 % (bzw. mit antimikrobiellen Wirkstoffen 5,6 %; PB 8) bis hin zu 72,5 % (bzw. mit antimikrobiellen Wirkstoffen 67,1 %; PB 28) behandelter Milchkühe realisiert wurde. Auch war die Verteilung der Behandlungsgänge in die Diagnosen Mastitis, antibiotisches Trockenstellen (ggf. inkl. Zitzenversiegler) und ausschließliche Gabe von Zitzenversiegler bei einem ähnlichen Anteil eutergesunder Milchkühe deutlich unterschiedlich, sowohl bei diesen drei als auch bei anderen Pilotbetrieben, so dass hier kein allgemeiner Trend abzulesen war.

Die Interviewangaben der Betriebsleitenden bezüglich eines Problems mit entzündlichen Eutererkrankungen in den letzten zwölf Monaten können für die Pilotbetriebe offensichtlich keinen eindeutigen Hinweis auf die Eutergesundheit einer Milchviehherde (als Anteile eutergesunder Milchkühe nach Berichten

der Milchleistungsprüfung) liefern. Anders allerdings sieht es aus bei den Behandlungsgängen bzgl. Mastitis und/oder Trockenstellen, für die antimikrobiell wirksame Tierarzneimittel verschrieben wurden: Diese Behandlungsgänge waren auf den Pilotbetrieben, die für entzündliche Eutererkrankungen ein "Problem geäußert" hatten, deutlich häufiger als auf denen, für die "kein Problem geäußert" worden war. Dabei lag das Niveau der Anteile von Milchkühen mit Behandlungsgängen bei Mastitis und/oder Trockenstellen bei den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben in beiden Interviewgruppen deutlich niedriger als das Niveau bei den konventionell wirtschaftenden. Anscheinend assoziierten die Betriebsleitenden also eher die Behandlung ihrer Milchkühe mit Tierarzneimitteln mit dem Vorhandensein oder der Abwesenheit von Problemen mit Mastitis als sie es mit den direkten Angaben zum Eutergesundheitsstatus ihrer Herde nach Bericht der Milchleistungsprüfung taten. Demnach scheint es Potential zu geben, den Angaben zur Eutergesundheit in den monatlichen Berichten der Milchleistungsprüfung mehr Aufmerksamkeit zu schenken, um daraus gezielte Behandlungsbedarfe bei Einzeltieren abzuleiten. Hierzu passt die Feststellung Hoedemakers (2020), dass die Prüfberichte der Milchleistungsprüfung von den Tierhaltenden in ihrer Studie häufig nicht genutzt oder nicht korrekt interpretiert wurden, so dass keine Handlungsempfehlungen abgeleitet werden konnten.

Bei den Tierhaltenden der Studie von Hoedemaker (2020) gab es grundsätzlich ein Bewusstsein für Missstände bei der Tiergesundheit, allerdings war ein Teil der Tierhaltenden zufrieden mit der herrschenden Tiergesundheit, die aber verbesserungsfähig gewesen wäre. Ob und in welcher Form Einstellungen der Tierhaltenden Einfluss auf die korrekte Einschätzung der Tiergesundheit nehmen, ist noch unklar. Milchkühe in Betrieben von Tierhaltenden, die sich eines höheren Anteils lahmer Kühe bewusst waren (höherer Farmers' Detection Index), hatten ein deutlich geringeres Risiko, lahm zu sein als Milchkühe in Betrieben, deren Tierhaltenden kein solches Bewusstsein aufwiesen (Hoedemaker, 2020). Im Unterschied zur vorliegenden Studie gaben Tierhaltende von ökologisch wirtschaftenden Betrieben durchschnittlich eine eher mit der Realität übereinstimmende Selbsteinschätzung als Tierhaltende konventionell wirtschaftender Betriebe (Hoedemaker, 2020).

Bei der Betrachtung der möglichen **Zusammenhänge von Behandlungsgängen** hinsichtlich Euterentzündungen und **Zellzahlen** im Kontext der Angaben im **Interview** scheint sich ein gewisser Zusammenhang für diejenigen ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe anzudeuten, die angaben, in den zwölf zurückliegenden Monaten ein Problem mit entzündlichen Eutererkrankungen gehabt zu haben: Hier wurden interessanterweise umso weniger Milchkühe gegen entzündliche Eutererkrankungen behandelt, je geringer der Anteil eutergesunder Milchkühe war. Anders ausgedrückt erhielten die Milchkühe mit über 100.000 somatischen Zellen pro ml Milch auf den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben weniger häufig als anscheinend benötigt eine Behandlung mit Tierarzneimitteln, wenn die Landwirtinnen und Landwirte im Interview ein Problem mit Euterentzündungen angegeben hatten. Ein Bewusstsein für ein Problem mit entzündlichen Eutererkrankungen war demnach nicht gleichbedeutend mit einer diesbezüglich erhöhten Anzahl von Behandlungen der Milchkühe mit Tierarzneimitteln. Neben der vielleicht verbesserungswürdigen Beachtung oder auch Interpretation der monatlichen Berichte der Milchleistungsprüfung sind in diesem Zusammenhang auch die Vorgaben der EU-Ökoverordnung (Verordnung (EU) 2018/848) und der einzelnen Anbauverbände zum Tierarzneimiteleinsatz als Erklärungsansatz hinzuzuziehen. Nach der EU-Ökoverordnung darf jedes ganzjährig auf dem Betrieb stehende Tier nur maximal dreimal im Jahr mit einem antimikrobiell wirksamen oder chemisch-synthetischen Tierarzneimittel behandelt wer-

den, ansonsten verlieren es selbst und seine Produkte den Öko-Status. Zudem gilt das Verbot von prophylaktischer Behandlung mit ebendiesen Tierarzneimitteln. Dazu kommt die doppelte Wartezeit auf Milch und Fleisch nach Anwendung eines Tierarzneimittels. Außerdem gibt es vom Anbauverband Bio-land (2021) eine Liste mit Tierarzneimitteln und deren Wirkstoffklassen, die nicht oder nur im klar definierten Ausnahmefall für Tiere eingesetzt werden sollen. In Kombination trägt dies alles am Ende vielleicht dazu bei, dass die ökologisch wirtschaftenden Landwirtinnen und Landwirte sich weniger häufig für eine Behandlung ihrer Tiere entscheiden als angezeigt wäre – zumindest lässt die relativ niedrige Euter-gesundheit dies bei den Betriebsleitenden vorhandene Bewusstsein dafür, und eine dennoch nicht an-gemessene Behandlungshäufigkeit von Euterentzündungen auf den ökologisch geführten Pilotbetrieben eine entsprechende Vermutung zu.

Die ähnlichen Anteile eutergesunder Kühe bei den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben mit (56,6 % der Milchkühe eutergesund) und ohne (54,0 %) Äußerung von Mastitis-Problemen wurden mit sehr unterschiedlichen Anteilen an Behandlungsgängen mit antimikrobiellen Wirkstoffen erzielt (88,7 % der Milchkühe bei den k PB mit Äußerung von Mastitisproblemen versus 26,8 % der Milchkühe ohne Äußerung von Mastitisproblemen).

In der Gesamtschau scheinen die subjektive Einschätzung der Betriebsleitenden zum Krankheitsgeschehen bei der Mastitis und die Häufigkeit der Behandlungsgänge nicht mit dem Überschreiten von Grenzwerten in der Milch übereinzustimmen.

4.8.3.9 Therapiehäufigkeit – antibiotische Einzelgaben pro Tier

Der Therapiehäufigkeit lagen die antibiotischen Einzelgaben (auch nPDD genannt) zugrunde, wie sie aus den Behandlungsdokumentationen der Pilotbetriebe berechnet wurden. Im Milchjahr 2015 wurden für die ökologisch bzw. konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe 614 bzw. 1.474 antibiotische Einzelgaben für die Kälber, 156 bzw. 101 für das Jungvieh und 2.428 bzw. 8.390 für die Milchkühe ermittelt.

Die dokumentierte Therapiehäufigkeit des Milchjahres 2015, d. h. die Anzahl von Tagen, die ein Tier innerhalb dieses Milchjahres mit einem antimikrobiellen Wirkstoff behandelt wurde, lag bei den **Kälbern (≤ 14 d)** in der Gruppe der ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe im Median mit 0,27 Tagen halb so hoch wie in der Gruppe der konventionell wirtschaftenden Betriebe mit 0,55 Tagen je geborenem Kalb (Abbildung 4.8-11). Die Therapiehäufigkeit der Einzelbetriebe streute in beiden Systemen weit: die Spannweite betrug 0 (7 ö PB) bis 2,28 Tage bei den ökologisch und 0 (2 k PB) bis 2,75 Tage bei den konventionell wirtschaftenden Betrieben (Abbildung 4.8-11, Abbildung 4.8-12).

Beim **Jungvieh** lag die Therapiehäufigkeit auf allen Pilotbetrieben auf einem sehr niedrigen Niveau. Im Median betrug sie 0 (0 - 0,58) Tage je Jungvieh bei den ökologisch und 0,06 (0 - 0,54) Tage bei den konventionell wirtschaftenden Betrieben. Auf zehn ökologisch und fünf konventionell wirtschaftenden Betrieben wurden keinerlei Behandlungen mit antimikrobiell wirkenden Tierarzneimitteln dokumentiert (Abbildung 4.8-11, Abbildung 4.8-12).

Am häufigsten wurden in beiden Systemen im Median die **Milchkühe** antimikrobiell behandelt. Im Median wurden die **Milchkühe** der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe mit einer Therapiehäufigkeit von 2,32 Tagen pro Milchkuh (mit einzelbetrieblichen Werten zwischen 0,86 und 7,09 Tagen) zweieinhalb

Mal so häufig mit antimikrobiellen Wirtstoffen behandelt wie die der ökologisch wirtschaftenden mit 0,91 Tagen (mit Werten zwischen 0 (4 ö PB) und 5,1 Tagen) (Abbildung 4.8-11, Abbildung 4.8-12).

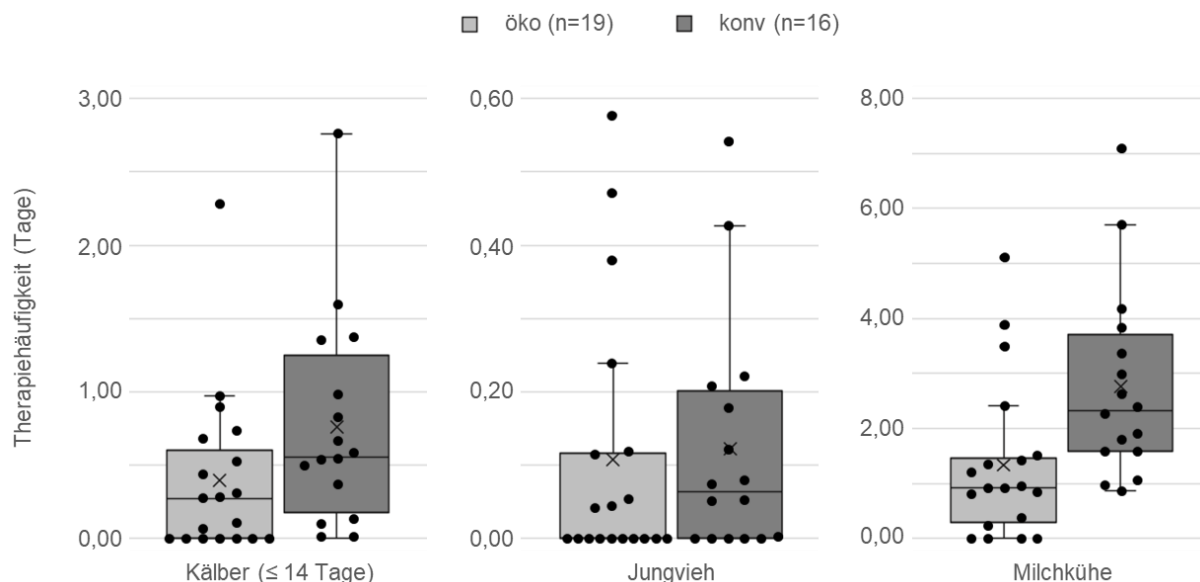


Abbildung 4.8-11: Therapiehäufigkeit der Kälber (≤ 14 d), des Jungviehs und der Milchkühe der ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetriebe im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015), dargestellt nach landwirtschaftlichem System. Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; Einzelwerte = Punkte; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkte außerhalb der Fühler; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler. Die Markierungen der Einzelwerte liegen nicht senkrecht übereinander, wenn dies das Erkennen der einzelnen Punkte behindern würde.

Hommerich et al. (2019) zeigten halbjährliche Mediane der Therapiehäufigkeit von zwischen 170 bis rund 470 Milchviehbetrieben und den Jahren 2011 bis 2015 bei Kälbern zwischen 0,3 und 0,8 Tagen und bei Milchkühen zwischen 1,9 und 2,3 Tagen. Damit liegen dort ähnliche Werte vor wie auf den Pilotbetrieben, mit Ausnahme der Milchkühe der auf niedrigerem Niveau behandelnden ökologisch wirtschaftenden Betriebe. Auch in anderen Studien aus anderen Ländern wurden im Grunde vergleichbar hohe Werte berichtet, die allerdings teilweise auf Defined Daily Doses Animal basieren (statt auf nPDD; z. B. sDA Autoriteit Diergeneesmiddelen, 2016). Im Übrigen befindet sich auch der Median der Therapiehäufigkeit der Mastschweinehaltung im Jahr 2015 auf ähnlichem Level bei 2,1 Tagen (während er bei Saugferkeln (25,0 Tage) und Absetzern (5,8 Tage) viel höher lag; Schaekel et al., 2017).

Für zur Mast gehaltene Rinder, Schweine, Puten und Hühner müssen halbjährlich Therapiehäufigkeiten berechnet und mit den anderen Betrieben gleicher Wirtschaftsrichtung im Sinne eines Benchmarkings verglichen werden (Arzneimittelgesetz (AMG), 2014). Der Median und das dritte Quartil (Q3) sind die Grenzwerte, oberhalb derer gemäß AMG (2014) eine Reaktion des Tierhalters zur Reduktion der Anti-

mikrobiotikagaben notwendig wird. Erreicht der eigene Betrieb eine Therapiehäufigkeit oberhalb des Medians, ist eine Prüfung durch den Tierhalter unter Hinzuziehung des Tierarztes (ohne Niederschrift) notwendig. Liegt die Therapiehäufigkeit des eigenen Betriebes über dem dritten Quartil, muss mit dem Tierarzt zusammen ein schriftlicher Maßnahmenplan erarbeitet werden. Die Milchviehhaltung und zugeordnete Betriebszweige (Kälberhaltung, Nachzucht) sind normalerweise nicht berichtspflichtig im Sinne des AMG (2014), so dass keine bundesweiten Vergleichszahlen zu den für die Pilotbetriebe ermittelten Werte zur Verfügung stehen.

Würde das Benchmarking-Konzept des AMG (2014) auf die Milchkühe der beiden einzelnen Gruppen der ökologisch und konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe übertragen, müssten fünf der ökologisch und vier der konventionell wirtschaftenden Betriebe einen schriftlichen Maßnahmenplan zur Antibiotikareduzierung erarbeiten und jeweils vier Betriebe ihren Antibiotikaeinsatz ohne Niederschrift reduzieren. Unter Anwendung des Medians und des dritten Quartils aller Pilotbetriebe wären zur Antibiotikareduzierung insgesamt neun Pilotbetriebe (3 ö, 6 k) mit schriftlichem Maßnahmenplan und 8 Pilotbetriebe (3 ö, 5 k) ohne Niederschrift verpflichtet und damit wären deutlich weniger ökologisch wirtschaftende Betriebe betroffen. In den beiden Ansätzen bliebe die Summe der zu einer Reduktion verpflichteten Pilotbetriebe gleich, die Verteilung auf die Systeme und die Individuen wären verschieden.

Würde das Benchmarking-Konzept des AMG (2014) auf die Gesamtheit der Pilotbetriebe übertragen, wären unter Anwendung des Medians und des dritten Quartils aller Pilotbetriebe insgesamt 8 Pilotbetriebe (3 ö, 5 k) ohne Niederschrift und neun Pilotbetriebe (3 ö, 6 k) zur Antibiotikareduzierung mit schriftlichem Maßnahmenplan und verpflichtet. Würden die einzelnen Gruppen betrachtet, d. h. die ökologisch wirtschaftenden mit Median und 3. Quartil der ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe und die konventionell wirtschaftenden mit Median und 3. Quartil der konventionell wirtschaftenden Betriebe, müssten fünf der ökologisch und vier der konventionell wirtschaftenden Betriebe einen schriftlichen Maßnahmenplan zur Antibiotikareduzierung erarbeiten und jeweils vier Betriebe ihren Antibiotikaeinsatz ohne Niederschrift reduzieren. In den beiden Ansätzen bliebe die Summe der zu einer Reduktion verpflichteten Pilotbetriebe gleich, die Verteilung auf die Systeme wäre verschieden.

Für die Pilotbetriebe konnte gezeigt werden, dass die ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe für den bedeutendsten Gesundheitsaspekt auf Milchviehbetrieben, nämlich den der Eutergesundheit, weniger Antimikrobiotika einsetzten als die konventionell wirtschaftenden, dabei jedoch die Herden eine schlechtere Eutergesundheit aufwiesen. Während also einerseits wünschenswerterweise wenig Antimikrobiotika in einem Gesundheitsbereich eingesetzt wurden, war andererseits die Tiergesundheit in diesem Bereich nicht gut. Vor diesem Hintergrund erscheint es überdenkenswert, in welcher Art eine Antibiotika-Reduktionsstrategie für Nutztiere, wie sie beispielsweise durch das AMG (2014) für Masttiere angeregt wird, umgesetzt wird. Das AMG (2014) schließt explizit keine Milchkühe oder Kälber und Jungvieh zur Nachzucht ein. Sollte jedoch zukünftig ein bundesweites Monitoring des Einsatzes von antimikrobiell wirksamen Substanzen mit dem Ziel einer Anwendungsreduktion von Antimikrobiotika auch in Milchviehbetrieben erfolgen, sollte dieses in Kombination mit zusätzlichen, einfach zu erhebenden Parametern der Tiergesundheit verbunden werden, um nicht auf Kosten von Tierwohl und Tiergesundheit zu einer Antimikrobiotikareduktion zu gelangen. Indikatoren könnten beispielsweise die Zellzahlklassenbesetzungen der Milchkühe oder die Mortalität bei Jungvieh und Kälbern sein (z. B. BTK 2017; Hoedemaker, 2020). Eine gemeinsame Erhebung und Auswertung von Tiergesundheitsindikatoren und Anwendung von Antimikrobiotika könnte zu einer Verbesserung beider Indikatoren führen anstelle zu einer ungewollten Verschlechterung des einen unter Verbesserung des anderen, wie es seit längerer Zeit sowohl aus Wissenschaft,

Politik und von Vertretern von Verbänden aus dem tiermedizinischen Bereich beispielsweise mit der Einrichtung einer zentralen Tiergesundheitsdatenbank angedacht wird (z. B. BTK, 2017).

Um Resistenzbildungen gegen Antimikrobiotika weiter zu minimieren, könnte die Auswertung der Therapiehäufigkeit gemäß AMG (2014) ausgeweitet werden auf die Wirkstoffklassen, die große Bedeutung für sowohl die Humangesundheit (WHO 2016, WHO 2017, TÄHAV 2018; vergleiche Kapitel 4.8.3.10) als auch die Tiergesundheit (OIE 2015) haben (Cephalosporine der 3. und 4. Generation, Fluorchinolone, Polymyxine; vergleiche Kapitel 4.9.3.12). Die derzeit gemäß AMG (2014) berichtete Anzahl der Tage, an denen ein antimikrobieller Wirkstoff angewendet wurde, könnte beispielsweise aufgegliedert werden in Anzahl Tage, an denen besonders wichtige Wirkstoffklassen angewendet wurden, und Anzahl Tage, an denen restliche Wirkstoffklassen zum Einsatz kamen.

4.8.3.10 Therapiehäufigkeit nach Wirkstoffklassen

Die **WHO** klassifiziert seit 2005 antimikrobielle Wirkstoffe vor dem Hintergrund ihrer Relevanz für die Humangesundheit. In der fünften Bearbeitung ihrer Klassifizierung „*Critically Important Antimicrobials for Human Medicine 5th Revision 2016*“ (WHO, 2017), die die Basis der Auswertungen dieses Berichts ist, teilt die WHO antimikrobielle Wirkstoffklassen in vier Gruppen mit ansteigender Wichtigkeit für die Behandlung von Menschen ein. Grundlage der Einstufung sind definierte Kriterien, die den Resistenzdruck auf die Wirkstoffklassen beschreiben. Anhand der Kriterien erfolgt die Einstufung der antimikrobiellen Wirkstoffklassen von wichtig („*Important Antimicrobials*“, **IA**) über hochgradig wichtig („*Highly Important Antimicrobials*“, **HIA**) zu kritisch wichtig („*Critically Important Antimicrobials*“), wobei diese Gruppe noch einmal aufgeteilt ist in die Wirkstoffklassen, die als kritisch mit hoher Priorität („*High Priority Critically Important Antimicrobials*“, **CIA**) und kritisch mit höchster Priorität („*Highest Priority Critically Important Antimicrobials*“, **HPCIA**) bewertet werden. Die auf den Pilotbetrieben eingesetzten Wirkstoffklassen und ihre Zuordnung zu diesen WHO-Kategorien können Abbildung 4.8-13 entnommen werden, die eingesetzten Wirkstoffe der Tabelle 4.8-8. Die sogenannten wichtigen Antimikrobiotika (IA) wurden in keinem Fall auf den Pilotbetrieben eingesetzt und werden daher in den Tabellen und Abbildungen im Ergebnisteil nicht aufgeführt.

Abbildung 4.8-12 gibt in Form der Therapiehäufigkeit einen ersten Eindruck über die Verteilung der Anwendung von Antimikrobiotika auf die drei WHO-Kategorien der HPCIA (in den folgenden Abbildungen mit „1“ abgekürzt), der CIA („2“) und der HIA („3“). Im Median war die Therapiehäufigkeit bei den **Kälbern** in allen drei Kategorien in beiden landwirtschaftlichen Systemen sehr niedrig, dabei besonders bei den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben. Für die **HPCIA** lagen die Therapiehäufigkeiten auf gleichem Niveau bei 0,043 bzw. 0,045 Tagen bei den ökologisch bzw. konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben, für die **CIA** bei 0 bzw. 0,111 Tagen höher bei den konventionell wirtschaftenden und für die **HIA** wiederum fast gleichauf bei 0 bzw. 0,004 Tagen pro geborenem Kalb im Milchjahr 2015. Diese Median-Werte sind auch darauf zurückzuführen, dass für mehr als ein Drittel der ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe (7 ö PB) keinerlei Anwendungen von Antimikrobiotika bei ihren Kälbern dokumentiert waren. Insgesamt waren die Wertespannen der einzelnen Wirkstoffkategorien nach WHO (2017) auf den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben mit 0 - 0,32 (**HPCIA**), 0 - 1,86 (**CIA**) und 0 - 0,47 (**HIA**) geringer als auf den konventionell wirtschaftenden mit 0 - 1,36, 0 - 2,66 und 0 - 0,78 Tagen pro geborenem Kalb.

Diese große Varianz zwischen den Systemen als auch innerhalb beider einzelner Systeme ist einzelbetrieblich in Abbildung 4.8-12a erkennbar:

Von den zwölf ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben, die Antimikrobiotika bei ihren **Kälbern** einsetzen, setzten zehn, das sind 52,6 % aller ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe, Antimikrobiotika der Kategorie der **HPCIA** ein, jedoch nur einer mit 0,28 Tagen ausschließlich und ansonsten keiner überwiegend. Der höchste Wert der übrigen lag dabei bei 0,32 Tagen pro geborenem Kalb. Acht ökologisch wirtschaftende Pilotbetriebe (42,1 % der ö PB) setzten mit einer Spanne von 0,08 bis 1,86 Tagen pro geborenem Kalb Antimikrobiotika der Kategorie der **CIA** ein, und sieben (36,8 %) Antimikrobiotika der Kategorie **HIA** mit einer Spanne von 0,02 bis 0,47 Tagen. Nur bei zwei ökologisch wirtschaftenden Betrieben machten die Therapiehäufigkeiten der Kategorie der **HIA**, d. h. der als lediglich hochgradig für die Humangesundheit wichtig eingestuften Wirkstoffklasse, den überwiegenden Anteil an der gesamten Therapiehäufigkeit des jeweiligen Betriebes aus, mit Werten von 0,36 und 0,23 Tagen pro geborenem Kalb (Abbildung 4.8-12a).

Von den 14 konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben, die Antimikrobiotika bei ihren Kälbern einsetzen, setzten zwölf Betriebe (75 % aller k PB), welche der Kategorie der **HPCIA** ein. Auffällig im Vergleich mit den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben ist, dass zwei konventionell wirtschaftende Pilotbetriebe mit hohen Werten von 1,36 und 0,97 Tagen ausschließlich HPCIA einsetzten und vier weitere mit Werten von 1,21, 0,53, 0,33 und 0,25 Tagen pro geborenem Kalb überwiegend. Auf den übrigen Betrieben lagen die Therapiehäufigkeiten mit HPCIA niedrig bis sehr niedrig mit Werten zwischen 0,01 und 0,16 Tagen. Elf konventionell wirtschaftende Pilotbetriebe (68,8 % der k PB) setzten mit einer Spanne von 0,02 bis 2,66 Tagen Antimikrobiotika der Kategorie der **CIA** ein, davon zwei ausschließlich und drei überwiegend. Die Hälfte der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe (8 k PB) setzten Antimikrobiotika der Kategorie **HIA** ein, vier davon mit lediglich bis zu maximal 0,08 Tagen. Bei nur einem dieser Betriebe hatten die HIA mit 0,78 Tagen pro geborenem Kalb den größten Anteil an der gesamten Therapiehäufigkeit des Betriebes (Abbildung 4.8-12a).

Damit setzte ein mit 75 % größerer Anteil konventionell wirtschaftender Pilotbetriebe als mit 52,6 % ökologischer Betriebe die als kritisch mit höchster Priorität für die Humangesundheit bewerteten **HPCIA** für Kälber ein, auf im Median mit einer Therapiehäufigkeit von 0,045 Tagen niedrigerem vergleichbarem Niveau mit den ökologischen Betrieben (0,043 Tage), jedoch bei gleichzeitig deutlich höherer einzelbetrieblicher Spanne (0 - 0,32 Tage (ö), 0 - 1,36 Tage (k) mit Einsatz von HPCIA pro Kalb) (Abbildung 4.8-12a). Die höheren Spannen aller drei Wirkstoffkategorien auf den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben finden sich auch im Median wieder, der mit 0,55 Tagen pro geborenem Kalb auf den konventionellen Pilotbetrieben doppelt so hoch ausfiel wie auf den ökologisch wirtschaftenden mit 0,27 Tagen (Abbildung 4.8-12, Abbildung 4.8-12a).

Werden die **Therapiehäufigkeiten der einzelnen Wirkstoffklassen** betrachtet, aus denen sich die WHO-Kategorien HPCIA, CIA und HIA jeweils zusammensetzen, zeigt sich bei den **Kälbern** ein sehr unterschiedliches Verteilungsmuster bei den ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben (Abbildung 4.8-13a). Dabei war die einzelbetriebliche Streuung innerhalb beider Gruppen sehr groß und die Mediane der Therapiehäufigkeit wie auch die Minimumwerte und die ersten Quartile lagen jeweils bei null – mit Ausnahme zweier Wirkstoffklassen bei den konventionell wirtschaftenden Betrieben: der **Fluor- und anderen Chinolone (HPCIA; im Median 0,02 Tage)** und der **Aminoglykoside (CIA; im Median 0,04 Tage)** (Abbildung 4.8-13a). Sie wurden bei jeweils 9 Betrieben und damit bei über der Hälfte

der konventionell wirtschaftenden Betriebe eingesetzt. Alle anderen Wirkstoffklassen kamen in beiden landwirtschaftlichen Systemen auf weniger Pilotbetrieben zum Einsatz. Gar nicht für Kälber eingesetzt wurden die drei Wirkstoffklassen der **Cephalosporine der ersten und zweiten Generation**, die **Anti-staphylokokken-Penicilline** und die **Tetracycline**, die alle den **HIA** zugeordnet sind.

Die Unterschiede zwischen den beiden Systemen zeigen sich noch deutlicher in Abbildung 4.8-14a, in der die Anteile dargestellt sind, die die einzelnen Wirkstoffklassen an der gesamten Therapiehäufigkeit haben. Auf den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben bestand die Therapiehäufigkeit der Kälber zu einem großen Teil aus **Penicillinen (natürliche, Amino- und Antipseudomonas-Penicilline; CIA)**, wobei auf den sieben Betrieben, die diese einsetzten, Anteile zwischen 23,8 und 76,6 % erreicht wurden (zwölf der ö PB setzten keine ein, womit der Median bei null lag). Zudem hatte die Wirkstoffklasse der **Sulfonamide (HIA)** einen relevanten Anteil an der gesamten Therapiehäufigkeit; sie wurde ebenfalls auf sieben ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben eingesetzt (hier mit Anteilen zwischen 11,0 und 52,6 % an der Therapiehäufigkeit). Auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben wurden bei den Kälbern hauptsächlich **Fluor- und andere Chinolone (HPCIA; im Median 12,4 %, mit Anteilen auf den neun einsetzenden Betrieben von 0,7 bis 69,2 %)**, **Aminoglykoside (CIA; im Median 3,8 %, mit Anteilen auf den neun einsetzenden Betrieben von 2,6 bis 96,6 %)** und **Penicilline (natürliche, Amino- und Antipseudomonas-Penicilline; CIA; mit Anteilen auf den sieben einsetzenden Betrieben von 2,0 bis 77,8 %)** verwendet. Die weiteren Wirkstoffklassen machten in beiden Systemen deutlich geringere Anteile an der gesamten Therapiehäufigkeit aus (Abbildung 4.8-14a).

Entsprechend der insgesamt sehr niedrigen Therapiehäufigkeiten beim **Jungvieh** von 0 (ö) und 0,06 (k) Tagen je Jungvieh (siehe Kapitel 4.8.3.3, Therapiehäufigkeit) lagen auch die Mediane der Therapiehäufigkeit der drei Wirkstoffkategorien nach WHO (2017) in beiden Systemen bei null, mit der Ausnahme der **HPCIA** bei den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben, die im Median nur etwas darüber lag (0,002 Tage pro Jungtier). Außer der Tatsache, dass noch weniger ökologisch wirtschaftende Pilotbetriebe Jungvieh mit Antimikrobiotika behandelten als dies die konventionell wirtschaftenden taten (vergleiche Kapitel 4.8.3.3, Therapiehäufigkeit), gab es keine wesentlichen Unterschiede zwischen den beiden landwirtschaftlichen Systemen. In beiden wurden HPCIA von den meisten Betrieben, die Antimikrobiotika einsetzten, verwendet (36,8 % der ö PB bzw. 43,8 % der k PB); die einzelbetrieblichen Therapiehäufigkeiten in der Kategorie der HPCIA wiesen auf diesen jeweils sieben Betrieben ähnliche Höhen auf (0,03 - 0,44 (ö) bzw. 0,003 - 0,43 (k) Tage pro Jungvieh) (Abbildung 4.8-12b). Danach folgten vier (21,1 % der ö PB) bzw. fünf (31,3 % der k PB) Betriebe, die **CIA** mit Therapiehäufigkeiten von 0,03 - 0,54 (ö) bzw. 0,06 - 0,18 (k) Tagen pro Jungvieh einsetzten, sowie vier (21,1 % der ö PB) bzw. drei (18,8 % der k PB) Betriebe, die **HIA** mit Therapiehäufigkeiten von 0,02 - 0,12 (ö) bzw. 0,05 - 0,37 (k) Tagen pro Jungtier verabreichten. Die Anteile, mit denen die drei Kategorien der HPCIA, CIA und HIA für das Jungvieh verabreicht wurden, ähnelten sich also in beiden Systemen und waren, unabhängig vom System, ansonsten sehr betriebsindividuell in absoluter Höhe und Zusammensetzung (Abbildung 4.8-12b).

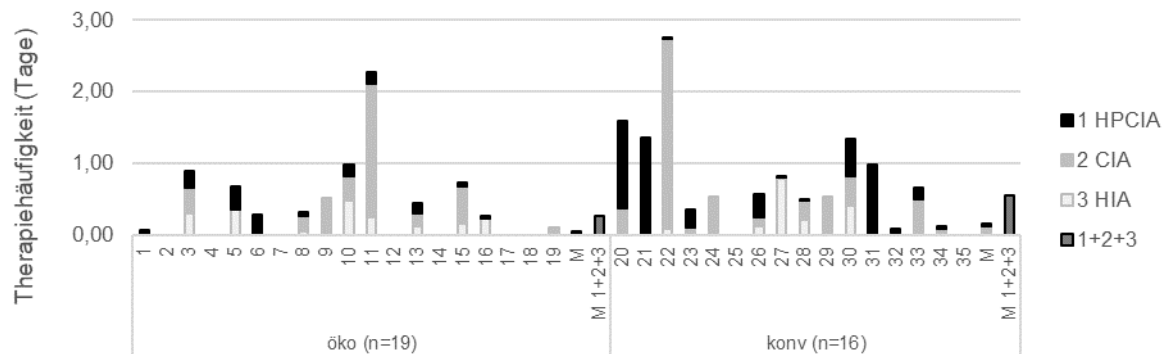
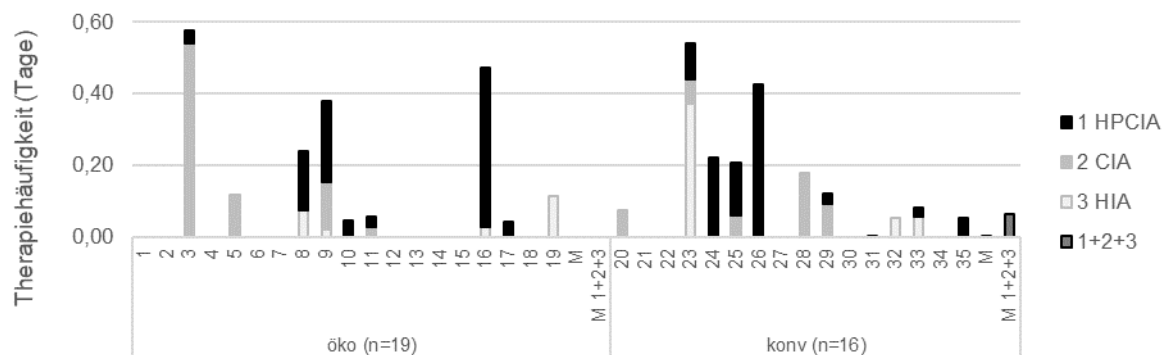
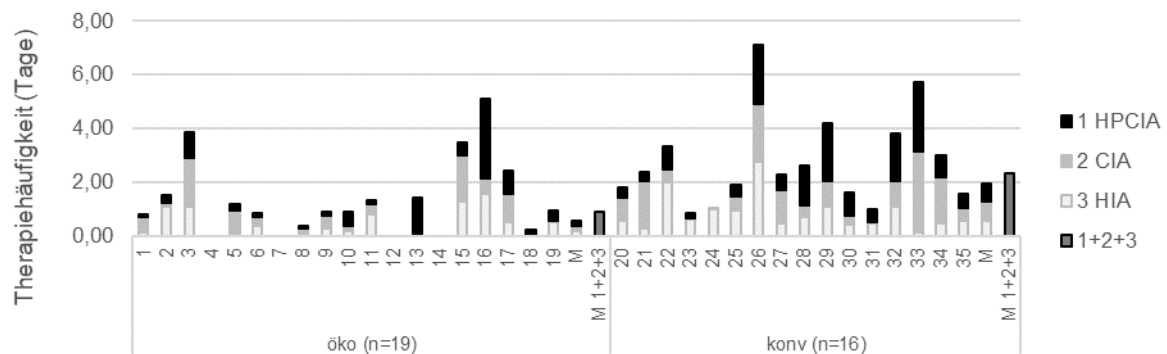
(a) Kälber (≤ 14 d)**(b) Jungvieh****(c) Milchkühe**

Abbildung 4.8-12: Therapiehäufigkeit (TH) **(a)** der Kälber (≤ 14 d), **(b)** des Jungviehs und **(c)** der Milchkühe auf den einzelnen ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv) im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015) in den Wirkstoffkategorien nach Einstufung der WHO (2017) in Bezug auf die Relevanz für die menschliche Gesundheit (1: HPCIA, *Highest Priority Critically Important Antimicrobials*, 2: CIA, *High Priority Critically Important Antimicrobials*, 3: HIA, *Highly Important Antimicrobials*). Mit M gekennzeichnet sind die Mediane der einzelnen drei Wirkstoffkategorien sowie die Mediane der gesamten Therapiehäufigkeit (1+2+3) in beiden landwirtschaftlichen Systemen.

Aufgegliedert nach den einzelnen Wirkstoffklassen innerhalb der WHO-Kategorien lagen die Therapiehäufigkeiten des Jungviehs in beiden Systemen bei den Maßzahlen Minimumwert, erstes Quartil, Median, drittes Quartil und Maximalwert (ohne Ausreißer) bei null, mit Ausnahme zweier Wirkstoffklassen bei den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben. Dies waren die **Cephalosporine der dritten und vierten Generation (HPCIA)** bzw. die **Penicilline (natürliche, Amino- und Antipseudomonas-Penicilline; CIA)**, bei denen die dritten Quartile und die Maximalwerte ungleich Null war, da sie von fünf (31,3 % der k PB) bzw. vier (25 % der k PB) Pilotbetrieben verwendet wurden (Abbildung 4.8-13b). Diese beiden etwas höheren Therapiehäufigkeiten zeigen sich auch in den Anteilen, die die Wirkstoffklassen an der Therapiehäufigkeit hatten (Abbildung 4.8-14b). Antimikrobiotika der Wirkstoffklasse der **Anti-staphylokokken-Penicilline (HIA)** wurden beim Jungvieh auf keinem Pilotbetrieb eingesetzt.

Bei den **Milchkühen**, die in beiden landwirtschaftlichen Systemen von den drei betrachteten Tierkategorien am häufigsten mit Antimikrobiotika behandelt wurden, lagen die Mediane der Therapiehäufigkeiten der drei Kategorien nach WHO-Einstufung (2017) auf den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben deutlich niedriger als auf den konventionell wirtschaftenden. Dies war analog zur gesamten Therapiehäufigkeit von 0,91 (ö) bzw. 2,32 (k) Tagen je Milchkuh (vergleiche Kapitel 4.8.3.4, Therapiehäufigkeit; Abbildung 4.8-11). Für die **HPCIA** lagen die Mediane der Therapiehäufigkeiten im Milchjahr 2015 bei 0,18 (0 - 2,97) bzw. 0,67 (0 - 2,55) Tagen bei den ökologisch bzw. konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben, für die **CIA** bei 0,18 (0 - 1,83) bzw. 0,69 (0,05 - 3,04) Tagen und für die **HIA** bei 0,18 (0 - 1,58) bzw. 0,57 (0,12 - 2,75) Tagen pro Milchkuh (Abbildung 4.8-12c).

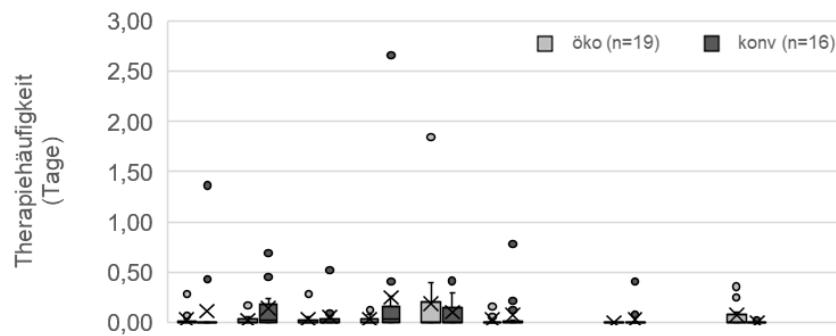
Mit Ausnahme von vier ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben, auf denen gar keine Antimikrobiotika eingesetzt wurden, und eines konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebes, auf dem als einziger ausschließlich Wirkstoffklassen verwendet wurden, die von der WHO (2017) in die Kategorie HIA eingestuft wurden, wurden auf allen restlichen Pilotbetrieben, 78,9 % der ökologisch und 93,8 % der konventionell wirtschaftenden, antimikrobiotische Wirkstoffe verschrieben, die als **HPCIA** klassifiziert wurden. Ebenfalls 15 ökologisch wirtschaftende Betriebe (78,9 % der ö PB) sowie alle 16 konventionell wirtschaftenden Betriebe setzten Wirkstoffklassen der Kategorie **CIA** ein, und 13 (68,4 %) der ökologisch sowie alle konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe setzten **HIA** ein (Abbildung 4.8-13c).

Entsprechend des höheren Niveaus der Therapiehäufigkeiten auf den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben lagen auch die Therapiehäufigkeiten der einzelnen Wirkstoffklassen auf den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben für die Milchkühe durchweg höher als auf den ökologisch wirtschaftenden (Abbildung 4.8-13c). Dabei war das Verteilungsmuster in beiden Systemen sehr ähnlich, und erneut zeigten sich die einzelbetrieblichen Werte sehr unterschiedlich. In absteigender Relevanz für beide Systeme in Bezug auf die Anzahl der verwendenden Pilotbetriebe und die Therapiehäufigkeiten folgen hier die einzelnen Wirkstoffklassen: Mit 78,9 % der ökologisch bzw. 93,8 % der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe setzten die meisten Betriebe **Cephalosporine der dritten und vierten Generation (HPCIA)** ein, mit im Median 0,16 (ö) bzw. 0,46 Tagen (k) Therapiehäufigkeit pro Milchkuh (Abbildung 4.8-13c) und einem Anteil von 18,8 % (ö) bzw. 23,7 % (k) an der gesamten Therapiehäufigkeit (Abbildung 4.8-14c, Tabelle 4.8-8). Ähnlich viele Betriebe setzten **Penicilline (natürliche, Amino- und Antipseudomonas-Penicilline; CIA)** ein: 73,7 % der ökologisch und 100 % der konventionell wirtschaftenden Betriebe wiesen dabei Therapiehäufigkeiten von im Median 0,12 (ö) und 0,51 Tagen (k) pro Milchkuh auf (Abbildung 4.8-15c). Gleichzeitig lag der Anteil dieser Penicilline an der gesamten Therapiehäufigkeit bei

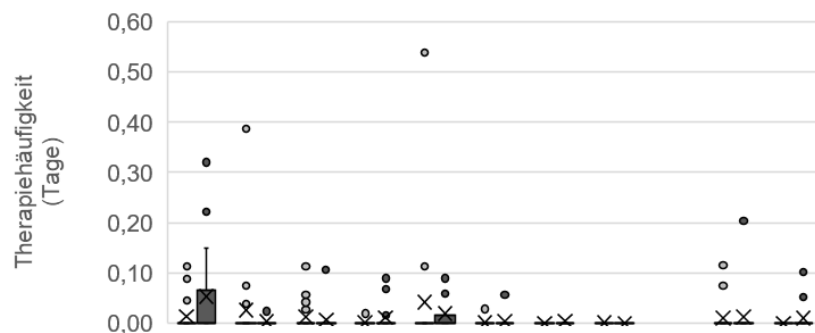
den ökologisch wirtschaftenden Betrieben mit 19,4 % etwas höher als bei den konventionell wirtschaftenden mit 16,7 %; bei allen anderen Anteilen der Wirkstoffklassen an der gesamten Therapiehäufigkeit lagen die Mediane der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe höher als die der ökologisch wirtschaftenden (Abbildung 4.8-14c). Auch die **Aminoglykoside (CIA)** wurden in beiden Systemen häufig eingesetzt, und zwar von 52,6 % der ökologisch bzw. 75 % der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe mit im Median 0,07 (ö) bzw. 0,24 Tagen (k) Therapiehäufigkeit pro Milchkuh (Abbildung 4.8-13c) und Anteilen von im Median 3,5 % (ö) bzw. 8,0 % (k) an der gesamten Therapiehäufigkeit (Abbildung 4.8-14c, Tabelle 4.8-8). Ebenfalls noch in beiden Systemen auf der jeweils überwiegenden Anzahl der Pilotbetriebe eingesetzt (entsprechend 52,6 % der ö PB, 62,5 % der k PB) wurden die **Cephalosporine der ersten und zweiten Generation (HIA)**, wobei es im Median der ökologisch wirtschaftenden Betriebe nur 0,01 Tage Therapiehäufigkeit gegenüber 0,15 Tage der konventionell wirtschaftenden waren, bei Anteilen von im Median 0,5 % (ö) und 5,2 % der Betriebe (k). Drei weitere Wirkstoffklassen fanden zudem noch auf der Mehrzahl der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe bei den Milchkühen Anwendung. Die **Antistaphylokokken-Penicilline (HIA)** wurden auf 87,5 % der konventionell wirtschaftenden Betriebe verwendet (versus 47,4 % der ö PB), mit einer Therapiehäufigkeit von im Median 0,44 Tagen (0 Tage (ö)) (Abbildung 4.8-13c) und einem Anteil von im Median 12,6 % (0 % (ö)) an der gesamten Therapiehäufigkeit (Abbildung 4.8-14c, Tabelle 4.8-8). Die **Fluorchinolone (HPCIA)** wurden auf 75 % der konventionell wirtschaftenden Betriebe mit im Median sehr geringen 0,09 Tagen Therapiehäufigkeit (0 Tage (ö)) (Abbildung 4.8-13c) und einem Anteil an der gesamten Therapiehäufigkeit von im Median 4,6 % (0 % (ö)) eingesetzt (versus 31,6 der ö PB) (Abbildung 4.8-14c, Tabelle 4.8-8). Und auch die **Tetracycline (HIA)**, die auf 56,3 % der konventionell wirtschaftenden Betriebe verwendet wurden (und von 36,8 % der ö PB), hatten eine sehr niedrige Therapiehäufigkeit von im Median 0,03 Tagen (0 Tage (ö)) (Abbildung 4.8-13c) und einem Anteil von im Median 1,1 % (0 % (ö)) an der gesamten Therapiehäufigkeit (Abbildung 4.8-13c).

Im Median hatten in beiden Systemen die **Makrolide und Ketolide (HPCIA)**, die **Amphenicole (HIA)**, die **Lincosamide (HIA)** und die **Sulfonamide, Folsäureantagonisten und Kombinationen (HIA)** eine Therapiehäufigkeit von Null und einen Anteil von 0 % an der gesamten Therapiehäufigkeit bei den Milchkühen, mit einzelbetrieblich nur vereinzelt hohen Werten (Abbildung 4.8-13c, Abbildung 4.8-14c, Tabelle 4.8-8).

Neben den Anteilen der Wirkstoffklassen an der Therapiehäufigkeit zeigt Tabelle 4.8-8 auch die einzelnen, zu den Wirkstoffklassen zugehörigen Wirkstoffe und deren Anwendungsart. Die häufigsten **Anwendungsarten** sind die intrazisternale und die parenterale, die sich in fast allen Wirkstoffklassen finden. Nur vier Wirkstoffe (je zwei zugehörig zu **CIA** bzw. **HIA**) wurden im Milchjahr 2015 mit Tierarzneimitteln oral verabreicht, und zwar den Kälbern. Da oral verwendete Antimikrobiotika eher zu Resistenzentwicklungen von Erregern führen als andere Anwendungsarten, ist die seltene Verwendung dieser Anwendungsart auf den Pilotbetrieben erfreulich. Zusätzlich zu den in Tabelle 4.8-8 gelisteten Wirkstoffen gibt es noch den oral als Bolus verabreichten, antimikrobiellen Wirkstoff Monensin, der als Metaphylaxe für Ketose in Form des Tierarzneimittels Kexxtone® zugelassen ist und auf einem konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieb fast der Hälfte der Milchkühe eingegeben wurde. Die europäische Arzneimittelagentur EMA berichtet, dass aktuell keine Kreuzresistenzen von Monensin mit anderen antimikrobiellen Wirkstoffen und auch keine übertragbaren Resistenzen gefunden wurden, so dass die Verwendung von Monensin ihrer Meinung nach kein Hinweis für eine Gefahr der menschlichen Gesundheit darstellt (EMA 2019 b).

(a) Kälber (≤ 14 Tage)

(b) Jungvieh



(c) Milchkühe

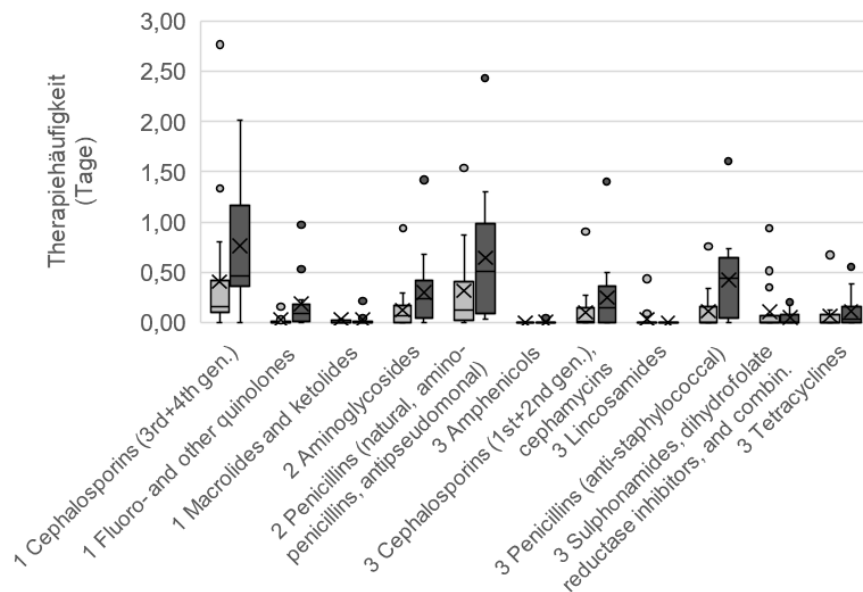
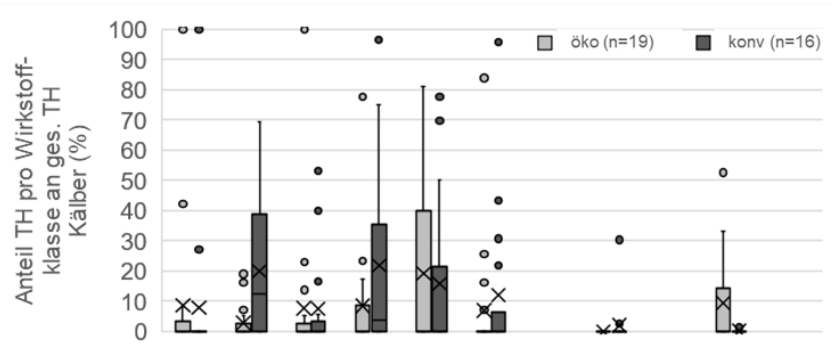
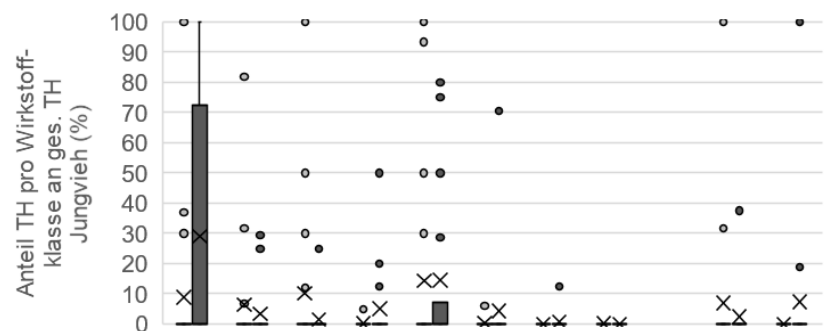


Abbildung 4.8-13: Therapiehäufigkeit (a) der Kälber (≤ 14 d), (b) des Jungviehs und (c) der Milchkühe auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015) in den einzelnen Wirkstoffklassen der Kategorien nach WHO (2017) (1: HPCIA, *Highest Priority Critically Important Antimicrobials*, 2: CIA, *High Priority Critically Important Antimicrobials*, 3: HIA, *Highly Important Antimicrobials*) in Bezug auf die Relevanz für die menschliche Gesundheit. Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkt; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.

(a) Kälber (≤ 14 Tage)

(b) Jungvieh



(c) Milchkühe

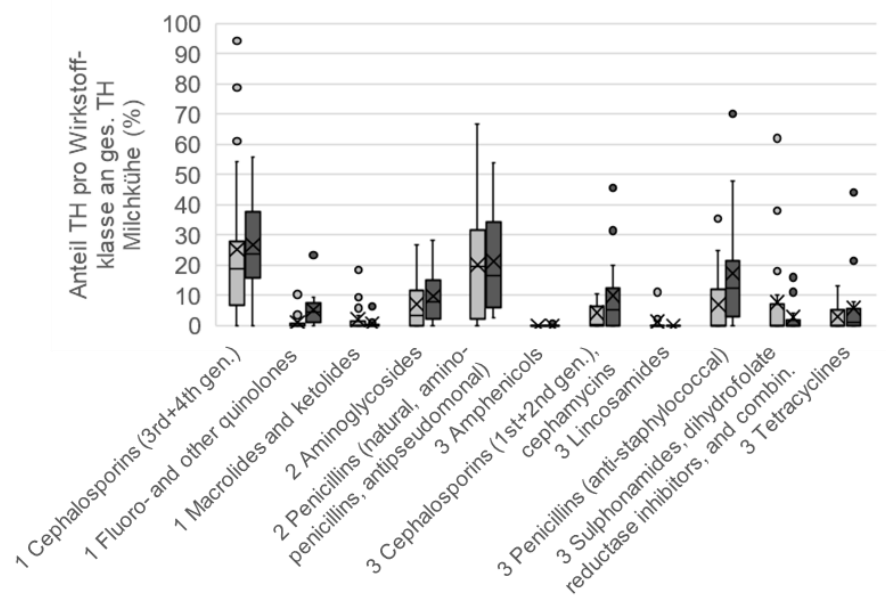


Abbildung 4.8-14: Prozentuale Therapiehäufigkeit (TH) pro Wirkstoffklasse an der gesamten Therapiehäufigkeit **(a)** der Kälber (≤ 14 d), **(b)** des Jungviehs und **(c)** der Milchkühe auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015) in den einzelnen Wirkstoffklassen der Kategorien nach WHO (2017) (1: HPCIA, *Highest Priority Critically Important Antimicrobials*, 2: CIA, *High Priority Critically Important Antimicrobials*, 3: HIA, *Highly Important Antimicrobials*) in Bezug auf die Relevanz für die menschliche Gesundheit. Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkt; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.

Die Klassenprofile der nUDD (angewendete antibiotische Einzelgaben) der Milchkühe und Kälber waren in den Untersuchungen von Merle et al. (2014) für die Einjahresperiode September 2006 bis August 2007 anders als die hier präsentierten nPDD (verschriebene antibiotische Einzelgaben). Die für die **Kälber** bei Merle et al. (2014) wichtigsten Wirkstoffklassen der Sulfonamide (37,5 % der nUDD) und Tetrazykline (30,3 %) machten auf den Pilotbetrieben (ges.) im Milchjahr 2015 3,4 % und 0 % der nPDD aus. Die Penicilline hatten in beiden Studien einen relevanten Anteil (13,3 % der nUDD versus 22,2 % der nPDD). Auf den Pilotbetrieben kamen bei den Kälbern am häufigsten Fluorchinolone zum Einsatz (24,3 %), die bei Merle et al. (2014) nur einen Anteil von 2,5 % darstellten. Die anderen Klassen traten mit Anteilen unter 10 % auf.

Von größter Bedeutung zur Behandlung von **Milchkühen** waren auf **allen** Pilotbetrieben die Cephalosporine (1.- 4. Gen.) mit einem Anteil von 46,8 % an den nPDD und die Penicilline (31,3 %). Aminoglykoside waren mit 9,5 % vertreten, alle anderen Wirkstoffklassen nur noch mit Werten unter 5,0 %. Demgegenüber waren bei Merle et al. (2014) die Penicilline die wichtigste Klasse mit 26,5 % der nUDD, es folgten gleichauf die Cephalosporine (19,0 %), Sulfonamide (18,5 %) und dann die Fluorchinolone (13,7 %), und die weiteren Klassen kamen mit einstelligen Werten vor.

Eine Erklärung für die deutlich unterschiedlichen Klassenprofile könnte ein sich mit der Zeit änderndes Einsatzverhalten der verschiedenen Wirkstoffklassen sein. Eine andere Erklärung könnte die geringe Anzahl an Pilotbetrieben darstellen, die nicht repräsentativ für die Milchviehhaltung sein müssen. Auch bei anderen Nutztierarten gibt es Veränderungen über die Zeit in den Anteilen, die die verschiedenen Wirkstoffklassen an der Therapiehäufigkeit haben. So zeigte sich für Saugferkel in den Jahren 2013 bis 2015, dass die halbjährlichen Therapiehäufigkeiten wie bei den Milchkühen der Pilotbetriebe im Vergleich zu Merle et al. (2014) einen Wandel hin zu anteilig geringerem Einsatz von Penicillinen und höherem von Cephalosporinen (der 3. und 4. Gen.) zeigten (ohne, dass dies so bei den Kälbern der Pilotbetriebe gefunden wurde; zudem zeigten die Saugferkel-Ergebnisse auch einen über die Zeit deutlich erhöhten Einsatz von Makroliden, der sich auf den Pilotbetrieben im Vergleich zu den Werten bei Merle et al. (2014) nicht wiederfindet) und, wie bei den Kälbern der Pilotbetriebe im Vergleich zu den Werten bei Merle et al. (2014), anteilig mehr Fluorchinolone eingesetzt wurden (Schaekel et al. 2017).

Tabelle 4.8-8:

Prozentualer Anteil der Therapiehäufigkeit (% TH) an der gesamten Therapiehäufigkeit (vergl. Abbildung 5.8-14) nach Einstufung der WHO (2017) pro Wirkstoffklasse, Wirkstoff und Anwendungsart bei Kälbern, Jungvieh und Milchkühen, dargestellt als Median der ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden bzw. allen (ges.; graue Schrift) Pilotbetrieben (PB) im Milchjahr 2015 (01.10.2014-30.09.2015). Für alle PB ist zudem die Anzahl der antibiotischen Einzelgaben (nPDD) pro Wirkstoff und Anwendungsart angegeben sowie die Anzahl der PB, die Behandlungen mit dem jeweiligen Wirkstoff und in der jeweiligen Anwendungsart durchführten (n PB mit B.)

	Tierkategorie	Kälber						Jungvieh						Milchkühe					
		% TH			nPDD			% TH			nPDD			% TH			nPDD		
		öko	konv	ges.	öko	konv	ges.	öko	konv	ges.	öko	konv	ges.	öko	konv	ges.	öko	konv	ges.
	Kennzahl	n=19	n=16	n=35	n=35	n=35	n=35	n=19	n=16	n=35	n=35	n=35	n=35	n=19	n=16	n=35	n=19	n=16	n=35
WHO-Einstufung, Wirkstoffklasse, Wirkstoff	System	öko	konv	ges.	nPDD	ges.	n PB mit B.	öko	konv	ges.	nPDD	ges.	n PB mit B.	öko	konv	ges.	nPDD	ges.	n PB mit B.
	Anz. PB	n=19	n=16	n=35	n=35	n=35	n=35	n=19	n=16	n=35	n=35	n=35	n=35	n=19	n=16	n=35	n=19	n=16	n=35
	Anwendungsart																		
Highest Priority Critically Important Antimicrobials (HPCIA)	alle	7,27	24,51	7,32	986	22	22	0	9,38	0	135	15	18,75	28,67	25,29	4.367	30		
Cephalosporins (3rd and 4th generation)*	alle	0	0	0	124	7	7	0	0	0	34	9	18,75	23,66	20,69	3.760	30		
Cefoperazon*	i.z. MI													0	0	0	94	12	
Cefquinom*,**	alle	0	0	0	124	7	7	0	0	0	14	4	8,33	11,57	8,33	3.415	28		
	i.z. MI							0	0	0	7	2	5,56	4,42	5,14	2.058	22		
	i.z. TS													0	0	270	7		
	parenteral	0	0	0	124	7	7	0	0	0	7	3	0,91	0	0	1.087	16		
	parenteral							0	0	0	20	5	0,91	5,03	2,11	251	21		
Fluoro- and other quinolones*	alle	0	12,35	0	507	15	15	0	0	0	81	5	4,60	0,53	515	18			
Danofloxacin*	parenteral	0	0	0	3	1	1	0	0	0	69	2	0	0	0	5	1		
Enrofloxacin*	parenteral	0	0,34	0	459	10	10	0	0	0	12	3	0	0	0	210	9		
Marbofloxacin*	parenteral	0	0	0	45	6	6						0	0,24	0	300	14		
Macrolides and ketolides	alle	0	0	0	355	12	12	0	0	0	20	5	0	0	0	92	10		
Erythromycin	alle												0	0	0	6	2		
	i.z. MI												0	0	0	2	1		
	parenteral												0	0	0	4	1		

Fortsetzung von Tabelle 4.8-8	Tierkategorie	Kälber						Jungvieh						Milchkühe					
		Kennzahl			% TH			nPDD			n PB mit B.			% TH			nPDD		
		System	Anz. PB	öko n=19	konv n=16	ges. n=35	ges. n=35	öko n=19	konv n=16	ges. n=35	öko n=19	konv n=16	ges. n=35	öko n=19	konv n=16	ges. n=35	öko n=19	konv n=16	ges. n=35
Gamithromycin	parenteral			0	0	0	8	2											
Tildipirosin	parenteral			0	0	0	36	7	0	0	0	0	3	2					
Tulathromycin	parenteral			0	0	0	311	6	0	0	0	0	11	2	0	0	0	5	1
Tylosin	parenteral								0	0	0	0	6	1	0	0	0	81	9
High Priority Critically Important Antimicrobials (CIA)	alle			0	25,65	20,00	771	19	0,00	0,00	0,00	0,00	47	9	21,05	25,78	24,72	3.323	31
Aminoglycosides	alle			0	3,80	0,00	307	15	0	0	0	0	9	4	3,46	8,05	6,38	1.026	22
Dihydro-Streptomycin	i.z. TS														0	0	0	43	6
Dihydro-Streptomycin-Sulfat	parenteral			0	0	0	39	4	0	0	0	0	5	1	0	0	0	6	2
Framycetin-Sulfat	i.z. TS														0	0	0	212	9
Gentamicin	parenteral			0	0	0	103	9	0	0	0	0	1	1	0	0	0	7	2
Kanamycin-Sulfat	i.z. MI								0	0	0	0	2	1	0	0	0	702	14
Neomycin	alle														0	0	0	52	6
	i.z. MI														0	0	0	48	5
	parenteral														0	0	0	4	1
Paromomycin	p.o.			0	0	0	137	1											
Spectinomycin	parenteral			0	0	0	28	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	4	1
Penicillins (natural, aminopenicillins, antipseudomonal)	alle			0	0	0	464	14	0	0	0	0	38	8	19,44	16,72	17,02	2.297	30
Amoxicillin	alle			0	0	0	407	13	0	0	0	0	11	3	4,74	2,92	2,98	714	25
	i.z. MI														0	0	0	80	8
	i.u.														2,56	0,92	1,03	234	20
	p.o.			0	0	0	135	2											
	parenteral			0	0	0	272	13	0	0	0	0	11	3	0	0	0	400	11

Tierkategorie		Kälber					Jungvieh					Milchkühe					
Kennzahl	System	% TH			nPDD	n PB mit B.	% TH			nPDD	n PB mit B.	% TH			nPDD	n PB mit B.	
		öko	konv	ges.	ges.	ges.	öko	konv	ges.	ges.	ges.	öko	konv	ges.	ges.	ges.	
	Anz. PB	n=19	n=16	n=35	n=35	n=35	n=19	n=16	n=35	n=35	n=35	n=19	n=16	n=35	n=35	n=35	
Ampicillin	alle																
	i.z. MI																
	i.u.																
Benzylpenicillin	alle	0	0	0	42	4	0	0	0	0	27	5	0,28	3,61	1,30	472	21
	i.z. MI															246	10
	i.z. TS															43	6
	parenteral	0	0	0	42	4	0	0	0	0	27	5	0	0,29	0	183	15
	i.z. TS															212	9
Benzylpenicillin-Benethamin	parenteral	0	0	0	15	2											
Benzylpenicillin-Kalium	i.z. MI												0	0	0	49	5
Benzylpenicillin-Natrium	parenteral												0	0	0	5	2
Penethamat	parenteral												0	0	0	205	10
Penethamat-Hydrojodid	i.z. TS												0	0	0	212	9
Highly Important Antimicrobials (HIA)	alle	0	0,56	0	331	17	0	0	0	0	75	7	21,21	29,79	27,59	3.128	29
Amphenicols	alle	0	0	0	233	10	0	0	0	0	17	2	0	0	0	18	1
Florfenicol	parenteral	0	0	0	233	10	0	0	0	0	17	2	0	0	0	18	1
Cephalosporins (1st and 2nd generation) and cephamycins	alle						0	0	0	0	2	1	0,53	5,23	3,33	1.307	20
Cefalexin	i.z. MI						0	0	0	0	2	1	0	0	0	781	14
Cefalonium	i.z. TS												0	0	0	285	2
Cefapirin	alle												0	0	0	241	8
	i.z. TS												0	0	0	160	2
	i.u.												0	0	0	81	6

Fortsetzung von Tabelle 4.8-8	Tierkategorie	Kälber						Jungvieh						Milchkühe					
		Kennzahl		% TH		nPDD	n PB mit B.	% TH		nPDD	n PB mit B.	% TH		nPDD	n PB mit B.	% TH		nPDD	n PB mit B.
		System	öko	konv	ges.	ges.	ges.	öko	konv	ges.	ges.	öko	konv	ges.	ges.	öko	konv	ges.	ges.
		Anz. PB	n=19	n=16	n=35	n=35	n=35	n=19	n=16	n=35	n=35	n=19	n=16	n=35	n=35	n=19	n=16	n=35	n=35
Lincosamides		alle	0	0	0	28	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	46	3
Lincomycin		alle	0	0	0	28	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	46	3
	i.z. MI															0	0	42	3
	parenteral		0	0	0	28	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	1
Penicillins (Antistaphylococcal)		alle														0	12,58	7,89	23
Cloxacillin		alle														0	10,17	1,11	969
	i.z. MI															0	0	432	7
	i.z. TS															0	0,59	0	527
	i.u.															0	0	10	2
Nafcillin		i.z. TS														0	0	0	43
Oxacillin		alle														0	0	72	5
	i.z. MI															0	0	70	4
	i.u.															0	0	2	1
Sulphonamides, dihydrofolate reductase inhibitors and combinations		alle	0,00	0,00	0,00	70	8	0,00	0,00	0,00	22	3	0	0	0	0	0	164	14
Sulfadimethoxin		p.o.	0	0	0	5	1												
Sulfadimidin		parenteral	0	0	0	3	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	8	2
Sulfadoxin		parenteral	0	0	0	27	5	0	0	0	10	3	0	0	0	0	0	74	12
Trimethoprim		alle	0	0	0	35	8	0	0	0	11	3	0	0	0	0	0	82	14
	p.o.		0	0	0	5	1												
	parenteral		0	0	0	30	7	0	0	0	11	3	0	0	0	0	0	82	14
Tetracyclines		alle						0	0	0	33	2	0	0	0	0	0	509	16

Tierkategorie		Kälber						Jungvieh						Milchkühe						
		% TH			nPDD	n PB mit B.	% TH			nPDD	n PB mit B.	% TH			nPDD	n PB mit B.				
Fortsetzung von Tabelle 4.8-8	Kennzahl	öko	konv	ges.	ges.	ges.	öko	konv	ges.	ges.	ges.	öko	konv	ges.	ges.	öko	konv	ges.	ges.	n PB mit B.
	System	n=19	n=16	n=35	n=35	n=35	n=19	n=16	n=35	n=35	n=35	n=19	n=16	n=35	n=35	n=19	n=16	n=35	n=35	n PB mit B.
	Anz. PB																			n PB mit B.
	alle																			n PB mit B.
	i.u.																			n PB mit B.
Tetracyclin	parenteral																			n PB mit B.
	i.u.																			n PB mit B.
	-																			n PB mit B.
Summe der nPDD					2.088	26									257	20				10.818

n = Anzahl; Anwendungsarten: i.u. = intrauterin (in die Gebärmutter); i.z. = intrazisternal (= intramammär, in den Zitzenkanal des Euters bzw. durch den Zitzenkanal in die Milchdrüse); **parenteral** (unter Umgehung des Darms, hier i.m. (intramuskulär, in einen Muskel), i.v. (intravenös, in eine Vene), s.c. (subkutan, in die Unterhaut)); p.o. = per os (oral, über das Maul); **MI** = Mastitisinjektor; **TS** = Trockenstellinjektor; * = Wirkstoffe, die sowohl für die Tiermedizin (OIE, 2015): VCIA) als auch für die Humanmedizin (TÄHAV, 2018): Umwidmungsverbot, Antibiotikaverbot, als besonders wichtig eingestuft werden, dabei ** = von WHO (2016) als „Last Resort“ eingestuft; **leere Zellen** = wurde bei der betrachteten Tierkategorie auf keinem PB angewendet

4.8.3.11 Therapiehäufigkeit nach Diagnosen und Wirkstoffklassen

Wird die Therapiehäufigkeit innerhalb der Wirkstoffklassen nach WHO (2017) aufgegliedert nach den dokumentierten Diagnosen der Anwendungs- und Abgabebelege (zusammengefasst nach Diagnoseschlüssel, siehe Kapitel 4.8.2 Material und Methoden), so zeigten sich bei den Milchkühen in beiden landwirtschaftlichen Systemen für die zusammenfassenden **Diagnosen „Bewegungsapparat“, „Stoffwechselstörungen“, „Verdauungsstörungen“, „Sonstige“ und „Diagnose fehlt“** durchgehend für alle Wirkstoffklassen Therapiehäufigkeiten von im Median 0 Tagen (nicht dargestellt). Gleichzeitig lagen auch häufig die dritten Quartile bei null. Pro Wirkstoffklasse und Diagnose gab es in diesen Fällen nur wenige anwendende Pilotbetriebe je System. Dies korrespondiert mit den im Median teils geringen Behandlungsgängen pro Diagnosebereich (z. B. im Bereich des Bewegungsapparates) bzw. auch mit typischerweise ohne Antibiosen durchgeführten Behandlungen von Erkrankungen (bei den Stoffwechsel- und Verdauungsstörungen). Dennoch wurden einzelbetrieblich auch für diese Diagnosen innerhalb der einzelnen Wirkstoffklassen hohe Therapiehäufigkeiten erzielt (Werte nicht dargestellt). Für **„Eutergesundheit“** und **„Fruchtbarkeit“** lagen in der Betrachtung der Therapiehäufigkeiten nach Wirkstoffklasse und Diagnose für einige Wirkstoffklassen Mediane mit Werten über 0 Tagen Therapiehäufigkeit vor (Abbildung 4.8-15).

In der einzelbetrieblichen Betrachtung zeigten sich für diese beiden Diagnosen teils erhebliche Therapiehäufigkeiten pro Wirkstoffklasse, die an den Ausreißern in Abbildung 4.8-15 abgelesen werden können. Die Erkrankungen rund um Euter und Fruchtbarkeit verzeichneten auch die im Median häufigsten Behandlungsgänge (siehe Kapitel 4.8.3.4 Behandlungsgänge bei den Milchkühen).

Die Mediane der Behandlungshäufigkeiten von Eutererkrankungen und Fruchtbarkeitsstörungen nach den Wirkstoffklassen der WHO-Kategorien (2017) waren für die ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe durchgängig geringer als für die konventionell wirtschaftenden. Die größte Bedeutung für die Behandlung von Eutererkrankungen hatten die Wirkstoffklassen der **Cephalosporine der 3. und 4. Generation (HPCIA)**, die **Aminoglykoside (CIA)**, die **Penicilline (natürliche, Amino- und Antipseudomonas-Penicilline; CIA)**, die **Antistaphylokokken-Penicilline (HIA)** (mit im Median jeweils über 0,25 Tagen Therapiehäufigkeit in der Gruppe der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe) und die **Cephalosporine der 1. und 2. Generation (HIA)**. Auch in den anderen Wirkstoffklassen gab es Behandlungen. Lediglich die drei Wirkstoffklassen der **Cephalosporine der 3. und 4. Generation (HPCIA)**, die **Penicilline (natürliche, Amino- und Antipseudomonas-Penicilline; CIA)** und die **Tetracycline (HIA)** waren bei der Behandlung von Fruchtbarkeitsproblemen von Bedeutung (dies auf niedrigem Niveau von im Median bei oder unter 0,05 Tagen Therapiehäufigkeit).

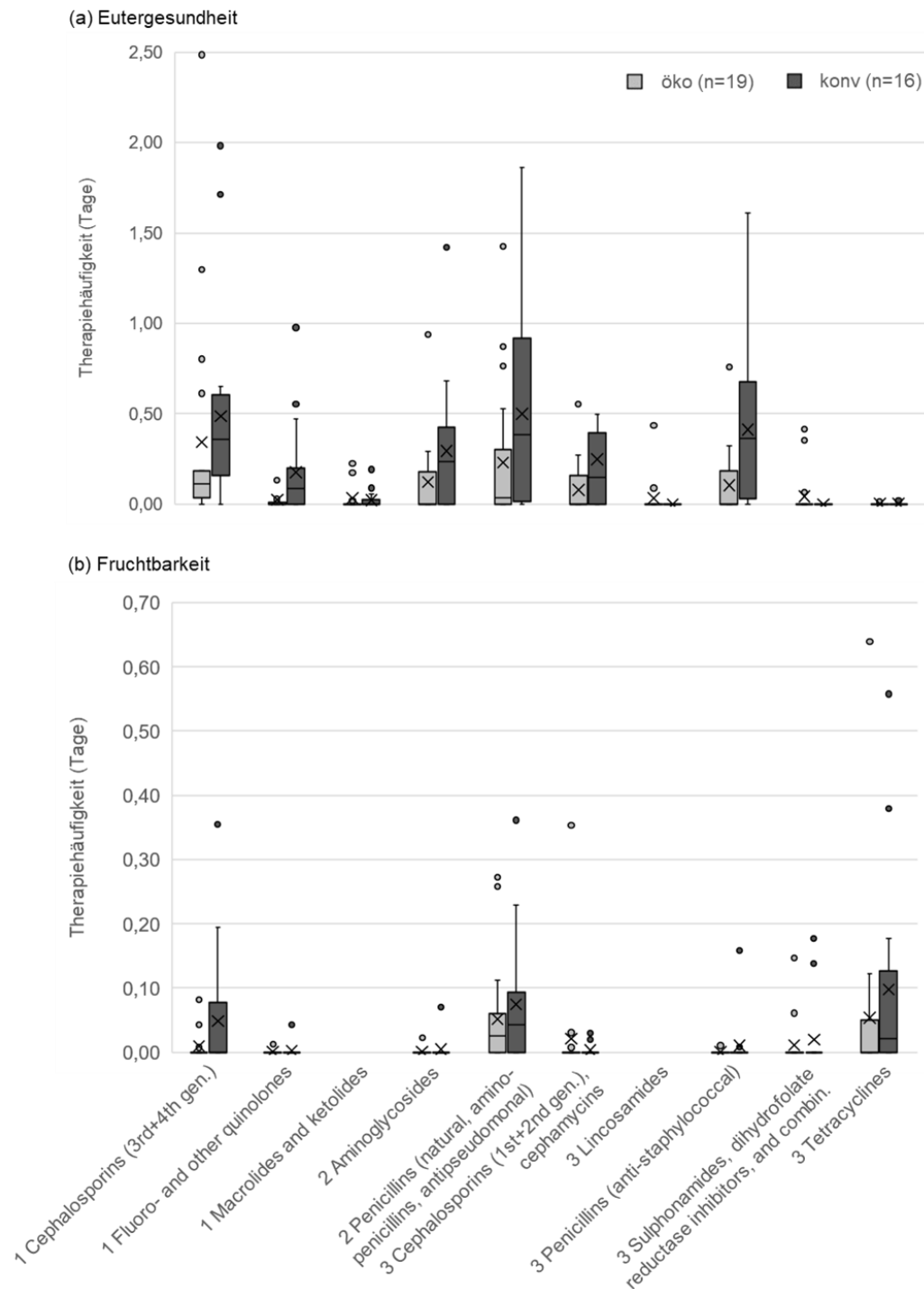


Abbildung 4.8-15: Therapiehäufigkeit in den Diagnosebereichen **(a)** Eutergesundheit und **(b)** Fruchtbarkeit der Milchkühe auf den ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015) in den einzelnen Wirkstoffklassen der Kategorien nach WHO (2017) (1: HPCIA, *Highest Priority Critically Important Antimicrobials*, 2: CIA, *High Priority Critically Important Antimicrobials*, 3: HIA, *Highly Important Antimicrobials*) in Bezug auf die Relevanz für die menschliche Gesundheit. Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkt; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.

4.8.3.12 Therapiehäufigkeit nach Bedeutung für Human- und Tiermedizin

In der **TÄHAV** werden seit ihrem Inkrafttreten am 01.03.2018 die Anwendungen von Cephalosporinen der 3. und 4. Generation und von Fluorchinolonen über ein Umwidmungsverbot (von Tierarzneimitteln auf Tierarten, für die ein Tierarzneimittel nicht zugelassen ist) und eine Antibiotagrampfpflicht bei Anwendung (womit die Empfindlichkeit des die Erkrankung vermutlich auslösenden bakteriellen Erregers untersucht wird) näher geregelt. Dies wird damit begründet, dass „diese Wirkstoffgruppen für die Humanmedizin von Bedeutung sind und grundsätzlich so selten wie möglich eingesetzt werden sollen. Dadurch wird die Entstehung und Ausbreitung von Resistenzen ebenfalls so gering wie möglich gehalten.“ (Bundesrat, 2018).

Die **OIE** stuft in ihrer neuesten Klassifizierung von 2015 (OIE, 2015) ebenfalls antimikrobielle Wirkstoffe in Wirkstoffklassen ein, und zwar vor dem Hintergrund ihrer Wichtigkeit für die Tiergesundheit. Anhand zweier Kriterien werden die Wirkstoffe in drei Kategorien mit ansteigender Wichtigkeit eingestuft: tierärztlich wichtige („*Veterinary Important Antimicrobial Agents*“, *VIA*), tierärztlich hochgradig wichtige („*Veterinary Highly Important Antimicrobial Agents*“, *VHIA*) und tierärztlich kritisch wichtige Antimikrobiotika („*Veterinary Critically Important Antimicrobial Agents*“, *VCIA*). Zu letzteren gehören die Cephalosporine der 3. und 4. Generation und die Fluorchinolone, die alle auch zu den für die Humangesundheit kritisch wichtigen Antimikrobiotika mit höchster Priorität (*HPCIA*) gehören (WHO, 2017) sowie deckungsgleich sind mit den in der TÄHAV (2018) reglementierten Wirkstoffgruppen.

Als sogenannte „Reserveantibiotika“, die ausschließlich dem humanmedizinischen Einsatz vorbehalten sein sollten und hier auch nur unter ganz bestimmten Bedingungen verwendet, gelten nach der WHO „*Model List of Essential Medicines*“ (WHO, 2016) drei der acht kritischen Wirkstoffklassen mit höchster Priorität. Dies sind die Cephalosporine der 4. und 5. Generation und die Polymyxine. Auf den Pilotbetrieben wurden im Milchjahr 2015 keine Einsätze von Cephalosporine der 5. Generation (diese waren nicht für den Einsatz beim Rind zugelassen) und von Polymyxinen dokumentiert, jedoch kamen Cephalosporine der 4. Generation durchaus zum Einsatz.

Die auf den Pilotbetrieben, insbesondere den konventionell wirtschaftenden, häufig genutzte Wirkstoffklasse bei den **Kälbern** waren die **Fluorchinolone**. Im Median waren die Therapiehäufigkeiten gering (< 0,05 Tage bei der Gruppe der konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben), jedoch wurden einzelbetrieblich Werte von bis zu 0,69 Tagen erreicht (Abbildung 4.8-16). Einzelbetriebliche Therapiehäufigkeit waren vereinzelt auch bei den Cephalosporinen der 4. Generation hoch. Beim **Jungvieh** gab es **einzelbetrieblich** auch höhere Werte der Therapiehäufigkeit in allen drei Wirkstoffklassen, aufgrund der insgesamt wenigen antibiotischen Einzelgaben liegen die Mediane bei null. Alle drei Wirkstoffklassen spielten eine Rolle im Behandlungsgeschehen der **Milchkühe**, wobei die Mediane der Gruppe der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe jeweils höher lagen als die der ökologisch wirtschaftenden. Die höchsten Mediane verzeichneten in beiden Systemen die **Cephalosporine der 4. Generation** (0,11 Tage ö, 0,20 Tage k); zudem waren die einzelbetrieblichen Spitzenwerte hier sehr hoch, 2,49 Tage (ö) bzw. 1,98 Tage (k). Bei den konventionell wirtschaftenden waren ebenso die **Cephalosporine der 3. Generation** wichtig (0,04 Tage ö, 0,21 Tage k), gefolgt von den **Fluorchinolonen**, die fast nur für die konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe von Bedeutung waren (0 Tage ö, 0,09 Tage k) (Abbildung 4.8-16).

Turner et al. (2018) fanden für sieben praktische Milchviehbetriebe, dass weder Tiergesundheit und Tierwohl der Milchkühe noch die Produktivität der Milcherzeugung negativ von einem totalen Nutzungsstopp

der HPCIA beeinflusst wurden (im Gegenteil verbesserten sich einige Werte). Dies wird nicht generell auf alle Milchviehbetriebe der Welt übertragbar sein, denn es wird viele Herden geben, in denen Erreger im Laufe der Zeit Resistenzen entwickelt haben und so nicht mehr für alle antimikrobiell wirksamen Stoffe empfänglich sind. In diesem Fall wäre die Tiergesundheit gefährdet, hätten die Tierärztinnen und Tierärzte keine Möglichkeit der Auswahl einer Wirkstoffklasse, die in der Lage ist, den Erreger abzutöten. Dennoch sollten sich Betriebe mit Tierhaltung bzw. ihre betreuenden Tierärztinnen und Tierärzte über die aktuelle Gesetzgebung hinaus in die Richtung entwickeln, die geringstmögliche Menge an Antimikrobiotika anzuwenden, die in die höchste WHO-Kategorie der HPCIA fallen. In diesem Zusammenhang ist auf den *One Health* Ansatz zu verweisen, nachdem Behandlungen bei Tier und Mensch im weitesten Sinne gemeinsam betrachtet und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

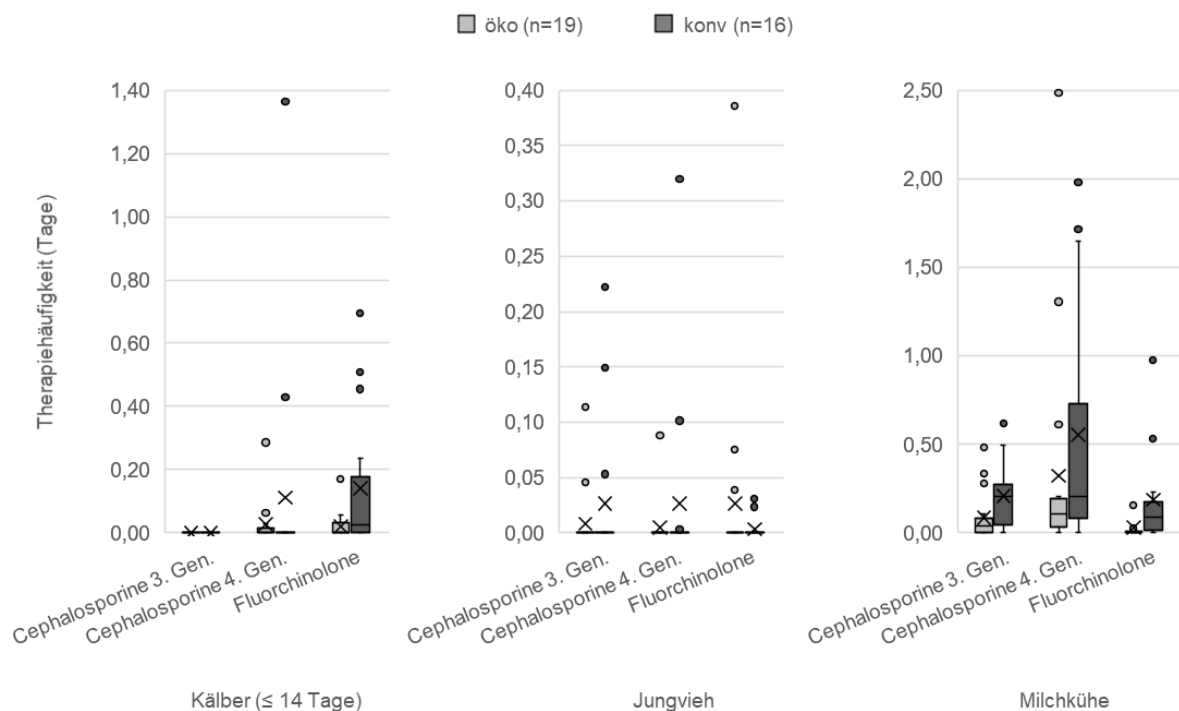


Abbildung 4.8-16: Therapiehäufigkeit in den auf den Pilotbetrieben eingesetzten Wirkstoffklassen, die sowohl für die Tiermedizin (OIE 2015: VCIA) als auch für die Humanmedizin (TÄHAV 2018: Umwidmungsverbot, Antibiotagrammpflicht) als besonders wichtig eingestuft werden, wobei die Cephalosporine der 4. Generation in die Kategorie „Last Resort“ (letzte Reserve) nach WHO (2016) eingestuft werden. Dargestellt für die Kälber (≤14 d), das Jungvieh und die Milchkühe innerhalb der Gruppen der ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetriebe im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015). Boxplots erstellt mit MS Excel: Box = Bereich, in dem sich 50 % der Werte befinden; Einzelwerte = Punkte; inklusiver Median = Strich in der Box; Mittelwert = Kreuz; Ausreißer = Punkte außerhalb der Fühler; Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer = Endpunkte der Fühler.

4.8.3.13 Antimikrobielle Wirkstoffmengen nach Anwendungsart

Die Wirkstoffmengen, die auf den einzelnen Pilotbetrieben insgesamt allen der Milchviehhaltung zuzählenden Tieren (Kälber, Jungvieh, Milchkühe) pro 1.000 kg Milch (ECM) im Milchjahr 2015 verabreicht wurden, waren, bezogen auf die Anwendungsart, in den überwiegenden Fällen im Median Null (Tabelle 4.8-9). Dennoch traten auch bei Wirkstoffen, die im Median mit 0 mg pro 1.000 kg ECM verabreicht wurden, teilweise noch recht hohe Summen der antibiotischen Einzelgaben (nPDD) auf, so z. B. bei den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben bei Ampicillin (387 nPDD) bzw. Cloxacillin (392 nPDD). Da die beiden Wirkstoffe auf nur 4 bzw. 5 Pilotbetrieben in der jeweiligen Verabreichungsart eingesetzt wurden, die statistischen Kennzahlen aber über insgesamt 16 konventionell wirtschaftende Pilotbetriebe berechnet wurden, kann das Ergebnis des Medians nicht über Null liegen. Wenngleich diese Wirkstoffe in der Gesamtheit der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe also eine untergeordnete Rolle spielten, waren sie auf den verwendenden Betrieben unter Umständen sogar von sehr großer Bedeutung. Dies gilt in beiden landwirtschaftlichen Systemen gleichbedeutend auch für andere Wirkstoffe. In den Fällen, in denen die Mediane der Wirkstoffmengen einzelner Anwendungsarten über Null lagen – dies war vier Male bei den ökologisch und 13 Male bei den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben der Fall – waren in den meisten Fällen die Mediane der Gruppe der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe deutlich höher. Dies entsprach sowohl den höheren Anteilen behandelter Tiere auf den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben wie auch den dort höheren Therapiehäufigkeiten.

In zwei Fällen sind die Mediane der Wirkstoffmengen pro Anwendungsart für die Gruppe der ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe höher (Cefquinom, parenteral angewendet, Amoxicillin, intrauterin angewendet) als die der konventionell wirtschaftenden und in einem auf gleichem Niveau (Cefquinom, intrazisternale Anwendung mit Mastitisinjektor), und dies, obwohl für die ökologisch wirtschaftenden Betriebe weniger antibiotische Einzelgaben auf einer ähnlichen oder gar höheren Anzahl an Betrieben verzeichnet wurden (Tabelle 4.8-9). Dies ist ein **Effekt des Produktbezugs** der Berechnung der Wirkstoffmengen, d. h. der häufig geringeren Milchleistung der ökologisch gehaltenen Herden, so dass sich hier die verabreichten Wirkstoffmengen auf eine geringere Milchmenge verteilen als auf den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben. Bezogen auf die Anzahl gehaltener Milchkühe wären die Wirkstoffmengen der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe gegenüber den konventionell wirtschaftenden noch deutlich höher.

Je nach Wirkstoff und ggf. auch nach Anwendungsart werden typischerweise verschieden hohe Wirkstoffmengen verwendet, so dass die einzelnen Mengen in vielen Fällen nicht untereinander vergleichbar sind.

Bei den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben gab es in den Wirkstoffklassen nach WHO (2017) Mediane der Mengen mit Werten über Null bei zwei Wirkstoffen (davon einer mit zwei Anwendungsarten), die der Klasse der HPCIA zugerechnet werden, sowie bei einem Wirkstoff aus der Klasse der CIA. Auf den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben waren dies vier Wirkstoffe (davon einer mit zwei Anwendungsarten) aus der Klasse der HPCIA, vier Wirkstoffe (davon einer mit zwei Anwendungsarten) aus der Klasse der CIA sowie vier Wirkstoffe der HIA (Tabelle 4.8-9).

Insbesondere die Wirkstoffklassen der Cephalosporine der 3. und 4. Generation und für die konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe auch die Fluorchinolone wurden zum einen auf einem hohen Anteil der Pilotbetriebe eingesetzt, zum anderen mit hohen Werten antibiotischer Einzelgaben (die meisten wurden

in der Klasse der HPCIA gezählt, vergleiche auch Tabelle 4.8-8). Hierbei handelt es sich um Wirkstoffklassen, die einerseits aus Sicht von Human- und Tiermedizin eine wichtige Rolle zur Versorgung von erkrankten Menschen und Tieren spielen, und andererseits sparsam verwendet werden sollen, um Resistenzbildungen zu verlangsamen. **Cefquinom**, der mit Abstand in beiden landwirtschaftlichen Systemen am häufigsten eingesetzte Wirkstoff, gehört zudem zu den wenigen Wirkstoffen, die nach WHO (2016) ausschließlich der Behandlung von Menschen vorbehalten werden sollten, und dies auch nur bei Erfüllung verschiedener Kriterien (ein sogenanntes „**Last Resort**“ Mittel). Auf den Pilotbetrieben wurde Cefquinom fast ausschließlich bei Milchkühen angewendet, dabei primär bei Eutererkrankungen. Weit überwiegend wurde Cefquinom genutzt, um Mastitis intrazisternal zu behandeln, teilweise mit parenteraler Unterstützung (Daten nicht dargestellt), und auch Trockensteller mit diesem Wirkstoff wurden verwendet.

Tabelle 4.8-9: Summe der den Kälbern, dem Jungvieh und den Milchkühen der ökologisch (öko) und konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetriebe (PB) im Milchjahr 2015 (01.10.2014 - 30.09.2015) verabreichten Wirkstoffmengen pro 1.000 kg Milch (ECM), differenziert nach Anwendungsart und eingestuft in die Wirkstoffklassen der Kategorien nach WHO (2017). Zudem ist die Anzahl der antibiotischen Einzelgaben (nPDD) pro Wirkstoff und Anwendungsart angegeben sowie die Anzahl der PB (n PB), die den jeweiligen Wirkstoff einsetzten.

		öko (n=19)							konv (n=16)						
		mg / 1.000 kg ECM							mg / 1.000 kg ECM						
WHO-Einstufung, Wirkstoffklasse, Wirkstoff	Anw.-Art	Min	Q1	Med.	Q3	Max	nPDD	n PB mit B.	Min	Q1	Med.	Q3	Max	nPDD	n PB mit B.
Highest Priority Critically Important Antimicrobials (HPCIA)															
Cephalosporines (3rd and 4th generation)															
Cefoperazon*	i.z. MI	0	0	0	0,6	6,2	33	6	0	0	0	1,8	7,4	61	6
Cefquinom*,**	i.z. MI	0	0	1,9	3,4	22,1	425	12	0	0	2,0	3,9	25,3	1.640	11
	i.z. TS	0	0	0	0	39,6	118	3	0	0	0	1,2	11,2	152	4
	par.	0	0	2,1	6,6	91,8	320	13	0	0	0,1	12,8	93,6	898	8
Ceftiofur*	par.	0	0	1,6	4,9	86,3	113	10	0	2,1	15,4	32,8	77,5	158	12
Fluoro- and other quinolones															
Danofloxacin*	par.	0	0	0	0	93,9	73	1	0	0	0	0	8,0	4	2
Enrofloxacin*	par.	0	0	0	0	68,1	32	4	0	0	14,3	30,4	128,6	649	10
Marbofloxacin*	par.	0	0	0	4,5	91,9	51	8	0	0	1,6	14,1	144,4	294	8
Macrolides and ketolides															
Erythromycin	i.z. MI								0	0	0	0	2,4	2	1
	par.	0	0	0	0	32,0	4	1							
Gamithromycin	par.	0	0	0	0	6,2	8	2							
Tildipirosin	par.	0	0	0	0	16,3	28	2	0	0	0	0,9	21,4	11	6
Tulathromycin	par.	0	0	0	0,6	11,8	86	5	0	0	0	0	10,5	241	3
Tylosin	par.	0	0	0	15,6	226,6	42	5	0	0	0	8,8	142,3	45	4

Fortsetzung von Tabelle 4.8-9		öko (n=19)							konv (n=16)						
		mg / 1.000 kg ECM							mg / 1.000 kg ECM						
WHO-Einstufung, Wirkstoffklasse, Wirkstoff	Anw.- Art	Min	Q1	Med.	Q3	Max	nPDD	n PB mit B.	Min	Q1	Med.	Q3	Max	nPDD	n PB mit B.
High Priority Critically Important Antimicrobials (CIA)															
Aminoglycosides															
Dihydro-Streptomycin	i.z. TS	0	0	0	0	4,6	9	3	0	0	0	0	19,2	34	3
Dihydro-Streptomycin-Sulfat	par.	0	0	0	0	48,8	31	3	0	0	0	0	96,0	19	3
Framycetin-Sulfat	i.z. TS	0	0	0	0,7	11,0	29	6	0	0	0	0	30,1	183	3
Gentamicin	par.	0	0	0	0	5,8	15	3	0	0	0	3,0	58,1	96	6
Kanamycin-Sulfat	i.z. MI	0	0	0	2,9	10,2	112	7	0	0	0,7	5,2	17,9	592	8
Neomycin	i.z. MI	0	0	0	0	17,4	42	3	0	0	0	0	8,9	6	2
	par.	0	0	0	0	15,7	4	1							
Paromomycin	p.o.								0	0	0	0	282,3	137	1
Spectinomycin	par.	0	0	0	0	38,3	5	1	0	0	0	0	56,3	28	2
Penicillins (natural, aminopenicillins and antipseudomonal)															
Amoxicillin	i.z. MI	0	0	0	0	6,4	10	2	0	0	0	1,9	10,7	70	6
	i.u.	0	0	6,2	14,0	79,6	106	11	0	0	5,0	13,2	45,2	128	9
	p.o.	0	0	0	0	615,6	125	1	0	0	0	0	38,7	10	1
	par.	0	0	0	46,5	295,0	153	8	0	0	11,5	62,9	463,1	530	9
Ampicillin	i.z. MI	0	0	0	0	36,3	29	3	0	0	0	0,8	27,4	387	4
	i.u.	0	0	0	0	2,1	1	1	0	0	0	0	20,6	11	2
Benzylpenicillin	i.z. MI	0	0	0	0	274,6	30	4	0	0	0	51,6	275,9	216	6
	i.z. TS	0	0	0	0	7,8	9	3	0	0	0	0	32,7	34	3
	par.	0	0	0	33,7	612,3	90	7	0	0	13,0	53,0	187,0	162	8
Benzylpenicillin-Be-nethamin	i.z. TS	0	0	0	2,0	30,7	29	6	0	0	0	0	84,3	183	3
Benzylpenicillin-Benzathin	par.	0	0	0	0	4,2	15	2							
Benzylpenicillin-Ka-lium	i.z. MI	0	0	0	0	444,9	21	2	0	0	0	0	69,6	28	3
Benzylpenicillin-Nat-rium	par.	0	0	0	0	70,2	3	1	0	0	0	0	91,4	2	1
Penethamat	par.	0	0	0	3,5	180,2	42	5	0	0	0	33,4	93,8	163	5
Penethamat-Hydro-jodid	i.z. TS	0	0	0	0,7	11,0	29	6	0	0	0	0	30,1	183	3
Highly Important Antimicrobials (HIA)															
Amphenicols															
Florfenicol	par.	0	0	0	0	136,2	86	4	0	0	0	12,8	207,3	182	6
Cephalosporins (1st and 2nd generation) and cephamycins															
Cefalexin	i.z. MI	0	0	0	4,4	39,7	191	7	0	0	1,1	7,8	26,9	592	8
Cefalonium	i.z. TS								0	0	0	0	43,6	285	2
Cefapirin	i.z. TS								0	0	0	0	52,9	160	4
	i.u.	0	0	0	0	21,8	79	4	0	0	0	0	1,5	2	2

Fortsetzung von Tabelle 4.8-9		öko (n=19)							konv (n=16)						
		mg / 1.000 kg ECM							mg / 1.000 kg ECM						
WHO-Einstufung, Wirkstoffklasse, Wirkstoff	Anw.-Art	Min	Q1	Med.	Q3	Max	nPDD	n PB mit B.	Min	Q1	Med.	Q3	Max	nPDD	n PB mit B.
Lincosamides															
Lincomycin	i.z. MI	0	0	0	0	57,3	42	3							
	par.	0	0	0	0	19,1	5	1	0	0	0	0	28,1	28	2
Penicillins (Antistaphylococcal)															
Cloxacillin	i.z. MI	0	0	0	0	65,6	40	2	0	0	0	4,5	25,1	392	5
	i.z. TS	0	0	0	24,8	212,2	87	6	0	0	3,8	199,0	394,9	440	8
	i.u.	0	0	0	0	2,1	1	1	0	0	0	0	20,5	9	
Nafcillin	i.z. TS	0	0	0	0	4,6	9	3	0	0	0	0	19,2	34	3
Oxacillin	i.z. MI	0	0	0	0	72,2	14	2	0	0	0	0	263,6	56	2
	i.u.								0	0	0	0	1,0	2	1
Sulphonamides, dihydrofolate reductase inhibitors and combinations															
Sulfadimethoxin	p.o.	0	0	0	0	37,2	5	1							
Sulfadimidin	par.	0	0	0	0	22,7	3	1	0	0	0	0	74,5	9	3
Sulfadoxin	par.	0	0	0	60,0	662,6	87	9	0	0	0	13,1	270,3	24	5
Trimethoprim	p.o.	0	0	0	0	7,4	5	1							
	par.	0	0	0	12,4	132,5	90	9	0	0	0,3	6,1	54,1	33	8
Tetracyclines															
Oxytetracyclin	i.u.	0	0	0	0	17,5	72	3	0	0	0	0	9,8	12	1
	par.	0	0	0	0	47,9	20	3	0	0	0	5,9	91,9	47	5
Tetracyclin	i.u.	0	0	0	33,8	152,0	90	6	0	0	6,9	69,3	419,6	301	8

n = Anzahl; **Min** = Minimalwert; **Q1** = 1. Quartil; **Med.** = Median; **Q3** = 3. Quartil; **Max** = Maximalwert; **nPDD** = Anzahl antibiotischer Einzelgaben; **n PB mit B.** = Anzahl Pilotbetriebe mit Behandlungen mit jeweiligem Wirkstoff und jeweiliger Anwendungsart; **Anw.-Art** = Anwendungsart: **i.u.** = intrauterin (in die Gebärmutter); **i.z.** = intrazisternal (= intramammär, in den Zitzenkanal des Euters bzw. durch den Zitzenkanal in die Milchdrüse); **par.** = parenteral (unter Umgehung des Darms, hier i.m. (intramuskulär, in einen Muskel), i.v. (intravenös, in eine Vene), s.c. (subkutan, in die Unterhaut)); **p.o.** = per os (oral, über das Maul); **MI** = Mastitisinjektor; **TS** = Trockenstellinjektor; ***** = Wirkstoffe, die sowohl für die Tiermedizin (OIE (2015): VCIA) als auch für die Humanmedizin (TÄHAV (2018): Umwidmungsverbot, Antibiotigrammpflicht) als besonders wichtig eingestuft werden, dabei ****** = von WHO (2016) als „Last Resort“ eingestuft; **leere Zellen** = wurde im betrachteten System auf keinem PB angewendet

Die Wirkstoffmengen, die in diesem Abschnitt dargestellt werden, enthalten alle Wirkstoffmengen, die auf den einzelnen Betrieben allen für die Milchwirtschaft gehaltenen Tieren in Summe verabreicht wurden, d. h. den Kälbern, dem Jungvieh und den Milchkühen. Die Darstellung der Wirkstoffmengen dient nicht der Beschreibung von möglichen Selektionsdrücken bei der Anwendung von antimikrobiell wirksamen Substanzen, wie dieses die Abschnitte tun, die sich auf die Therapiehäufigkeit beziehen. Der Produktbezug, d. h. die Verwendung der pro Tier produzierten Milchmenge als Denominator, versucht, einen ersten Bezug zwischen der Anwendung von Antimikrobiotika und Ressourceneffizienz herzustellen. Unserer Recherche nach ist dies bislang für Milch noch nicht getan worden (während es beispielsweise die sogenannte *Product-related Daily Dose* pro kg Biomasse, d. h. im Bezug zum Lebendgewicht für Masttiere

gibt (anstelle des tatsächlichen Produktes, das Fleisch) (Trauffler et al., 2014). Humphry et al. (2020) ermittelten den Einsatz antimikrobieller Substanzen in Mast- und Milchviehbetrieben Großbritanniens anhand von Verkaufszahlen der Medikamente. Sie bezifferten deren Einsatz im Median mit $9,5 \text{ mg kg}^{-1}$ bei Mastrindern und mit $14,3 \text{ mg kg}^{-1}$ bei Milchrindern (bezogen auf Standardlebendmasse). 10,6 % der in den insgesamt verkauften Medikamenten enthaltenen Wirkstoffe waren dabei der WHO-Kategorie der HPCIA zugehörig. Unsere kleine Stichprobe von Betrieben kann nur eine Idee davon vermitteln, um welche Wertehöhen es bei den einzelnen Wirkstoffen und Anwendungsarten gehen könnte. In einer Großfamilie, die im Jahr 1.000 Liter Milch verbraucht, hätte die Milch vielleicht in etwa den in Tabelle 4.8-9 im Median dargestellten Rucksack mit verwendeten Wirkstoffen.

Milchkonsum bedeutet letztlich auch, dass die mit der Milchproduktion zusammenhängenden Tiere auch erkranken können und dann behandelt werden müssen. Die verwendeten Wirkstoffe finden sich nicht im konsumierten Produkt wieder, durchaus jedoch können Arzneimittelrückstände in den Ausscheidungen (Exkrememente und „Rückstandsmilch“, die im Gülle- oder Jauchehälter entsorgt wird) der Tiere durch die Ausbringung der Wirtschaftsdünger in Spuren in die Umwelt (Xie et al., 2017), ins Quell- und/ oder Trinkwasser (z. B. Ribeiro et al., 2014; Stange & Thiem, 2020), ins Grundwasser (Zainab et al., 2020) und an Lebensmittel gelangen (Zhao et al., 2019). An jedem Ort werden so Erreger einem Resistenzdruck ausgesetzt.

4.8.3.14 Therapiehäufigkeit auf ausgewählten Pilotbetrieben in verschiedenen Milchjahren zwischen 2008 und 2016

Bei 13 ausgewählten Pilotbetrieben (sieben ökologisch, sechs konventionell wirtschaftend) wurden die Tierarzneimittelanwendungen für weiter gefasste Zeiträume digitalisiert und hinsichtlich der Therapiehäufigkeit ausgewertet. Insgesamt handelt es sich um 64 Milchjahre (jeweils 32 bei den ökologisch und konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben). Dabei wurden bei den Kälbern 238 antibiotische Einzelgaben (nPDD) auf den ökologisch bzw. 1.953 auf den konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben ausgewertet, beim Jungvieh 18 (ö) bzw. 54 (k) und bei den Milchkühen 1.123 (ö) bzw. 6.250 (k).

Auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben lagen die Therapiehäufigkeiten bei den **Kälbern ($\leq 14 \text{ d}$)** in allen Milchjahren unter einem Tag (Abbildung 4.8-17a), d. h. jedes auf diesen Betrieben geborene Kalb wurde weniger als einen Tag mit einem antimikrobiell wirksamen Arzneimittel behandelt. Dabei betrug die Therapiehäufigkeit null Tage in insgesamt 19 der 32 Milchjahre (das sind 59,4 % der Milchjahre der ökologisch wirtschaftenden Betriebe) auf 5 ökologisch wirtschaftenden Betrieben, während es nur acht Milchjahre (25,0 % der Milchjahre) auf drei konventionell wirtschaftenden Betrieben waren. Werte von über einem Tag traten lediglich auf vier konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben in zehn Milchjahren (31,3 % der Milchjahre) auf. Zwei dieser Betriebe mit sechs bzw. sieben ausgewerteten Milchjahren zeigten starke Unterschiede zwischen den jährlichen Therapiehäufigkeiten mit Spitzenwerten von knapp 3 bzw. über 5 Tagen der Behandlung mit Antimikrobiotika. Dementsprechend wiesen auch die Mediane der ausgewerteten Milchjahre der einzelnen konventionell wirtschaftenden Betriebe höhere Werte (zwischen 0 und 1,41) der Therapiehäufigkeit auf als die der ökologisch wirtschaftenden (zwischen 0 und 0,62 Tage) (Tabelle 4.8-10).

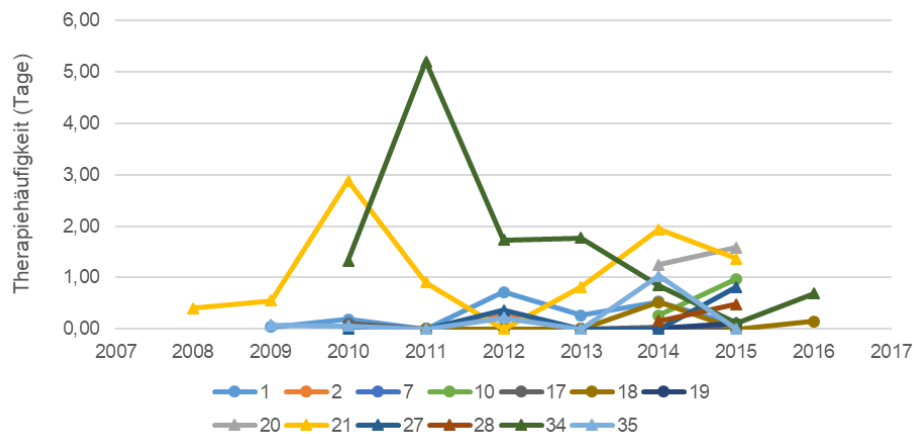
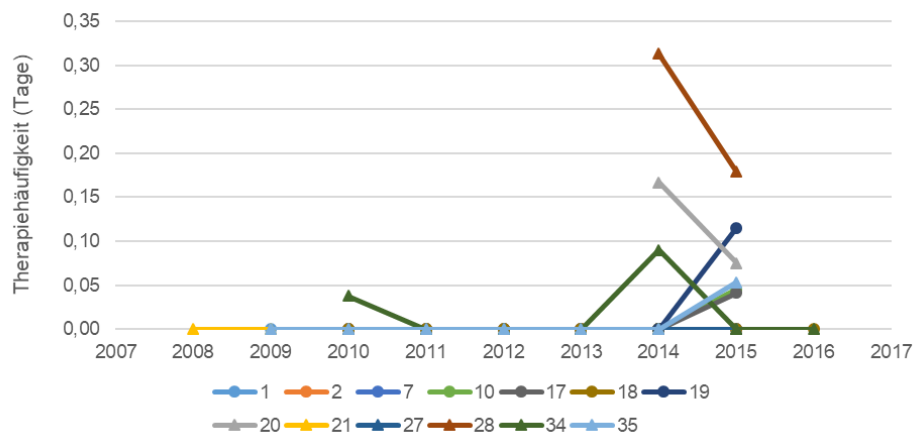
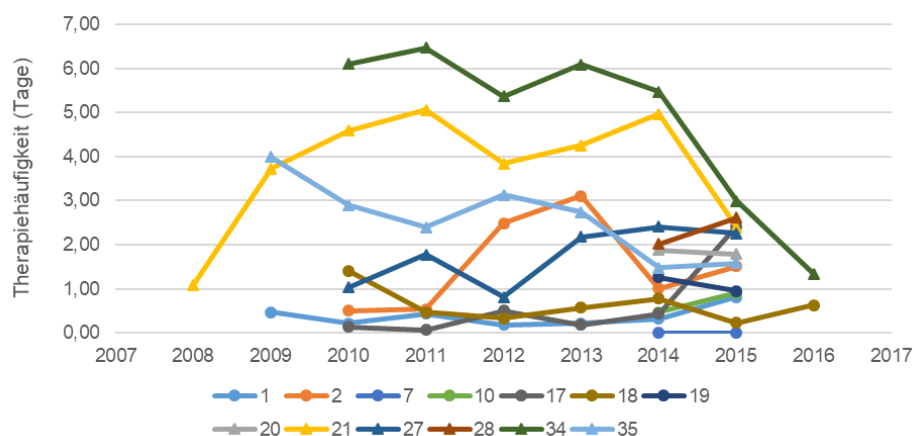
(a) geborene Kälber (≤ 14 d)**(b) Jungvieh****(c) Milchkühe**

Abbildung 4.8-17: Zeitreihe der Therapiehäufigkeit **(a)** der Kälber (≤ 14 d), **(b)** des Jungviehs und **(c)** der Milchkühe auf sieben ökologisch (öko) und sechs konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben in verschiedenen Milchjahren zwischen 2008 und 2016 (Bezugszeiträume jeweils 01.10. - 30.09.). PB Nr. 1-19 = ö, 20-35 = k.

Wurden die Ergebnisse der Therapiehäufigkeiten der insgesamt 64 Milchjahre über die Jahre gruppiert nach den landwirtschaftlichen Systemen (Abbildung 4.8-18), zeigten sich in allen Jahren für alle Tierkategorien erneut die im Median deutlich niedrigeren Werte der ökologisch wirtschaftenden Betriebe im Vergleich zu den konventionell wirtschaftenden. Wie es sich in Abbildung 4.8-17 andeutete, ließ sich bei den Kälbern (≤ 14 Tage) auch in Summe der Milchjahre der ökologisch wirtschaftenden Betriebe kein Trend einer Zunahme oder Abnahme der Therapiehäufigkeit über die Jahre erkennen (Abbildung 4.8-18a).

Im Milchjahr 2015 lagen die Therapiehäufigkeiten verglichen mit dem Median der anderen Milchjahre (bzw. des Milchjahres 2014, wenn dieses das einzige Vergleichsjahr war) im Median bei den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben gleichhoch bei 0 (zwischen -0,16 bis 0,71), während sie bei den konventionell wirtschaftenden bei 0,33 (-1,41 bis 0,82) Tagen höher lagen und diese auch eine größere Spanne aufwiesen (Tabelle 4.8-10).

Die Therapiehäufigkeiten beim **Jungvieh** lagen in den 64 hier insgesamt analysierten Milchjahren überwiegend bei null Tagen. Lediglich in den Milchjahren 2010, 2014 und 2015 gab es Pilotbetriebe mit Therapiehäufigkeiten auf sehr niedrigem Niveau über null Tagen (Abbildung 4.8-17b). Dies waren drei Milchjahre (entsprechend 9,4 % der Milchjahre der ökologischen Betriebe) bei drei ökologisch wirtschaftenden Betrieben (0,05 bis 0,12 Tage Therapiehäufigkeit) und sieben Milchjahre (21,9 %) bei vier konventionell wirtschaftenden Betrieben (0,05 bis 0,31).

Dementsprechend ließ sich bei diesen wenigen Datensätzen keinerlei Trend zu über die Jahre zu- oder abnehmenden Therapiehäufigkeiten ablesen (Abbildung 4.8-18b).

Verglichen mit dem Median der anderen Milchjahre (bzw. des Milchjahres 2014, wenn dieses das einzige Vergleichsjahr war) lagen die Therapiehäufigkeiten im Milchjahr 2015 im Median in beiden landwirtschaftlichen Systemen gleichhoch bei null Tagen (öko 0,04 bis 0,12; konv -0,13 bis 0,05) (Tabelle 4.8-10).

Die **Milchkühe** wurden im Vergleich zu den Kälbern und zum Jungvieh über die Jahre am häufigsten mit Antibiotika behandelt, wobei auf den einzelnen Pilotbetrieben Therapiehäufigkeiten in den einzelnen Milchjahren zwischen 0 und 6,5 Tagen errechnet wurden (Abbildung 4.8-17c). Die Unterschiede konnten sowohl zwischen den Pilotbetrieben als auch zwischen den einzelnen Jahren eines einzelnen Pilotbetriebes sehr groß sein.

Auf den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben lagen die Therapiehäufigkeiten bei den Milchkühen in allen Milchjahren überwiegend im Bereich zwischen null und einem Tag (Abbildung 4.8-17c). Nur zwei ökologisch wirtschaftende Betriebe zeigten in insgesamt drei Jahren (9,4 % der Milchjahre) Werte von über zwei. Auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben dagegen lagen die Werte der Therapiehäufigkeit deutlich höher. In 22 Milchjahren wurden auf den sechs Betrieben Therapiehäufigkeiten über zwei Tage erreicht, was 68,8 % der Milchjahre entspricht. In lediglich zehn Milchjahren lagen die Werte unter zwei Tage, davon nur eines unter einem Tag. Dementsprechend wiesen auch die Mediane der Milchjahre der einzelnen ökologisch wirtschaftenden Betriebe deutlich geringere Werte auf (zwischen 0 und 1,26) als die der konventionell wirtschaftenden (zwischen 1,83 und 5,47) (Tabelle 4.8-10).

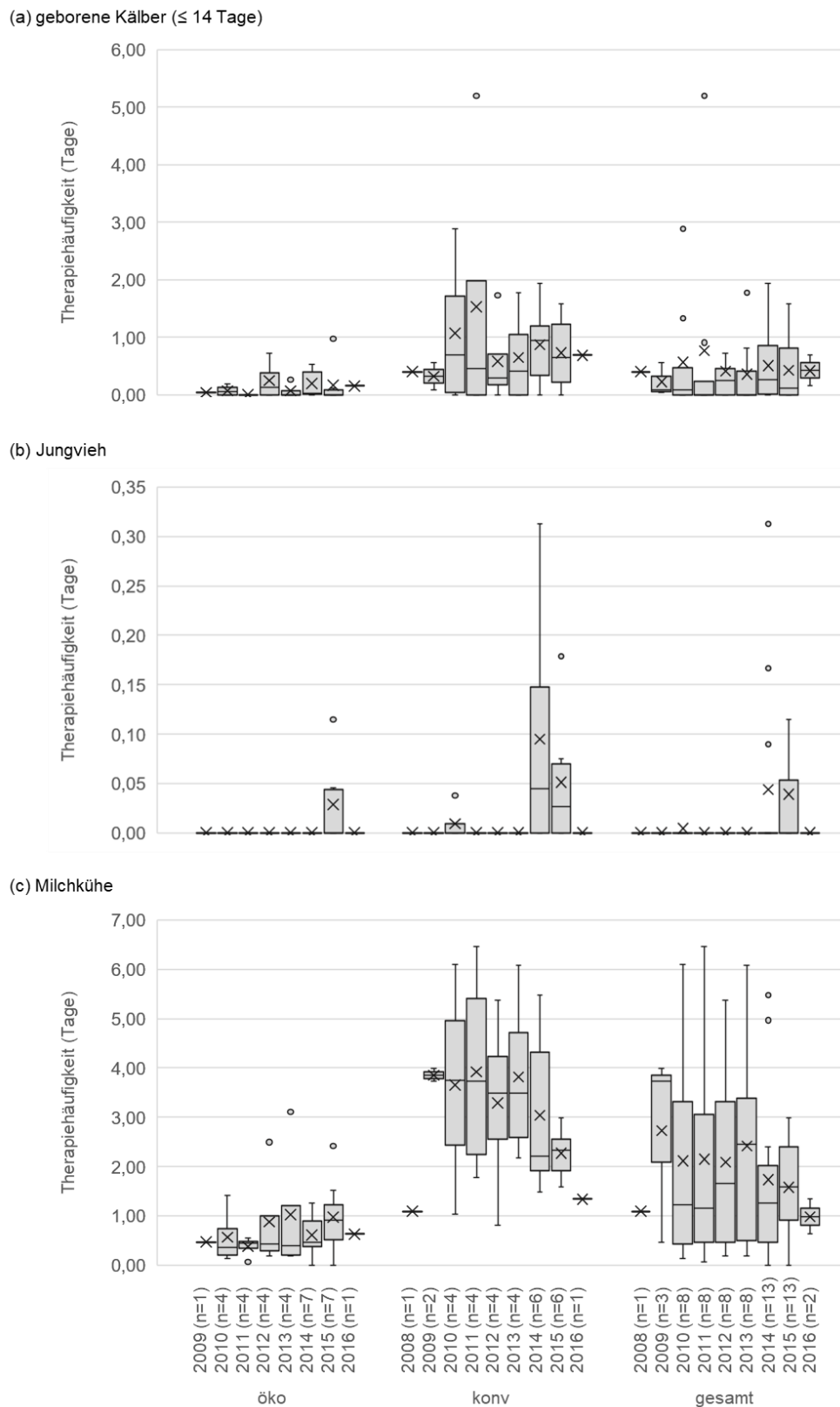


Abbildung 4.8-18: Zeitreihe der Therapiehäufigkeit **(a)** der Kälber (≤ 14 d), **(b)** des Jungviehs und **(c)** der Milchkühe der Gruppen der sieben ökologisch (öko) und sechs konventionell (konv) wirtschaftenden und aller 13 (gesamt) Pilotbetriebe mit über 2015 hinausgehenden Datensätzen in verschiedenen Milchjahren zwischen 2008 und 2016 (Bezugszeiträume jeweils 01.10. - 30.09.).

Tabelle 4.8-10: Vergleich der Therapiehäufigkeiten (in Tagen) auf 7 ökologisch (öko) und 6 konventionell (konv) wirtschaftenden Pilotbetrieben (anonymisiert durchnummeriert: 1-19 = öko, 20-35 = konv; gesamt = alle Betriebe) des Milchjahres 2015 mit den anderen ausgewerteten Milchjahren.

		Therapiehäufigkeit (Tage)					
		Kälber (≤ 14 d)		Jungvieh		Milchkühe	
PB Nr.	Anz. Milchjahre ges.	Median aller Jahre	Abweichung 2015 von den anderen Milchjahren	Median aller Jahre	Abweichung 2015 von den anderen Milchjahren	Median aller Jahre	Abweichung 2015 von den anderen Milchjahren
1	7	0,19	-0,16	0	0,00	0,33	0,54
2	6	0	0	0	0	1,26	0,50
7	2	0	0	0	0	0	0
10	2	0,62	0,71	0,02	0,05	0,69	0,44
17	6	0	0	0	0,04	0,31	2,11
18	7	0	0	0	0	0,58	-0,38
19	2	0,06	0,09	0,06	0,12	1,11	-0,31
20	2	1,41	0,34	0,12	-0,09	1,83	-0,09
21	8	0,86	0,55	0	0	4,05	-1,86
27	6	0	0,82	0	0	1,98	0,48
28	2	0,32	0,33	0,25	-0,13	2,32	0,59
34	7	1,32	-1,41	0	0	5,47	-2,78
35	7	0,06	-0,07	0	0,05	2,73	-1,24
Median öko		0	0	0	0	0,58	0,44
Median konv		0,59	0,33	0	0	2,53	-0,66
Median gesamt		0,06	0,00	0,00	0,00	1,26	0,00

In der Gruppierung der Therapiehäufigkeiten der 64 Milchjahre nach den landwirtschaftlichen Systemen über die Jahre zeigte sich auch für die Milchkühe erneut in allen Jahren das deutlich höhere Niveau der konventionellen Pilotbetriebe im Vergleich zu den ökologisch wirtschaftenden Betrieben (Abbildung 4.8-18c).

Die Therapiehäufigkeiten der ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe schienen für das Milchjahr 2015 im Vergleich zu den Vorjahren leicht zuzunehmen und die der konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe für die Milchjahre 2014 und 2015 abzunehmen. Dies könnte natürlich auch ein Effekt der höheren Anzahlen an eingehenden Betrieben in diesen beiden Jahren sein. Bei der gemeinsamen Betrachtung der 13 Pilotbetriebe ergab sich kein Hinweis auf eher steigende oder sinkende Therapiehäufigkeiten über die Jahre. Die geringen Anzahlen der Pilotbetriebe, die pro Milchjahr und System in die Berechnung der Therapiehäufigkeiten über die Jahre eingingen, erlauben natürlich keine generalisierenden Aussagen, sondern stellen lediglich das Geschehen auf den ausgewählten Pilotbetrieben dar.

Im Milchjahr 2015 lag die Therapiehäufigkeit bei den ökologisch bzw. konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben im Median um 0,44 Tage (zwischen -0,31 bis 2,11) höher bzw. um 0,66 Tage (-2,78 bis 0,59)

niedriger als der Median der anderen Milchjahre (bzw. als der Wert des Milchjahres 2014, wenn dieses das einzige Vergleichsjahr war) (Tabelle 4.8-10).

Grundsätzlich zeigt dieser kleine Ausschnitt von Zeitreihen (oder auch von nur zwei aufeinander folgenden Milchjahren) einzelner Pilotbetriebe, dass es insbesondere bei den **Milchkühen** auf vielen Betrieben keinen stabilen Zustand des Behandlungsgeschehens **im Zeitverlauf** gab. Vielmehr scheint es von Zeit zu Zeit Herausforderungen gegeben zu haben, auf die (ggf. lediglich unter anderem – insbesondere sich verändernde Managementmaßnahmen wurden in dieser Studie nicht untersucht) mit einer vermehrten Gabe von Antibiotika reagiert wurde. Dies gilt, auf bei den meisten Pilotbetrieben deutlich niedrigerem Niveau, ebenso für die **Kälber**. Aufgrund der geringen Therapiehäufigkeiten beim Jungvieh lassen sich für dieses keine Aussagen treffen.

Bei den Milchkühen der sechs konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe war der Median der Therapiehäufigkeit des Milchjahres 2015 um 0,66 Tage niedriger als der Median aller anderen untersuchten Milchjahre der sechs konventionell wirtschaftenden Betriebe; bei den ökologisch wirtschaftenden lag er 2015 0,44 Tage höher. Für die konventionell gehaltenen Kälber lag der Wert 2015 höher als im Median aller anderer Jahre, auf den ökologisch geführten Pilotbetrieben lagen die Werte weiter bei null. Eine hypothetische Überlegung: Würden diese Ergebnisse beispielhaft für alle 19 ökologisch und 16 konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe dieser Studie gelten, würde im Median der Niveauunterschied der Therapiehäufigkeiten zwischen den ökologisch und konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben in den außerhalb von 2015 liegenden Jahren deutlich größer ausfallen als er es 2015 schon war.

Hommerich et al. (2019) zeigten in ihrer longitudinalen Analyse mit zwischen 170 bis rund 470 Milchviehbetrieben zwischen 2011 und 2015 halbjährliche Mediane der Therapiehäufigkeit bei Kälbern zwischen 0,3 und 0,8 Tagen und bei Milchkühen zwischen 1,9 und 2,3 Tagen, und waren damit mit den im Pilotbetriebebenetzwerk erhobenen Daten weitgehend vergleichbar. Im analysierten Zeitraum schwankten die Mediane der Therapiehäufigkeiten zwischen diesen Werten, ohne einen wirklichen Trend darzustellen. Die Minimumwerte lagen für beide Tierkategorien bei null, die Maximalwerte bei den Kälbern bei 23,9 Tagen, bei den Milchkühen bei 12,7 Tagen, was bei weitem nicht auf den Pilotbetrieben vorkam.

4.8.3.15 Weiterentwicklung von Beratungsansätzen zur Optimierung der Medikation in der Milchviehhaltung

Für die vorliegende Praxiserhebung zum Arzneimiteleinsatz in Milchviehbetrieben mussten einheitliche Datenformate für die Auswertung erst geschaffen und Gesundheitsdaten zugeordnet werden, dies aus verschiedenen und unterschiedlich detailliert geführten Quellen. Die Arbeiten zeigten, dass die uneinheitliche Dokumentation der Betriebe und ihrer Tierärzte Datenlücken erzeugt oder zu Kompromissen bei der Datenzusammenfassung zwingt. Die Rohdaten, nämlich Fotos von tierärztlichen Anwendungs- und Abgabebelegen und Stallbüchern sowie gelegentlich Auszüge von Herdenmanagementprogrammen, verursachten eine sehr aufwändige Digitalisierung. Interpretationsmöglichkeiten des Dokumentierten erforderten Recherchearbeit innerhalb der anderen Daten des Betriebs oder Erweiterungen der Standardverfahrensanweisung zur Digitalisierung. Probleme waren: kleine Datenlücken innerhalb einzelner dokumentierter Anwendungen oder Abgaben von Tierarzneimitteln, inhaltlich unstimmmige Angaben auf den

Belegen, teilweises Fehlen von Tierindividuen, die pauschalen Zuordnungen von Diagnosen zu Tierarzneimitteln in einigen Praxen mit digitalen Anwendungs- und Abgabebelegen. Eine digitale Version der Dokumentation der Tierarzneimittelanwendungen würde, bei guter technischer Umsetzung wie in diversen Herdenmanagementprogrammen, eine leichte Auswertbarkeit der Behandlungsdaten ermöglichen.

Chancen, die die an sich reglementierte Dokumentation der Anwendung und Abgabe von Arzneimitteln für die konsistente Ableitung für betriebsübergreifenden Erkenntnisgewinn, verbesserte Beratungsempfehlungen und für einen gezielten Arzneimitteleinsatz eigentlich bietet, können so nicht umfassend genutzt werden. Einheitliche Datenformate für die Erfassung von Gesundheitsproblemen und Therapie von Beginn an wären hierfür erforderlich. Daher wäre die Einführung einer bundesweit einheitlichen **Tiergesundheitsdatenbank**, in die neben Gesundheitsdaten der Tiere auch die Tierarzneimittelanwendungen tierärztlicher- und betrieblicherseits eingepflegt werden, empfehlenswert. Eine solche Datenbank wurde auch durch die Bundestierärztekammer (BTK, 2017) vorgeschlagen. Zumindest sollte die Dokumentation der Tierarzneimittelanwendungen sowohl der Praxen als auch der Betriebe komplett auf eine digitale Version umgestellt werden.

Der Vorteil einer Tiergesundheitsdatenbank gegenüber einer komplett digitalen Dokumentation von Tierarzneimittelanwendungen liegt im erweiterten Dokumentations- und Auswertungspotential (z. B. von Schlachtbefunden (Leberegelbefall, Magenschleimhautveränderungen), Mortalitäten aus HI-Tier, Gesundheitsdaten der Milchleistungsprüfung). Auf diese Weise lassen sich automatisiert viel einfacher betriebliche Maßnahmen ableiten als es Zettelwirtschaft diverser Quellen jemals vermag. Auch das Benchmarking mit anderen Betrieben ist dann besser möglich und kann für die Verbesserung von Beratung und die Diskussion von Therapien hilfreich sein.

Hinsichtlich der Anwendung antimikrobiell wirksamer Stoffe wäre eine **Stärkung der Rolle der Tierärztinnen und Tierärzte** wichtig – und auch hier eine Tiergesundheitsdatenbank verstärkt nutzbar. Sie sollten weniger als Dienstleister gesehen werden, sondern eher als Berater der Betriebe (vergleiche auch Sundrum & Blaha, 2017), um den Arzneimitteleinsatz noch gezielter zu gestalten. Zur allgemein wichtigen Reduktion jeglicher Anwendung von Antimikrobiotika, um den Resistenzdruck so niedrig wie möglich zu halten, könnte gehören, den Tierhaltenden im Bedarfsfall das selektive Trockenstellen im Gegensatz zum grundsätzlichen nahelegen. In anderen in dieser Studie offenbar geworden Fall, in dem trotz Problemen extrem wenig antimikrobiell wirksame Trockensteller auf einem Betrieb verwendet wurden, könnte dem Tierhaltenden das selektive Trockenstellen nahegelegt werden, um Tiergesundheit und Tierwohl zu verbessern – auch, wenn dieses nicht den Verbrauch von Antimikrobiotika reduziert. Zudem ist es von großer Wichtigkeit, einen möglichst kleinen Anteil an antimikrobiellen Substanzen, die zu den wichtigsten für sowohl die Tier- als auch die Humanmedizin gehören, an Tieren anzuwenden – nämlich genau dann, wenn es notwendig ist. Tierärztinnen und Tierärzte haben natürlicherweise den größten Einfluss bezüglich der Auswahl der Wirkstoffe. Die Tierärztliche Hausapothekenverordnung (TÄHAV) von 2018 wird im Übrigen vermutlich einen wesentlichen Teil dazu beitragen, eine im Vergleich zum hier dargestellten Milchjahr 2015 verbesserte Situation herzustellen.

Für die Beratung für eine konsequente Optimierung der Medikation in der Milchviehhaltung und die zukünftige Datenerfassung auf Betrieben hätten in diesem Zusammenhang folgende Punkte eine hohe Bedeutung:

- **Sensibilisierung der Tierärztinnen und Tierärzte** für eine vollständige, plausibilisierte Dokumentation von tierärztlich durchgeführten und verschriebenen Behandlungen, die einen hohen Wert für die Tierhaltenden haben kann.
- **Sensibilisierung der Tierhaltenden** für Anzeichen von Erkrankungen am Tier und in Daten, die auf den meisten Betrieben verfügbar sind (z. B. Stoffwechsel- und Eutergesundheitsdaten der Milchleistungsprüfung) durch leicht zugängliches Informationsmaterial und Schulungen.
- **Sensibilisierung der Tierhaltenden** für eine gute Dokumentation und Auswertung von Erkrankungen und Behandlungen, um betriebliche Verbesserungsmaßnahmen, ggf. mit den betreuenden Tierärztinnen und Tierärzten, anhand von Daten ableiten zu können.

4.8.4 Zusammenfassung wichtiger Daten und Bewertung

Im Folgenden werden für einen ersten Überblick wichtige Daten aus der Erhebung zur Tierarzneimittelanwendung auf den 35 analysierten ökologisch (ö) und konventionell wirtschaftenden (k) Pilotbetrieben im Milchjahr 2015 noch einmal zusammengefasst. Erkenntnisse für die Optimierung von Tiergesundheit, Medikation und Ressourceneffizienz in der Milchviehhaltung werden abgeleitet. Die Zusammenfassung ersetzt nicht die detaillierte Lektüre der Einzelergebnisse und der Diskussion des komplexen Datensatzes im vorhergehenden Text.

Die aus den Dokumentationen (Anwendungs- und Abgabebelege, Stallbücher, Herdenmanagementprogramme) auf den Betrieben ermittelten **Behandlungsgänge** waren bei Milchkühen, Kälbern und Jungvieh sehr betriebsindividuell.

Bei den **Kälbern** wurde ohne die Berücksichtigung von Arzneimittelgaben zur Enthornung jedes geborene Kalb rund 0,17-mal (ö) bzw. 0,29-mal (k) medikamentös behandelt. Die Werte der Einzelbetriebe lagen zwischen 0 und 140,0 % (min-max; ö) bzw. 0 und 98,6 % (k). Im Vergleich der Betriebssysteme betrugen die Medianwerte der medikamentösen Behandlung in Bezug auf die geborenen Kälber bei **Atemwegserkrankungen** 5,3 % (ö) bzw. 7,0 % (k), bei **Durchfallerkrankungen** 0 % (ö) bzw. 1,5 % (k) und bei **Parasitosen** 1,5 % (ö) bzw. 0 % (k) mit jeweils hohen einzelbetrieblichen Spannen. Medikamentöse Behandlungen von Nabelentzündungen und -brüchen wurden selten dokumentiert.

Im Zusammenhang mit der **Enthornung** erhielten 69 % (ö) bzw. 0 % (k) der insgesamt 531 im Milchjahr 2015 enthornten Kälber, für die Behandlungen dokumentiert wurden, Medikamente nach tierärztlicher Best Practice.

Beim **Jungvieh** wurden im Median insgesamt nur 4,2 % (ö) bzw. 1,8 % (k) des Durchschnittsbestandes medikamentös behandelt. Einzelbetrieblich wurden jedoch gegen Parasitosen und Verdauungsstörungen zahlreiche Behandlungsgänge dokumentiert. Klauenerkrankungen waren die Erkrankungen, die auf den meisten Pilotbetrieben (auf 5 (ö) bzw. 6 (k)) dokumentiert behandelt wurden.

Im analysierten Milchjahr 2015 erhielten auf den Pilotbetrieben im Median 73,5 % (ö) bzw. 177,3 % (k) des Milchkuh-Durchschnittsbestandes medikamentöse Behandlungsgänge (mit Pro-/ Metaphylaxen). Im Median wurden bei den **Milchkühen** in Bezug auf **Eutererkrankungen** 33,7 % (ö) bzw. 73,8 % (k) behandelt. 6,2 % (ö) bzw. 47 % (k) der Milchkühe wurden antibiotisch trockengestellt und Mastitis bei 9,1 % (ö) bzw. 22,9 % (k) der Tiere behandelt (Medianwerte). Die auf den ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben gefundenen Werte z. B. für den Einsatz antimikrobiell wirkender Trockenstellpräparate liegen unter denen anderer Studien in Deutschland. Auf **Fruchtbarkeitsprobleme** hin wurden 9,7 % (ö) bzw.

18,2 % (k) der Milchkühe behandelt, wobei **Brunstprobleme** (2,2 % (ö) bzw. 4,8 % (k)) und **Gebärmut-terentzündungen** (1,1 % (ö) bzw. 3,5 % (k)) am häufigsten behandelt wurden und einzelbetrieblich Nachgeburtsverhaltungen mit bis zu 20,0 % (ö) und 17,2 % (k) behandelter Milchkühe eine Rolle spielten. **Erkrankungen des Bewegungsapparates** wurden im Median zu 0,9 % (ö) bzw. 1,6 % (k) der Milchkühe dokumentiert.

Zu berücksichtigen ist, dass die **Variationsbreiten der Behandlungsgänge** zu allen genannten Krankheitskomplexen in dieser und in den verglichenen Studien in beiden Systemen hoch waren. Allerdings wurden hinsichtlich der Behandlungshäufigkeit in den ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Median stets niedrigere Werte ermittelt als in den konventionell wirtschaftenden. Dies rechtfertigt jedoch keine generellen Ableitungen zum tatsächlichen Gesundheitszustand der Tiere, da Krankheitserkennung und Behandlungsentscheidungen vom Betreuungspersonal und Tierärztinnen bzw. Tierärzten abhängig sind. Zum Beispiel lagen die durchschnittlichen somatischen Zellgehalte der Milch als Indikator für Mastitis-erkrankungen in ökologisch wirtschaftenden Pilotbetrieben höher und einzelbetrieblich häufiger über Warnwerten als in den konventionell wirtschaftenden. Zudem wurden in beiden Systemen keinerlei Zusammenhänge zwischen den aufgezeichneten Therapien von Stoffwechselerkrankungen und den dazu vorhandenen Gesundheitsdaten aus den Milchleistungsprüfungen festgestellt. Die Therapie von Krankheiten, Verletzungen und Parasitenbefall sollten daher unabhängig vom Betriebssystem stets vom Einzeltier her, diagnoseabhängig und mit einzelbetrieblichen Managementplänen angegangen werden.

Dies findet auch Bestätigung in der **subjektiven Einschätzung der Betriebsleitenden zum Krankheitsgeschehen** in ihren Herden. Sie deckte sich in der Regel mit den Auswertungen zur Zahl der Behandlungsgänge. Die Eutergesundheit wurde jedoch im Interview bei den ökologischen Betrieben, die keine Probleme mit Euterentzündungen geäußert hatten, besser eingeschätzt, als sie es angesichts des Grenzwertes (≤ 100.000 somatische Zellen ml^{-1} Milch) und der gemessenen Werte in der Milchleistungsprüfung tatsächlich war. Damit waren auf diesen ökologisch wirtschaftenden Betrieben sogar ein deutlich kleinerer Anteil der Milchkühe eutergesund als auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben, für die Probleme angegeben worden waren. Auf der anderen Seite wurden bei ungünstiger subjektiver Gesamteinschätzung der Mastitis-situation durch die ökologischen Betriebe in einzelbetrieblicher Betrachtung umso weniger Behandlungsgänge ermittelt, je schlechter die Eutergesundheit war. Ein Bewusstsein für ein Problem mit entzündlichen Eutererkrankungen war demnach nicht gleichbedeutend mit einer diesbezüglich erhöhten Anzahl von Behandlungen der Milchkühe mit Tierarzneimitteln. Besonders bei den konventionellen Betrieben wurde deutlich, dass ein gleiches Eutergesundheitsniveau – unabhängig von der subjektiven Einschätzung des Mastitisgeschehens durch die Betriebsleitenden – mit einer deutlich unterschiedlichen Anzahl von Behandlungsgängen erreicht wurde.

Die **Therapiehäufigkeit mit Antimikrobiotika** lag je geborenem **Kalb** im Median bei 0,27 Tagen (ö) bzw. doppelt so hoch bei 0,55 Tagen (k), beim **Jungvieh** sehr niedrig bei 0 (ö) bzw. 0,06 (k), bei **Milchkühen** bei 0,91 (ö) bzw. mehr als zweieinhalb Mal so hoch bei 2,32 Tagen (k); auf vergleichbarem Niveau lagen auch die Werte für Therapiehäufigkeiten oder ähnlicher Kennzahlen des Gebrauchs antimikrobiell wirksamer Stoffe bei den Milchkühen. Es gab auch hier wie bei den Behandlungsgängen **hohe Spannbreiten** der Werte auf den Pilotbetrieben beider Gruppen, deren Maximalwerte, gemessen an Regulierungsvorgaben in der Tiermast, für einzelne Betriebe beider Gruppen Maßnahmenpläne zur Antibiotikaregulierung erforderlich machen würden.

Im Vergleich der ökologisch und konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben unterschieden sich die nach WHO-Klassifizierung eingestuften **Profile der eingesetzten Wirkstoffklassen** der Antimikrobiotika lediglich bei den **Kälbern**. Bei den **Milchkühen** und beim **Jungvieh** wurde in beiden Systemen das gleiche Spektrum an Wirkstoffklassen verwendet.

Die **Therapiehäufigkeit mit für die Humangesundheit höchst priorisierten kritischen Antimikrobiotika nach WHO** lag bei den **Kälbern** im Median auf gleichem Niveau von 0,043 (0 - 0,32; ö) Tagen bzw. 0,045 (0 - 1,36; k) Tagen. Beim **Jungvieh** lagen die Mediane für die Therapiehäufigkeiten dieser Arzneimittelgruppe für (ö) und (k) bei 0 Tagen. Die **Milchkühe** wiesen hierfür die höchsten Therapiehäufigkeiten mit im Median 0,18 (0 - 2,97; ö) Tagen bzw. 0,67 (0 - 2,55; k) Tagen auf. Die **Schwankungsbreiten** der Werte über die Betriebe sind hoch und Vermeidungsstrategien erfordern auch hier stets einzelbetriebliche Analysen.

Auf der Ebene der Einzelwirkstoffe zeigte sich, dass der mit Abstand in beiden landwirtschaftlichen Systemen **bedeutendste und am häufigsten eingesetzte antimikrobielle Wirkstoff Cefquinom** (ein Cephalosporin der 4. Generation) war. Es gehört zu den wenigen Wirkstoffen, die nach WHO (2016) ausschließlich der Behandlung von Menschen vorbehalten werden sollten (ein sogenanntes „**Last Resort**“ Mittel). Auf den Pilotbetrieben wurde Cefquinom fast ausschließlich bei **Milchkühen** angewendet, dabei primär bei Eutererkrankungen. Ob mit Inkrafttreten der TÄHV in 2018 Eutergesundheitsprobleme mit einem verringertem Einsatz des Wirkstoffs angegangen und gelöst werden bleibt abzuwarten.

Der kleine Ausschnitt von **Zeitreihen der Therapiehäufigkeiten** einzelner Pilotbetriebe ergab, dass es insbesondere bei den **Milchkühen** auf vielen Betrieben keinen stabilen Zustand des Behandlungsgeschehens im Zeitverlauf gab. Vielmehr scheint es von Zeit zu Zeit Herausforderungen gegeben zu haben, auf die mit einer vermehrten Gabe von Antibiotika reagiert wurde. Dies gilt, auf niedrigerem Niveau, ebenso für die **Kälber**. Ein kontinuierliches Monitoring von Gesundheits- und Behandlungsdaten würde hier Erklärungs- und Handlungsoptionen aufzeigen.

Hinsichtlich der **Ressourceneffizienz** wurde in dieser Studie erstmals zusammengestellt, welche Wirkstoffmengen an kritischen Antibiotika für die Humangesundheit nach WHO, aufgegliedert nach Anwendungsart, für die Produktion von 1.000 kg Milch (ECM) auf den Pilotbetrieben eingesetzt wurden. Wie bei der Emission von Treibhausgasen ist dieser produktbezogene Parameter ein Kriterium für den Vergleich von Lebensmitteln, spiegelt aber regionale Belastungen der Umwelt und der Nahrungskette mit Antibiotika und damit verbundene Resistenzbildung unzureichend wieder. Der Parameter ersetzt auch nicht das Streben nach guten Haltungsumgebungen und ein prophylaktisches Gesundheitsmanagement durch ausgewogene Fütterung, Hygiene und eine an Genetik und Stoffwechsel der Tiere angepasste, gute Milchleistung in ökologischen und konventionellen Milchviehbetrieben, welches, zusammen mit guter Analyse der auslösenden Gründe von Krankheiten, bei gutem Tierwohlzustand zu verringertem Einsatz von Medikamenten aller Art führen kann.

Eine konsequente und einheitliche Datendokumentation zum Gesundheitsgeschehen und zur Medikation in den Herden sowie die gute Kommunikation von Landwirten, Tierärzten und Beratern sollten die Grundlage für einen guten Tiergesundheits- und Tierwohlstatus bei angemessen niedrigem Einsatz antimikrobiell wirksamer Tierarzneimittel sein.

4.8.5 Danksagung

Wir möchten den Landwirtinnen und Landwirten der Pilotbetriebe für ihre Zeit und ihre Geduld bei der Datengewinnung und für ihre Gastfreundschaft danken. Regine Koopmann, Dir einen großen Dank für die Entwicklung des Konzepts für die Standardisierung der Arzneimittelanwendung und die tiefgehende fachliche Beratung. Jan Brinkmann und Solveig March, herzlichen Dank für Eure kontinuierliche Unterstützung von Projektantrag bis Abschlussbericht. Frauke Geppert und Katharina Wagner, vielen Dank Euch für die Unterstützung auf den Betriebsbesuchen. Karina Schuldt, Dir Dank für die Mitarbeit bei der Digitalisierung der Anwendungs- und Abgabe-Belege. Wir danken dem BfArM herzlich für die Überlassung eines Auszugs aus der AMIS-Datenbank. Jan Erik Thon, vielen Dank für die Umwandlung der AMIS-Word-Datei in eine Excel-Datei für unsere Access-Datenbank. Dem Team der WTE des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau gilt unser herzlicher Dank für die Digitalisierung der Interviews.

4.8.6 Literatur

AMG (Arzneimittelgesetz) (2014) Arzneimittelgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. Dezember 2005 (BGBl. I S. 3394), das zuletzt durch Artikel 1 des Sechzehnten Gesetzes vom 10. Oktober 2013 (BGBl. I S. 3813) geändert worden ist. In Kraft getreten am 01. April 2014

Arbeitsgemeinschaft ökologischer Landbau (2001) Rahmenrichtlinien Arbeitsgemeinschaft ökologischer Landbau e.V.

Barth K, Brinkmann J, March S. (Hrsg.) (2011) Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Milchkühen im ökologischen Landbau interdisziplinär betrachtet – eine (Interventions-) Studie zu Stoffwechselstörungen und Eutererkrankungen unter Berücksichtigung von Grundfuttererzeugung, Fütterungsmanagement und Tierhaltung. Abschlussbericht

Barth K, Knappstein K (2017) Selektives Trockenstellen von Eutervierteln - ein Ansatz zum gezielten Einsatz von Antibiotika. In: Wolfrum S, Heuwinkel H, Reents HJ, Hülsbergen K-J (eds.) Ökologischen Landbau weiterdenken - Verantwortung übernehmen, Vertrauen stärken. Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Freising-Weihenstephan, 7. bis 10. März 2017. Berlin: Köster, 468-470. Online: <https://orgprints.org/id/eprint/31826/> (zuletzt aufgerufen 20.09.2021)

BfArM (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte) (2016) Auszug aus der AMIS-Datenbank (Arzneimittel-Informationssystem) über alle im Jahr 2015 für Rinder zugelassenen Tierarzneimittel

Bioland (2021) Liste der in Deutschland zugelassenen Tierarzneimittel für Nutztiere und deren Verwendbarkeit nach Bioland-Richtlinien, Stand: 20.03.2021. Online: <https://oekop.de/system/files/download/Bioland%20AM-Liste%202021%20nur%20eingeschr%20oder%20verboten.pdf> (zuletzt aufgerufen 17.05.2021)

Bonita R, Beaglehole R, Kjellstrom T (2008) Einführung in die Epidemiologie. Verlag Hans Huber, Bern

Brinkmann J, March S (2010) Tiergesundheit in der ökologischen Milchviehhaltung – Status quo sowie (Weiter-) Entwicklung, Anwendung und Beurteilung eines präventiven Konzeptes zur Herdengesundheitsplanung. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen

BTK (Bundestierärztekammer e.V.) (2015) Leitlinien für den sorgfältigen Umgang mit antibakteriell wirksamen Tierarzneimitteln – mit Erläuterungen. Online: https://www.bundestieraerztekammer.de/tieraerzte/leitlinien/downloads/Antibiotika-Leitlinien_01-2015.pdf (zuletzt aufgerufen 01.06.2021)

BTK (Bundestierärztekammer e.V.) (2017) Tiergesundheit und Tierwohl nachhaltig garantiert. Bundestierärztekammer positioniert sich zur „Tierärztlichen Bestandsbetreuung 2.0“. Berlin, 25.03.2017 Online: https://www.bundestieraerztekammer.de/btk/downloads/fachausschuesse/Bestandsbetreuung_final.pdf (zuletzt aufgerufen 28.08.2021)

Bundesrat (2018) Beschluss des Bundesrates. Zweite Verordnung zur Änderung der Verordnung über tierärztliche Hausapotheken. Drucksache 759/17(B). Online: <https://www.bundesrat.de/drs.html?id=759-17%28B%29> (zuletzt aufgerufen 03.08.2021)

Chantziaras, I, Boyen, F, Callens, B, Dewulf, J (2014) Correlation between veterinary antimicrobial use and antimicrobial resistance in food-producing animals: a report on seven countries. J Antimicrob Chemother 69:827-834. doi:10.1093/jac/dkt443

De Briyne N, Atkinson J, Pokludova L, Borriello SP (2014) Antibiotics used most commonly to treat animals in Europe. Vet Rec. 175:325. doi: 10.1136/vr.102462

DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft) (Hrsg.) (2018) DLG-Merkblatt 381: Das Tier im Blick – Milchkühe. 5. Auflage, Stand 10/2016. Online: <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/tierhaltung/tiergerechtheit/dlg-merkblatt-381/> (zuletzt aufgerufen am 20.09.2021)

DLQ (Deutscher Verband für Leistungs- und Qualitätsprüfungen e.V.) (2014) DLQ-Richtlinie 1.15: Kennzahlen zum Eutergesundheitsmonitoring. Online: <https://infothek.die-milchkontrolle.de/wp-content/uploads/2018/08/DLQ-Richtlinie-1.15-vom-17.11.2014.pdf> (zuletzt aufgerufen 17.09.2021)

DVG (Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft) (1994) Leitlinien zur Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Herdenproblem. 1994, DVG Gießen

EMA (European Medicines Agency) (2012) CVMP assessment report for Kexxtone (EMA/V/C002235) – International non-proprietary name: Monensin sodium. Online: www.ema.europa.eu/en/documents/assessment-report/kexxtone-epar-public-assessment-report_en.pdf (zuletzt aufgerufen 07.08.2021)

EMA (European Medicines Agency) (2019a) Categorisation of antibiotics in the European Union. Answer to the request from the European Commission for updating the scientific advice on the impact on public health and animal health of the use of antibiotics in animals. Online: https://www.ema.europa.eu/documents/report/categorisation-antibiotics-european-union-answer-request-european-commission-updating-scientific_en.pdf (zuletzt aufgerufen 09.09.2021)

EMA (European Medicines Agency) (2019b) Advice on Implementing Measures under Article 57(3) of Regulation (EU) 2019/6 on Veterinary Medicinal Products - Report on Specific Requirements for the Collection of Data on Antimicrobial Medicinal Products Used in Animals. Online: www.ema.europa.eu/documents/report/advice-implementing-measures-under-article-573-regulation-eu-2019/6-veterinary-medicinal-products-report-specific-requirements-collection-data-antimicrobial-medicinal_en.pdf (zuletzt aufgerufen am 07.08.2021) à Monensin weiterhin nicht als Resistenz

Faulkner PM, Weary DM (2000) Reducing Pain After Dehorning in Dairy Calves. *J. Dairy Sci.* 83(9):2037-2041. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75084-3

Firth CL, Käsbohrer A, Schleicher C, Fuchs K, Egger-Danner C, Mayerhofer M, Schobesberger H, Köfer J, Obritzhauser W (2017) Antimicrobial consumption on Austrian dairy farms: an observational study of udder disease treatments based on veterinary medication records. *Peer J.* 5:e4072. doi: 10.7717/peerj.4072

GfE (Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2001) Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder 2001. DLG-Verlag, Frankfurt am Main

Gonzalez SM, Steiner A, Gassner B, Regula G (2010) Antimicrobial use in Swiss dairy farms: quantification and evaluation of data quality. *Prev Vet Med.* 95:50-63. doi: 10.1016/j.prevetmed.2010.03.004

Hemme M, Käsbohrer A, von Münchhausen C, Hartmann M, Merle R, Kreienbrock L (2017) Unterschiede in der Berechnung des betriebsbezogenen Antibiotika-Einsatzes in Monitoringsystemen in Deutschland - eine Übersicht. *Berl Münch Tierärztl Wschr.* 130:93–101. doi: 10.2376/0005-9366-16065

Hoedemaker (2020) Tiergesundheit, Hygiene und Biosicherheit in deutschen Milchkuhbetrieben – eine Prävalenzstudie (PraeRi). Abschlussbericht Online: https://service.ble.de/ptdb/index2.php?detail_id=47148&site_key=145&stichw=botulinum&zeilenzahl_zaeher=7&pId=47148&dId=37563708

Humphry RW, Henry MK, Reeves A, Correia-Gomes C, Innocent GT, Smith R, Mason CS, Gunn GJ, Tongue SC (2021) Estimating antimicrobial usage based on sales to beef and dairy farms from UK veterinary practices. *Vet Rec.* 2021; e28. <https://doi.org/10.1002/vetr.28>

Kiehl W (2015) Fachwörterbuch Infektionsschutz und Infektionsepidemiologie. Fachwörter – Definitionen – Interpretationen. Hrsg.: Robert Koch-Institut, Berlin. Online: https://www.rki.de/DE/Content/Service/Publikationen/Fachwoerterbuch_Infektionsschutz.pdf?__blob=publicationFile (zuletzt aufgerufen 04.06.2021)

Koopmann R (2005) Tierbehandlungen im Ökolandbau – ein besonderes Problem? Fünf Jahre nach Einführung der EG-Öko-Verordnung für Tierhaltung. *Deutsches Tierärzteblatt* 8:860-865

Kreienbrock L, Pigeot I, Ahrens W (2012) Epidemiologische Methoden. Springer, Heidelberg. p. 492. doi: 10.1007/978-3-8274-2334-4

Kuipers A, Koops WJ, Wemmenhove H (2016) Antibiotic use in dairy herds in the Netherlands from 2005 to 2012. *J Dairy Sci.* (2016) 99:1632–48. doi: 10.3168/jds.2014-8428

Lago A, McGuirk SM, Bennett TB, Cook NB, Nordlund KV (2006) Calf respiratory disease and pen microenvironments in naturally ventilated calf barns in winter. *J. Dairy Sci.* 89:4014-4025. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72445-6

Last JM (2001) A dictionary of epidemiology. 4.Auflage. Oxford University Press, Oxford

Look N, Demeler J, Krücken J, von Samson-Himmelstjerna G (2018) Sind Weidetiere stärker mit Parasiten belastet als Tiere, die ganzjährig im Stall stehen und gibt es Unterschiede zwischen Kälbern

und Jungrindern? In: Herausgeber Grünlandzentrum Niedersachsen Bremen e. V.: Systemanalyse Milch – Hintergründe für die Praxis. Online: <https://www.gruenlandzentrum.org/wp-content/uploads/2021/03/Systemanalyse-Milch.pdf> (zuletzt aufgerufen am 29.09.2021)

March S (2019) Schriftliche Mitteilung vom 24.05.2019 zur Datenbasis der Kälberzahlen in March et al. (2008): „... die Anzahl Kalbungen (wurden) den MLP-Jahresberichten entnommen“

March S, Brinkmann J, Winckler C (2008) Tiergesundheit als Faktor des Qualitätsmanagements in der ökologischen Milchviehhaltung - eine Interventions- und Coaching-Studie zur Anwendung präventiver Tiergesundheitskonzepte: Schlussbericht; Berichtszeitraum: 01. September 2004 bis 31. Mai 2008. Vechta: Univ. Göttingen, Forschungs- und Studienzentrums für Veredelungswirtschaft Weser-Ems

Merle R, Mollenhauer Y, Hajek P, Robanus M, Hegger-Gravenhorst C, Honscha W, Käsbohrer A, Kreienbrock L (2013) Verbrauchsmengenerfassung von Antibiotika beim Rind in landwirtschaftlichen Betrieben. Berl Münch Tierärztl Wochenschr. 126:318-25. doi: 10.2376/0005-9366-126-318

Milchgüte-Verordnung (1993) Fünfte Verordnung zur Änderung der Milch-Güteverordnung vom 27. Dezember 1993 (BGBl. I S. 2481)

OIE (World Organisation for Animal Health) (2015) List of antimicrobial agents of veterinary importance.

Paulsen HM, Warnecke S, Schmid H, Frank H, Brinkmann J, March S, Koopman R (2015) Haltungsbedingungen, Tiergesundheits- und Tierwohlparameter und Medikamenteneinsatz in der Milchviehhaltung auf je zwei ökologischen und konventionellen Betrieben sowie Auswirkungen von Optimierungsansätzen zur Verbesserung der Situation der Tiere auf die Klimabilanz der Milcherzeugung. In: Hülsbergen K-J, Rahmann G (Hrsg.) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben: Forschungsergebnisse 2013-2014. Thünen Report 29, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, 119-148. doi:10.3220/REP_29_2015

Ribeiro AF, Bodilis J, Alonso L, Buquet S, Feuilloy M, Dupont JP, Pawlak B (2014) Occurrence of multi-antibiotic resistant *Pseudomonas* spp. in drinking water produced from karstic hydrosystems. Science of The Total Environment, 490:370-378. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.05.012

Rommel M, Eckert J, Körting W, Kutzer E, Schnieder T (2000) Veterinärmedizinische Parasitologie. 5. Auflage. Parey Buchverlag, Berlin. ISBN: 3-8263-3178-8

Schaekel F, May T, Seiler J, Hartman M, Kreienbrock L (2017) Antibiotic drug usage in pigs in Germany–Are the class profiles changing? PLoS ONE. 12:e0182661. doi: 10.1371/journal.pone.0182661

Schulz F, Wagner K, Brinkmann J, March S, Hinterstößer P, Schüler M, Warnecke S, Paulsen HM (2020) Welfare of dairy cattle in summer and winter - a comparison of organic and conventional herds in a farm network in Germany. Landbauforsch J Sustainable Organic Agric Syst 70(1):83-96. doi:10.3220/LBF1608034952000

SDa Autoriteit Diergeneesmiddelen (2016) Usage of Antibiotics in Agricultural Livestock in the Netherlands in 2015 – Trends, Benchmarking of Livestock Farms and Veterinarians, and a Revision of the

Benchmarking Method, Utrecht. Online: <https://cdn.i-pulse.nl/autoriteitdiergeenmiddelen/userfiles/Publications/engels-def-rapportage-2017.pdf> (zuletzt aufgerufen 24.09.2021)

Stafford KJ, Mellor DJ (2011) Addressing the pain associated with disbudding and dehorning in cattle. *Appl Anim Behav Sci* 135(3):226-231. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.10.018>

Stange C, Thiem A (2020) Occurrence of antibiotic resistance genes and microbial source tracking markers in the water of a karst spring in Germany. *Science of The Total Environment* 742: doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140529

Striezel A (2000) Tierärzte müssen bei Biobetrieben umdenken; *Deutsches Tierärzteblatt* 8:804-806

Sundrum A, Blaha T (2017) Tierärztliche Kompetenz und Zielorientierung erforderlich! Die aktuelle Tierschutzdebatte ist der Komplexität nicht angemessen. *Deutsches Tierärzteblatt* 65(11):1518-1521
TÄHAV (Verordnung über tierärztliche Hausapotheken) (2009) Verordnung über tierärztliche Hausapotheken in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. Juli 2009 (BGBl. I S. 1760)

TÄHAV (Verordnung über tierärztliche Hausapotheken) (2018) Verordnung über tierärztliche Hausapotheken in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. Juli 2009 (BGBl. I S. 1760), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 21. Februar 2018 (BGBl. I S. 213) geändert worden ist

Tierschutzgesetz (2021) Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das zuletzt durch Artikel 105 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist. Online: <https://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/BJNR012770972.html> (zuletzt aufgerufen 26.08.2021)

Trautfler M, Obritzhauser W, Raith J, Fuchs K, Köfer J (2014) The use of the "highest priority critically important antimicrobials" in 75 Austrian pig farms--evaluation of on-farm drug application data. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr.* 127(9-10):375-83. doi: 10.2376/0005-9366-127-375

Traulsen K (2013) Infektiöse Bovine Keratokonjunktivitis (IBK): ein Sommerproblem. Online: <https://www.milchpraxis.com/infektioese-bovine-keratokonjunktivitis-ibk-auch-weidekeratitis-oder-pink-eye-genannt/> (zuletzt aufgerufen am 26.09.2021)

Turner A, Tisdall D, Barrett DC, Wood S, Dowsey A, Reyher KK (2018) Ceasing the use of the highest priority critically important antimicrobials does not adversely affect production, health or welfare parameters in dairy cows. *Vet Rec.* 2018 Jul 14;183(2):67. doi: 10.1136/vr.104702

van Rennings L, Merle R, von Münchhausen C, Stahl J, Honscha W, Käsbohrer A, Kreienbrock L (2013) Variablen zur Beschreibung des Antibiotikaeinsatzes beim Lebensmittel liefernden Tier. *Berl Münch Tierarztl Wochenschr.* 126: 297-309. doi: 10.2376/0005-9366-126-297

Verordnung (EG) Nr. 889/2008 der Kommission vom 5. September 2008 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle. Online: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Biologischer-Landbau/889-2008-eg-durchfuehrungsbestimmungen.pdf?__blob=publication-File&v=2

Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0848&from=de> (zuletzt aufgerufen am 27.09.2021)

VETIDATA (Veterinärmedizinischer Informationsdienst für Arzneimittelanwendung, Toxikologie und Arzneimittelrecht), Universität Leipzig (Nutzung zwischen 2013 bis 2021) Online: <https://www.vetidata.de/> (zuletzt aufgerufen am 17.06.2021)

vit (Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V.) (2015) Vereinfachter Diagnoseschlüssel mit von GKUHplus. Online: <https://gkuh-lernen.de/files/2015/09/VereinfachterDiagnoseschluesel.pdf> (zuletzt aufgerufen 22.08.2021)

Wagner K, Brinkmann J, March S, Hinterstoißer P, Warnecke S, Schüler M, Paulsen HM (2018) Impact of Daily Grazing Time on Dairy Cow Welfare – Results of the Welfare Quality® Protocol. *Animals* 8(1):1. <https://doi.org/10.3390/ani8010001>

Welfare Quality® (2009) Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Welfare Quality® consortium, Lelystads, Netherlands. Online: http://www.welfarequality.net/media/1088/cattle_protocol_without_veal_calves.pdf (zuletzt aufgerufen am 12.09.2021)

WHO (World Health Organization) (2016) Model List of Essential Medicines. 20th List (March 2017)

WHO (World Health Organization) (2017) Critically Important Antimicrobials for Human Medicine 5th Revision 2016. Online: <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1082624/retrieve> (zuletzt aufgerufen am 12.08.2021)

Winter P (2009) Praktischer Leitfaden Mastitis: Vorgehen beim Einzeltier und im Bestand. Parey Verlag, Stuttgart. ISBN 978-3-8304-4206-6

Zainab SM, Junaid M, Xu N, Malik RN (2020) Antibiotics and antibiotic resistant genes (ARGs) in groundwater: A global review on dissemination, sources, interactions, environmental and human health risks. *Water Research* 187. doi: 10.1016/j.watres.2020.116455

4.9 **Beratungsansatz und –instrument zur Tiergerechtigkeit und Tiergesundheit – das Tierwohl-Tool Milchvieh**

Theresa Seith, Richard Beisecker, Harald Becker, Kathrin Wagner,
Franziska Schulz, Sylvia Warnecke, Hans Marten Paulsen

Zusammenfassung

Das Thema Tierwohl ist in den letzten Jahren stark in den Fokus der Öffentlichkeit und der Politik gerückt. Als Folge davon wurden in den letzten Jahren die gesetzlichen Vorgaben verschärft. Nach § 11 *TierSchG* sind Nutztierhalter zur betrieblichen Eigenkontrolle mit geeigneten tierbezogenen Indikatoren verpflichtet. Um die Betriebsleiter dabei zu unterstützen und das Tierwohl mehr in der betrieblichen Beratung zu berücksichtigen, wurde im Rahmen des Netzwerks Pilotbetriebe das „Tierwohl-Tool Milchvieh“ (TWT) entwickelt. Dieses Beratungsinstrument ist ein einfach anzuwendendes Excel-Tool, das von Beratern, aber auch den Landwirten selbst eingesetzt werden kann. Der Landwirt kann damit die Bewertung des Tierwohls seiner Milchkühe eigenständig durchführen. Basierend auf den Erhebungen und Erfahrungen im Netzwerk Pilotbetriebe bei der Erfassung nach dem Welfare Quality Protocol® wurden für das TWT 13 Indikatoren aus den drei Bereichen Tierbeobachtung, Haltung & Management sowie Milchleistungsprüfung festgelegt. Nach der Erfassung der Tierwohlindikatoren vor Ort auf dem landwirtschaftlichen Betrieb erfolgt eine Bewertung der einzelnen Indikatoren in Tabellenform sowie in einem Netzdiagramm. Abschließend findet ein Vergleich zu anderen Referenzbetrieben aus dem Netzwerk Pilotbetriebe sowie mit anerkannten Zielwerten statt. In einer ersten Testphase wurde die Tierwohl-Situation mit den Erhebungsdaten der Pilotbetriebe auch mit dem Tierwohl-Tool dargestellt. Es zeigte sich, dass im Vergleich der Wirtschaftsweisen von ökologisch und konventionellen Betrieben die ökologisch gehaltenen Milchkühe bei den Indikatoren „Anteil Kühe ohne Lahmheiten“ und „Anteil Kühe ohne Verletzungen/Schäden“ im Mittel besser abschneiden. Außerdem erreichen die ökologisch wirtschaftenden Betriebe bessere Werte im Bereich Haltung & Management, was daran liegt, dass die diesbezüglichen Grenzwerte der EU-Öko-Verordnung und der ökologischen Anbauverbände strenger sind als die gesetzlichen Vorgaben für die konventionellen Betriebe. Demgegenüber erzielten die konventionellen Betriebe bessere Werte bezüglich des Anteils eutergesunder Kühe. Vergleicht man den Zeitpunkt der Erfassung im Sommer (Weideperiode) oder Winter (Stallperiode), ist im Mittel der einzige signifikante Unterschied im Bereich Tierbeurteilung bei der höheren Sauberkeit der Milchkühe im Sommer zu finden. Im Bereich Haltung- und Management ist die Wasserversorgung in der Sommerperiode schlechter als im Winter in der Stallperiode. Beide Effekte können durch die Weidehaltung begründet werden. Für den Praxiseinsatz erwies sich das Beratungswerkzeug als gut geeignet, allerdings wurden von den Landwirten auch Verbesserungs- und Änderungsvorschläge gemacht, die insbesondere die Kriterien für die Erfassung der Körperkondition, die Enthornung und die Weidehaltung betreffen.

Schlüsselwörter: Tierwohl, Milchkühe, Eigenkontrolle

Abstract

Public interest in animal health and welfare has been increasing during the last years. The guidelines by law were tightened and the farmers are legally obligated to self-monitor their dairy cows. To focus more on animal welfare of dairy cattle in agricultural consulting we developed the consulting tool 'Tierwohl-Tool Milchvieh' within the pilot farm network. This consulting tool is an appliance for MS Excel that is easy to use for consultants as well as farmers by themselves. Based on the experiences of the project team with the Welfare Quality Protocol® 13 indicators of the three sections 'animal observation', 'housing & management' and 'milk production' data were determined. As results there is a valuation of the indicators in tabular form and a web chart with comparison to reference farms of the pilot farm network and accepted target values. Furthermore, the situation of animal health and welfare of the pilot farms was analysed. Comparing the production system of organic and conventional agriculture, dairy cows of organic farms reach better results in the indicators 'proportion of cows without lameness' and 'proportion of cows without integument injuries'. Additionally, the organic farms score better in the section of "housing & management". These results can be explained by higher target values set in the European Council Regulation on Organic Agriculture and in guidelines of organic farming associations than in the legal guidelines that are valid for conventional farms. In contrast to this, the conventional farms reach better outcomes regarding udder health. Concerning the timing of recording in winter (housing period) or summer (grazing period) the only noticeable difference found in the section of "animal observation" is better cleanliness of cows in the mean of farms. On the other hand, in the section of "housing & management" and in the mean of farms the water supply is worse in summer. Both effects are related to pasture access during the summer. In practical application the consulting tool showed good suitability. Suggestions for further development from practical farmers can partly be implemented in an EIP-Agri project in Hesse, in this context the tool is further in use.

Keywords: animal welfare, dairy cows, self-monitoring

4.9.1 Einleitung

In den letzten Jahren wurden wiederholt Defizite in der Nutztierhaltung aufgedeckt, in deren Folge die gesellschaftlichen Anforderungen an das Tierwohl deutlich angestiegen sind. Auch wurden die rechtlichen Ansprüche an die Nutztierhaltung verschärft. So ist seit Februar 2014 mit der Änderung des Tierschutzgesetzes (Bundestag/Bundesrat der Bundesrepublik Deutschland 19.06.2020) in § 11 (8) eine betriebliche Eigenkontrolle mit geeigneten tierbezogenen Merkmalen für Betriebe mit Tierhaltung vorgeschrieben.

Für Nachhaltigkeits- und Effizienzanalysen in tierhaltenden Betrieben sind die Aspekte von Tiergesundheit, Tiergerechtigkeit und Tierwohl von großer Bedeutung. Eine steigende Nachfrage nach Lebensmitteln und die weltweite Handelskonkurrenz haben zu einer Intensivierung der Tierhaltungssysteme geführt. Nach dem Wissenschaftlichen Beirat Agrarpolitik beim BMEL (2015) verläuft der landwirtschaftliche Strukturwandel im Bereich der Milchproduktion relativ konstant. Es gab in den Jahren zwischen 2003 und 2012

- eine Abnahme der Anzahl an milchviehhaltenden Betrieben um fast ein Drittel,
- die größte Abnahme des Anteils an Betrieben mit weniger als 50 Kühen sowie

- die größte Zunahme des Anteils an Betrieben mit 100 bis 200 Kühen am Gesamtkuhbestand.

Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) fördert inzwischen auch vermehrt Projekte zur Stärkung des Tierwohls¹. Vom Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) wurden dafür passende Tierschutzindikatoren zusammengestellt (Brinkmann et al., 2016, 2021) sowie eine ergänzende Excel-Anwendung zur Erhebung von Tierschutzindikatoren veröffentlicht². Diese Anwendung zur Erfassung und Dokumentation des betrieblichen Tierwohls ist allerdings sehr umfassend und hat hohe Einstiegshemmnisse.

Im Projekt Netzwerk Pilotbetriebe wurde im gleichen Zeitraum und basierend auf den Projekterfahrungen und in Abgleich mit den Autoren des KTBL-Leitfadens ein Beratungsinstrument zur Erfassung und Bewertung des Tierwohls bei Milchkühen für die Betriebsebene entwickelt. Das „Tierwohl Tool Milchvieh (TWT)“ ist für die landwirtschaftliche Praxis einfach anzuwenden, der zeitliche Aufwand bleibt überschaubar und die wesentlichen Indikatoren für das Tierwohl werden berücksichtigt. Zeigen sich hier Schwachpunkte, ist eine tiefere Problemanalyse erforderlich. Im TWT erfolgt eine Bewertung der verschiedenen Tierwohl-Indikatoren des Betriebs und ein Vergleich mit Zielwerten aus der Literatur und Praxis sowie mit den Ergebnissen der Pilotbetriebe (Status quo Erfassung des Tierwohls mit dem WQ® Protocol (2009)). Die Ergebnisse der Tierwohlbewertung werden im TWT tabellarisch und grafisch in Form eines Netzdiagramms ausgegeben. Das Tool richtet sich direkt an die Landwirte, so dass sie es zur Selbsteinschätzung und Eigenkontrolle des Tierwohls ihrer Milchkühe einsetzen können. Aber auch für die Berater ist das Tool vor Ort auf den milchviehhaltenden Betrieben gut geeignet.

Die wissenschaftlichen Grundlagen zur Beurteilung des Tierwohls sowie die Ergebnisse zur Tierwohlsituation in den milchviehhaltenden Pilotbetrieben werden im Kapitel 4.7 ausführlich behandelt.

Das Tierwohl-Tool Milchvieh (TWT) wurde im April 2018 nach der Vorstellung auf dem Beraterworkshop im Projektrahmen fertig gestellt und kann seitdem auf der Homepage des Netzwerks Pilotbetriebe frei heruntergeladen werden.

4.9.2 Aufbau und Funktionsweise des Tierwohl-Tools Milchvieh

Die Entwicklung des Tierwohl-Tools fand in enger Zusammenarbeit zwischen dem Ingenieurbüro für Ökologie und Landwirtschaft (IfÖL GmbH) und dem Thünen-Institut für Ökologischen Landbau (TI-OL) statt. Ziel war ein relativ einfacher Aufbau und eine unproblematische Anwendung, damit auch Landwirte mit wenig PC-Erfahrung das Tool eigenständig benutzen können. Aus Gründen der Methodentransparenz wurde auf die Verwendung von Makros in der Excel-Anwendung verzichtet.

Zur Bewertung des betrieblichen Tierwohls wurden innerhalb der Projektgruppe die 13 aussagekräftigsten, aber dennoch einfach zu erfassenden Indikatoren ausgewählt. Damit der zeitliche Rahmen bei der Durchführung des TWT überschaubar bleibt, werden bewusst nicht zu viele Messgrößen verwendet. Dennoch kann mit dieser Anzahl an Parametern die Tierwohlsituation in den Betrieben gut abgebildet

¹ <https://www.tierwohl-staerken.de/bmel-initiative/> (aufgerufen am 17.03.2021)

² <https://www.ktbl.de/webanwendungen/tierschutzindikatoren-erhebung> (aufgerufen am 17.03.2021)

werden. Die 13 Tierwohlindikatoren sind im TWT in drei Bereiche unterteilt und in der Anwendung für eine gute Übersichtlichkeit farblich unterschiedlich markiert (Tabelle 4.9-1).

Tabelle 4.9-1: Indikatoren des Tierwohl-Tools Milchvieh aus den drei Teilbereichen Tierbeurteilung, Haltung & Management und Milchleistung

Bereich	Indikatoren
Tierbeurteilung 4 Indikatoren	Anteil optimal konditionierter Kühe Anteil sauberer Kühe Anteil Kühe ohne Schaden Anteil Kühe ohne Lahmheit
Haltung & Management 7 Indikatoren	Enthornungspraxis Zugang Weide Zugang Auslauf Wasserversorgung Platzangebot in Stallperiode Liegeplätze pro Tier Fressplätze pro Tier
Milchleistung 2 Indikatoren	Anteil eutergesunder Kühe Anteil Kühe ohne Stoffwechselprobleme Anteil Kühe ohne Mastitisbehandlungen (wenn keine Milchleistungsprüfung)

Das TWT ist durch nummerierte Tabellenblätter strukturiert. Sie werden nachfolgend erläutert:

Tabellenblatt 0: Hinweise

Hier erfolgt eine kurze Einführung mit Erläuterungen zum Aufbau und Hinweisen für die Durchführung sowie die Angabe der Quellen und weiterführender unterstützender Literatur (Abbildung 4.9-1).

Netzwerk von Pilotbetrieben
Forschung zur Nachhaltigkeit von Landbausystemen

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Tierwohl-Tool Milchvieh

Mit diesem Beratungswerkzeug können Sie als Landwirt eine Selbsteinschätzung des Tierwohls Ihres Milchviehs durchführen.
Zur Einordnung des Tierwohls Ihrer Milchkühe werden **13 Indikatoren** aus den Bereichen **Tierbeurteilung, Milchleistung sowie Haltung und Management** berücksichtigt.
Sie können die Bereiche Tierbeurteilung und Haltung für die gesamte Herde oder für einzelne Haltungsgruppen vornehmen. Der Bereich Milchleistung umfasst alle Tiere.
Das Tierwohl-Tool richtet sich an Milchviehbetriebe mit Laufställen. Anbindehaltung kann nicht berücksichtigt werden.

1.) Bereich Tierbeurteilung
Es wurden vier Indikatoren aus dem KTBL-Leitfaden "Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis - Rind" (2016) ausgewählt, die durch Beobachtungen im Stall erfasst werden.
Für die Durchführung sollten Sie den Leitfaden vorliegen haben, von dem Sie sich mit nachfolgendem Link das relevante Kapitel 2 kostenfrei herunterladen können:
https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/Tierwohl/Leitfaden_Indikatoren_Milchkuh.pdf
Wir empfehlen, dass Sie sich das Tabellenblatt "1. a Erfassung TIERBEURTEILUNG" ausdrucken und mit zur Aufnahme in den Stall nehmen.

2.) Bereich Haltung & Management
Hier werden vor allem Daten aus dem Stall, zur Enthornungspraxis sowie gegebenenfalls zum Weidegang benötigt.
Bitte tragen Sie die hier erforderlichen Kennzahlen in das Tabellenblatt "2. Eingabe HALTUNG" ein.

3.) Bereich MLP
Hier benötigen Sie die letzten 11 Monatsberichte der Milchleistungsprüfung.
Die Auswertung kann auch mit weniger Berichten erfolgen, allerdings wird eine gute Aussagekraft nur bei Vorliegen der Daten des gesamten letzten Jahres erzielt.
Die hier erforderlichen Kennzahlen geben Sie bitte in das Tabellenblatt "3. Eingabe MLP" ein.
Falls Sie keine Milchleistungsprüfung durchführen lassen, geben Sie die Anzahl antibiotischer Mastitisbehandlungen der letzten 12 Monate ein - entweder über die Anwendungs- und Abgabebelege der tierärztlichen Behandlungen oder über Ihre eigenen Anwendungsaufzeichnungen (evtl. Bestandsbuch oder Herdenmanagementprogramm).

Hinweise zur Durchführung im Stall:
Folgende Materialien benötigen Sie für die Erhebung:
- Viehzeichenstift (zur Kennzeichnung schon beurteilter Tiere)
- Bleistift und ausgedrucktes Erhebungsformular "1. a Erfassung TIERBEURTEILUNG" auf einem Klemmbrett
- 10 ct-Münze (evtl. mit Klebeband am Klemmbrett fixiert) als Referenz zur Abmessung von Schäden am Tier
- Zollstock oder Maßband zur Abmessung der Haltungsumgebung

Je nach Größe der Haltungsgruppe oder Herde sollten Sie mit folgender Dauer für die Durchführung in den einzelnen Bereichen rechnen:

Dauer für die Bereiche:	Tierbeurteilung	Milchleistung	Haltung	Dauer insgesamt:
	1,5 min pro Tier	1 h	0,5 h	2,5 h bei 50 Tieren
				2,75 h bei 100 Tieren
				3,25 h bei 200 Tieren
				3,5 h bei 500 Tieren

Anmerkung: Ab einer Tierzahl >30 wird die notwendige Stichprobengröße in Abhängigkeit der Herdengröße in "1. Eingabe TIERBEURTEILUNG" ausgegeben.

Hinweise zur Eingabe:
Die erforderlichen Daten geben Sie bitte in die Eingabe-Tabellenblätter "1. Eingabe TIERBEURTEILUNG", "2. Eingabe HALTUNG" und "3. Eingabe MLP" ein.
Die Eingabefelder sind dort farblich gelb unterlegt.
Für die Eingabe sind teilweise Werte nötig und teilweise ist ein Auswahlménü vorgegeben.

Hinweise zum Ergebnis:
Sie erhalten eine detaillierte Ergebnis-Tabelle (4.1) und ein Ergebnis-Diagramm (4.2) zur Einstufung des Tierwohlzustands Ihrer Milchkühe anhand der erhobenen Parameter.
Dazu können Sie Ihre Werte mit Ergebnissen aus dem Forschungsnetzwerk Pilotbetriebe und mit aktuell diskutierten Zielwerten vergleichen.
Die Datenaufnahme im Netzwerk Pilotbetriebe erfolgte für den Winter 2014/15 und für den Sommer 2015, dabei wurden insgesamt 38 Betriebe besucht,
davon waren 20 ökologisch wirtschaftende Betriebe und 18 konventionell wirtschaftende Betriebe.
Die durchschnittliche Herdengröße der über das gesamte Bundesgebiet verteilten Betriebe betrug im Winter 114 (30-726) Kühe und im Sommer 123 (24-661) Kühe.
Die mittlere Milchleistung (2014/2015) betrug 6448 (3456-8079, ökologisch) bzw. 8273 (5437-9653, konventionell) kg je Kuh und Jahr.
Dieses Beratungswerkzeug wurde im Rahmen des Projekts Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten erarbeitet. Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Abbildung 4.9-1: Tabellenblatt 0 Hinweise im Tierwohl-Tool Milchvieh.

Bereich Tierbeurteilung

Tabellenblatt 1: Eingabe TIERBEURTEILUNG

In das Tabellenblatt „Eingabe TIERBEURTEILUNG“ (Abbildung 4.9-2) sind zunächst allgemeine betriebliche Daten, die auch der Dokumentation dienen, einzugeben, wie Datum, Betriebsname und ob die Durchführung der Tierbeurteilung in der Winter-/Stallperiode oder in der Sommer-/Weideperiode stattfindet. Des Weiteren ist auch die Anzahl der Tiere in der Herde bzw. in der Leistungs- oder Haltungsgruppe zu erfassen. Damit errechnet das TWT automatisch die Anzahl der repräsentativ zu beurteilenden Tiere in der Herde bzw. Leistungs- oder Haltungsgruppe. Diese Berechnung der Stichprobe erfolgt nach Brinkmann et al. (2016 und 2021).

Für den Bereich Tierbeurteilung werden die vier Indikatoren *Körperkondition*, *Sauberkeit*, *Unversehrtheit Integument* und *Lahmheiten* erfasst. Im Leitfaden vom KTBL (Brinkmann et al., 2016) sind dazu genaue Anweisungen gegeben, wie die Beurteilung am Tier zu erfolgen hat. Im TWT gibt es ein ergänzendes Tabellenblatt (1.a Erfassung TIERBEURTEILUNG), das so gestaltet und formatiert ist, dass es ausgedruckt zur Erfassung im Stall verwendet werden kann. Anschließend sind die Erfassungsdaten aus der Tierbeobachtung im Stall in die Excel-Anwendung einzutragen.

	A	B	C	D	E	F	G
1		Netzwerk von Pilotbetrieben					
2		Forschung zur Nachhaltigkeit von Landbausystemen					
3		Tierwohl-Tool Milchvieh					
4		EINGABE TIERBEURTEILUNG					
5							
6							
7		Datum der Durchführung					
8							
9		Name Ihres Betriebs					
10							
11		Auswahl Stall- oder Weideperiode					
12							
13		Name der beurteilten Haltungsgruppe beispielsweise: gesamte Herde oder Haltungsgruppe xy					
14							
15		Hier bitte vor der Durchführung die Tierzahl der Herde bzw. der Haltungsgruppe eingeben					
16							
17		Berechnete Anzahl der Tiere, die zu beurteilen sind, damit eine repräsentative Einschätzung des Tierwohls erfolgen kann!					
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							

Bitte die jeweilige Anzahl aus dem Erfassungsbogen "1.a Erfassung TIERBEURTEILUNG" zusammenzählen und hier eingeben

↓

BEREICH	INDIKATOR	MESSGRÖSSE	EINGABE	HINWEISE
TIERBEURTEILUNG	Körperkondition	Anzahl normal konditionierter Kühe (Gesamtbewertung = 0)		Ermittlung nach KTBL (2016). Kapitel 2.8 Seite 18 - 20
	Sauberkeit	Anzahl sauberer Kühe (Gesamtbewertung = 0)		Ermittlung nach KTBL (2016). Kapitel 2.9 Seite 21
	Unversehrtheit Integument	Anzahl Kühe ohne Verletzung (Gesamtbewertung = 0)		Ermittlung nach KTBL (2016). Kapitel 2.10 Seite 22
	Lahmheiten	Anzahl Kühe ohne Lahmheiten (Gesamtbewertung = 0)		Ermittlung nach KTBL (2016). Kapitel 2.12 Seite 24

Abbildung 4.9-2: Tabellenblatt 1: Eingabe TIERBEURTEILUNG.

Bereich Haltung und Management

Tabellenblatt 2: Eingabe HALTUNG

Im nächsten Tabellenblatt „Eingabe HALTUNG“ werden die sieben Indikatoren *Enthornungspraxis*, *Zugang Weide*, *Zugang Auslauf*, *Wasserversorgung*, *Platzangebot in Stallperiode*, *Liege- und Fressplätze pro Tier* zur Haltungsumgebung im Stall sowie zum Management erfasst (Abbildung 4.9-3).

Netzwerk von Pilotbetrieben
Forschung zur Nachhaltigkeit von Landwirtschaftssystemen

Tierwohl-Tool Milchvieh
EINGABE HALTUNG & MANAGEMENT

Bitte die Eingabe/Auswahl hier vornehmen

BEREICH	INDIKATOR	PARAMETER	MESSGRÖSSE	EINGABE/AUSWAHL	ANMERKUNGEN
HALTUNG & MANAGEMENT	Enthornungspraxis	Durchführung von Enthornung	ja/nein/genetisch hornlos		
		mit Sedierung/Betäubung	ja/nein		
		mit Schmerzmitteln	ja/nein		
		Enthornung adulter Kühe	ja/nein		bitte angeben, ob Enthornung durchgeführt wird
	Zugang Weide		Anzahl Tage im Jahr mit > 6 Stunden Weidegang		
	Zugang Auslauf		Anzahl Tage im Jahr mit > 6 Stunden Auslauf		
	Wasserversorgung im Stall	Tränkestellen	Anzahl Einzeltränken		
		Länge Trogtränken	Anzahl Trogtränken		
		Häufigkeit Tränkenkontrolle und Reinigung	wenn vorhanden: Gesamtlänge in cm täglich; mehrmals wöchentlich; wöchentlich; monatlich		Bei mehreren Trogtränken die Längen zusammenzählen
	Platzangebot	Platzangebot	Liegefläche in m ²		Wie viel Fläche des Stalls ist als Liegefläche nutzbar (freie Liegefläche und Fläche der Liegeboxen)?
			Lauffläche in m ²		Wie viel Fläche des Stalls ist zusätzlich als Lauffläche nutzbar (ohne Fläche des Auslaufes)?
		Liegeplätze pro Tier	Anzahl Liegeplätze		Berechnung der Liegeplätze bei freier Liegefläche: Wie viele Tiere können sich gleichzeitig ablegen? Liegefläche in m² geteilt durch 5,5 m² (unbehornte Herde) bzw. 8 m² (behornte Herde) + ggfs. Anzahl Plätze Liegeboxen nach: LAZ BW (2015) Planungsheften für den Rinder Stallbau; Merkblatt (2011) Laufställe für horntragende Milchkühe
					Berechnung der Fressplätze bei Nackenrohr: Wie viele Tiere können gleichzeitig fressen? Nackenrohrlänge in m geteilt durch 0,75 m (unbehornte Herde) bzw. 0,85 m (behornte Herde) + ggfs. Anzahl Plätze Fressgitter nach: LAZ BW (2015) Planungsheften für den Rinder Stallbau; Merkblatt (2011) Laufställe für horntragende Milchkühe
		Fressplätze pro Tier	Anzahl Fressplätze		

Abbildung 4.9-3: Tabellenblatt 2: Eingabe HALTUNG.

Beim Indikator *Enthornungspraxis* wird über ein Auswahlfeld eingetragen, ob und wie die Enthornung im Betrieb durchgeführt wird. Hier ist für die Bewertung ausschlaggebend, ob überhaupt eine Enthornung durchgeführt wird. Das bedeutet, dass selbst wenn Sedierung und Schmerzmittel verabreicht werden, nicht die beste Bewertung erreicht werden kann. Ausschlaggebend für die Beurteilung ist, ob ein Eingriff am Tier erfolgt. Das bedeutet, dass der Fokus auf der Unversehrtheit des Tieres liegt.

Bei den Indikatoren *Zugang Weide* und *Zugang Auslauf* sind die Tage im Jahr mit mehr als sechs Stunden Weidegang einzutragen. Die Bewertung des Weidegangs orientiert sich nach March et al. (2016) an der Definition von Milch, die als „Weidemilch“ verkauft wird. Studien zeigen, dass Tierwohlkriterien bei Kühen mit Weidegang im Sommerhalbjahr besser erreicht werden als bei ganzjähriger Stallhaltung. Der Zusammenhang von Tierwohl und Weidedauer wurde von Armbrrecht et al. (2019) untersucht und vier Intervalle analysiert: keine oder < 6 Stunden; ≥ 6 < 10 Stunden; ≥ 10 Stunden. Weidegang an sich verminderte das Auftreten schwerer Lahmheiten und Verletzungen, Weidezeiten von über 10 Stunden führten zu positiven Wirkungen in der Tierwohlbewertung beim „Liegekomfort“ und der „Abwesenheit von Verletzungen“ auch über die Weidesaison hinaus. Wagner et al. (2017) zeigen mit dem Datensatz der Pilotbetriebe in Betrieben mit und ohne Weidegang (Stallhaltung) sowie mit verschiedenen Weidedauern auf, dass Weidegang zwar viel Potenzial für ein hohes Tierwohl bereithält, aber allein keine Garantie

dafür ist, einen hohen Tierwohlstandard in allen Kriterien zu erreichen. Im Mittel wurden auf den Pilotbetrieben durch Weidegang positive Wirkungen beim Liegekomfort, eine geringere Anzahl von Verletzungen und weniger Lahmheiten sichtbar. Auch ermöglicht Weidegang in hohem Maße das „Ausleben natürlichen Verhaltens“. Daher fließt Weidegang als Beurteilungskriterium in das TWT ein.

Der Indikator *Wasserversorgung* berücksichtigt die vor Ort vorhandenen Einzeltränken sowie die Länge der Trogtränken. Da die Sauberkeit des Tränkewassers von den Landwirten teilweise subjektiv unterschiedlich bewertet wird, wird im TWT als Indikator für die Sauberkeit die Häufigkeit der Tränkenkontrolle und -reinigung abgefragt.

Der Indikator *Platzangebot* umfasst die Größe der Liegefläche und der Lauffläche sowie Liege- und Fressplätze pro Tier. Hier wird bei der Bewertung des Platzangebotes unterschieden, ob die Herde behornt oder unbehornt ist.

Bereich Milchleistung

Tabellenblatt 3: Eingabe MLP

In das Tabellenblatt „Eingabe MLP“ (Abbildung 4.9-4) sind die Daten aus den vergangenen 11 Monatsberichten der Milchleistungsprüfung (MLP) einzutragen, um Aussagen hinsichtlich der Eutergesundheit und der Stoffwechselgesundheit im Jahresverlauf zu erhalten.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1		Netzwerk von Pilotbetrieben											
2		Forschung zur Nachhaltigkeit von Landbausystemen											
3		Tierwohl-Tool Milchvieh											
4		EINGABE MLP											
5		Die Tierwohl-Bewertung des Bereichs MLP umfasst die gesamte Herde.											
6													
7		Durchführung MLP	ja	Wenn bei Ihnen keine MLP durchgeführt wird, wählen Sie hier bitte "nein" aus.									
8													
9													
10		Bitte füllen Sie die Tabelle mit den letzten 11 MLP-Prüfberichten aus:											
11		Eutergesundheit								Stoffwechselgesundheit			
12		Prüfungstag	Kühe Gesamtzahl	gemolkene Kühe	trocken stehende Kühe	eutergesunde Kühe < 100.000/ml Milch	euterkrankte Kühe, die die Lieferfähigkeit der Milch gefährden Zellzahl > 400.000/ml Milch	Erstlaktierende Gesamtzahl	euterkrankte Erstlaktierende Zellzahl ≥ 100.000/ml Milch	Kühe in den ersten 100 Laktationstagen			
13										Anzahl	mit Fett-Eiweiß-Quotient ≥ 1,5	mit Fett-Eiweiß-Quotient < 1,0	
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

Abbildung 4.9-4: Tabellenblatt 3: Eingabe MLP.

Für die Eutergesundheit sind die eutergesunden Kühe mit < 100.000 Zellzahlen pro ml Milch, die euterkranken Kühe mit > 400.000 Zellzahlen pro ml Milch sowie die euterkranken Erstlaktierenden mit ≥ 100.000 Zellzahlen pro ml Milch anzugeben.

Die Stoffwechselgesundheit wird über die Anzahl der Kühe in den ersten 100 Laktationstagen mit einem Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) $\geq 1,5$ bzw. $< 1,0$ ausgewertet. Bei einem FEQ $< 1,0$ besteht die Gefahr der Azidose, die häufig durch eine zu hohe Kraftfutteraufnahme und gleichzeitigem Mangel an strukturreichem Futter ausgelöst wird. Ein FEQ $\geq 1,5$ kann eine subklinische Ketose verursachen. Dies lässt auf einen Energiemangel und Abbau von Körperfett bei der Kuh schließen.

Die Auswertungen können auch mit weniger als elf Berichten erfolgen. Allerdings hat es sich herausgestellt, dass sich zum einen die intensive Auseinandersetzung mit den Milchleistungsdaten für die Betriebe lohnt und einen guten Überblick über das zurückliegende Jahr gibt. Zum anderen werden jahreszeitlich bedingte Schwankungen oder Auffälligkeiten erkenntlich.

Betriebe, die nicht an der MLP teilnehmen, können alternativ eine Bewertung der Eutergesundheit über die Eingabe der Anzahl der Mastitisbehandlungen im letzten Jahr erhalten.

4.9.3 Auswertung und Ergebnisdarstellung

Die Ergebnisse des betrieblichen Tierwohls werden in zwei Tabellenblättern in Form einer Ergebnis-Tabelle und in einem Netzdiagramm ausgegeben. Diese sind nachfolgend dargestellt und erläutert:

Tabellenblätter 4.1 und 4.2: Ergebnis-Tabelle und Ergebnis-Diagramm

Beispielhaft zeigen die Abbildungen 4.9-5 und 4.9-6 die Ergebnisse eines Betriebs, wie sie im TWT dargestellt werden.

In der Tabelle mit den Ergebnissen der 13 Indikatoren des TWT (Abbildung 4.9-5) sind zur Orientierung wieder die drei Bereiche farblich voneinander abgesetzt. Neben dem betriebsindividuellen Ergebnis sind die Klassenmittelwerte der 25 % besten und 25 % schlechtesten Pilotbetriebe zum Vergleich mit der landwirtschaftlichen Praxis und die Zielwerte aus einschlägiger Literatur (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) 2015, Becker et al. 2015 und Welfare Quality® 2009) gegeben.

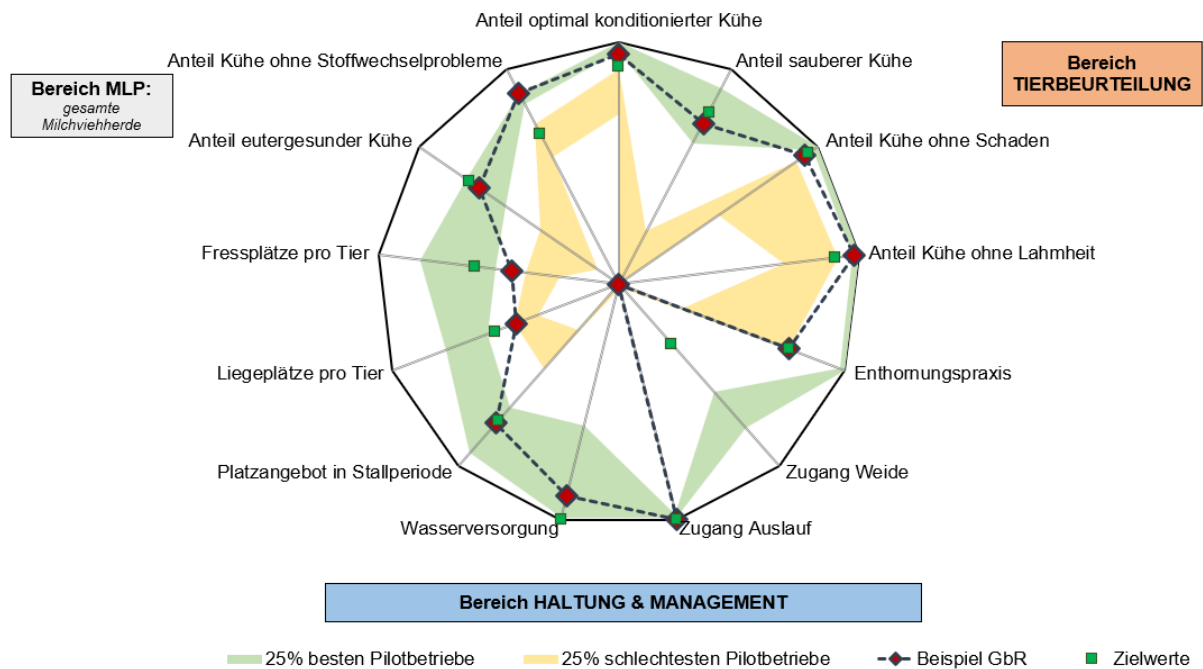
Bewertung des Tierwohls von Betrieb Beispiel GbR alle Laktierende im Winterhalbjahr/Stallperiode

BEREICH	INDIKATOR	PARAMETER	ERGEBNIS	Klassenmittelwerte Pilotbetriebe		ZIELWERTE (KTBL = Faustzahlen für ökolog. Landbau; DLG = DLG Band 206; LAZ BW = Planungshilfen für den Rinder-Stallbau; WQ, Weidemilch)
				beste 25%	schlechteste 25%	
BEURTEILUNG <i>alle Laktierende</i>	Körperkondition	Anteil optimal konditionierter Kühe [%]	95,0	100,0	88,7	90 (KTBL)
	Sauberkeit	Anteil sauberer Kühe [%]	75,0	91,4	24,5	80 (KTBL)
	Unversehrtheit Integument	Anteil Kühe ohne Schaden [%]	93,5	100,0	80,9	95 (KTBL)
	Lahmheiten	Anteil Kühe ohne Lahmheiten [%]	98,0	100,0	91,4	90 (KTBL)
HALTUNG & MANAGEMENT <i>alle Laktierende</i>	Enthornungspraxis	Durchführung von Enthornung [0-100]	75	100	28	75 (WQ) ¹⁾
	Zugang Weide	Weidetage pro Jahr	0	290	0	120 (Weidemilch)
	Zugang Auslauf	Auslauftage pro Jahr	365	365	0	365 (DLG)
	Wasserversorgung	Ausreichende Wasserversorgung und Sauberkeit der Tränken	90	100	3	100 (WQ; vollständige Versorgung aller Kühe ²⁾ mit sauberem Wasser)
	Platzangebot	Platz pro Tier [m ²]	9,2	11,15	5,57	9 (DLG)
	Liegeplätze	Liegeplätze pro Tier	0,91	1,52	0,92	1,1 (DLG)
	Fressplätze	Fressplätze pro Tier	0,89	1,65	0,78	1,2 (DLG)
MLP <i>gesamte Herde</i>	Eutergesundheit	Anteil eutergesunder Kühe [%]	70	76	39	75 (KTBL)
		Anteil euterkranker Kühe [%]	13	9	49	8 (KTBL)
		Anteil eutergesunder Erstlaktierender [%]	65	73	18	95 (KTBL)
		Anteil Kühe ohne Mastitisbehandlungen [%]	nicht berechnet, da MLP	91	34	90 (KTBL)
		Anteil Kühe ohne Stoffwechselprobleme [%]	89	89	75	70 (KTBL)

Abbildung 4.9-5: Tabellenblatt 4.1: Ergebnis-Tabelle eines Beispielbetriebs.

Das Netzdiagramm stellt die Ergebnisse zur besseren Veranschaulichung grafisch dar (Abbildung 4.9-6). Auch hier sind die Zielwerte mit aufgeführt.

Von besonderem Interesse ist für die Betriebe der Vergleich mit anderen Betrieben (Benchmarking). Dafür wurden die mit dem Welfare Quality® Protokoll (2009) erhobenen Daten der Pilotbetriebe in vier Klassen eingeteilt. In der Ergebnistabelle werden jeweils die Klassenmittelwerte der besten 25 % und der unteren 25 % der Pilotbetriebe zum Vergleich mit angegeben. Im Netzdiagramm werden die Wertebereiche der besten 25 % (grünes Band) und der schlechtesten 25 % (gelbes Band) der Pilotbetriebe dargestellt.

Bewertung des Tierwohls von Betrieb Beispiel GbR alle Laktierende im Winterhalbjahr/Stallperiode**Abbildung 4.9-6:** Tabellenblatt 4.2: Netzdiagramm eines Beispielbetriebs.

4.9.4 Diskussion

Während der Entwicklungsphase wurde das Tool auf zwei hessischen Milchviehbetrieben getestet. Die Erfahrungen dabei und die Vorschläge der Betriebsleiter flossen in die Fertigstellung ein. Anschließend wurde das TWT im Jahr 2018 auf fünf Betrieben in Hessen eingesetzt. Damit wurde die Praxistauglichkeit getestet und Vergleichsdaten zu den hinterlegten Werten der Pilotbetriebe generiert.

Die Anwendung des TWT auf den Testbetrieben in Hessen und bei den Pilotbetrieben hat gezeigt, dass das Beratungsinstrument für den Praxiseinsatz generell gut geeignet ist, um einen schnellen Einblick in das Tierwohl in verschiedenen Leistungsgruppen und auch auf Betriebsebene zu gewinnen. Dabei ist die Anwendung einfach, praktikabel und für die Landwirte nachvollziehbar.

Des Weiteren eignet sich das TWT auch dafür, Vergleiche von verschiedenen Fragestellungen zum Tierwohl auszuwerten, indem Mittelwerte verschiedener Datensätze verglichen werden können. Dazu wurden die Datensätze der Status quo Erhebungen (vgl. Kapitel 4.7) der milchviehhaltenden Pilotbetriebe mit Stand vom Januar 2018 mit dem TWT ausgewertet. Geringfügige Abweichungen zu den Ergebnissen in Kapitel 4.9.3 sind darauf zurückzuführen, dass einerseits die nicht alle Betriebe in die Auswertungen einbezogen werden konnten und die Indikatoren beim TWT teilweise geringfügig anders ermittelt wurden. Nachfolgend werden zum einen der Einfluss der verschiedenen Wirtschaftsweisen der Pilotbetriebe (ökologisch und konventionell) und zum anderen der Zeitpunkt der Datenerfassung bei den Pilotbetrieben (Sommer-/Weideperiode und Winter-/Stallperiode) auf die Tierwohlbewertung verglichen.

Vergleich Wirtschaftsweise der Pilotbetriebe: ökologisch versus konventionell:

Um herauszufinden, wie sich die Wirtschaftsweise auf die Ergebnisse zu den Tierwohl-Indikatoren auswirkt, werden in Abbildung 4.9-7 im Ergebnisdiagramm des TWT die gemittelten Datensätze der ökologisch wirtschaftenden (gestrichelte Linie) mit denen der konventionell wirtschaftenden (durchgezogene Linie) Pilotbetriebe mit den Daten der Wintererhebung gegenübergestellt. Zur besseren Übersichtlichkeit sind die Zielwerte in dieser Darstellung nicht enthalten.

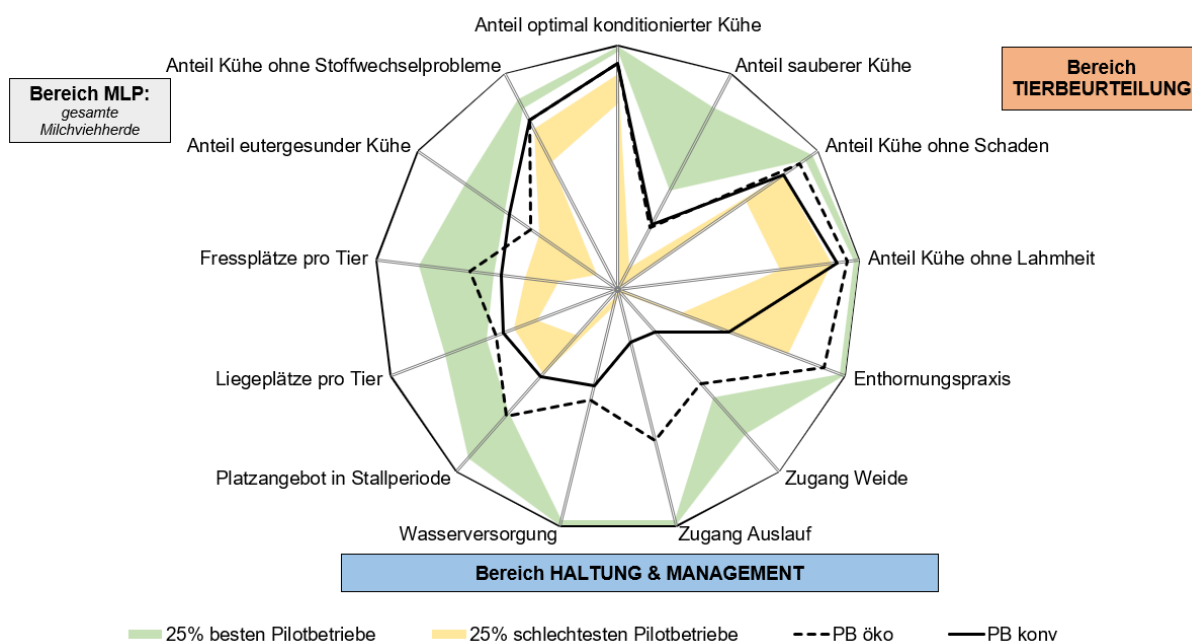


Abbildung 4.9-7: TWT-Netzdiagramm: Mittelwerte der ökologisch und konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe aus der Wintererhebung.

Bereich Tierbeurteilung

Der Vergleich zwischen ökologisch und konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben mit den Daten der WQ® Erhebung im Winter 2014/15 in Abbildung 4.9-7 zeigt, dass die ökologisch gehaltenen Milchkühe beim Indikator *Anteil Kühe ohne Integumentschäden* signifikant besser als die konventionell wirtschaftenden Betriebe abschneiden (Tabelle 4.9-2).

Tabelle 4.9-2: Mittelwerte der ökologisch und konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe aus dem Teilbereich Tierbeurteilung (N = 37: öko n = 19; konv n = 18; nur Daten der Wintererhebung)

Betriebe	Milchkühe				
	laktierende Anz	optimal konditioniert %	saubere %	ohne Integumentschäden %	Ohne Lahmheiten %
alle PB	107	93,0	29,5	87,4	93,3
PB öko	64	92,9	28,9	91,3**	95,5
PB konv	154	93,1	30,2	83,2	91,0

Mann-Whitney-U-Test, Gruppenvariable Bewirtschaftungsweise öko - konv;

* signifikant bei $p < 0,05$; ** signifikant bei $p < 0,01$

Abweichungen zu den in Kapitel 4.7 genannten Werte für die Indikatoren *Anteil sauberer Kühe* und *Anteil Kühe ohne Integumentschäden* sind darauf zurückzuführen, dass diese Indikatoren im TWT etwas anders als im Welfare Quality Protocol® bewertet werden. Zudem wurden im TWT wurden die erfassten Werte vor der Auswertung auf Einzeltierbasis zusammengefasst.

Bereich Haltung und Management

Im Bereich Haltung und Management zeigt sich, dass die ökologisch wirtschaftenden Pilotbetriebe bei allen Indikatoren bessere Werte erreichen als die konventionellen Betriebe (Tabelle 4.9-3). Diese Ergebnisse sind nicht überraschend, da beim Platzangebot von der EU-Öko-Verordnung und den Öko-Anbauverbänden höhere Werte Angebot gefordert sind und Zugang zu Auslauf im Freien und Weideflächen so oft als möglich vorgeschrieben ist. Wie eingangs beschrieben, kann Weidegang Vorteile in Bezug auf das Tierwohl von Milchkühen bieten. Auch bei den Pilotbetrieben weisen die Milchkühe mit Weidegang weniger Lahmheiten und haarlose Stellen auf als Tiere ohne Weidegang (Wagner et al., 2017). Integumentschäden sind oft auf die Haltungsumgebung im Stall zurückzuführen, sie kommen bei Weidehaltung daher seltener vor (Armbrecht et al., 2019). Die positiven Auswirkungen durch weniger Integumentschäden bei der Weidehaltung können allerdings in der Stallperiode während der Wintermonate auch wieder verlorengehen (Hüttel et al., 2018).

Ferner wird auch der Indikator *Enthornung* bei den Öko-Betrieben stärker reglementiert. Laut Anbauverband Naturland dürfen Eingriffe am Tier nicht systematisch durchgeführt werden und beim Anbauverband Demeter ist Hornlosigkeit – egal ob durch Eingriff oder Zucht – verboten. Enthornung ist auch laut EU-Öko-Verordnung nicht systematisch zulässig. Dies erklärt das bessere Abschneiden der Öko-Betriebe bei diesem Indikator. Im TWT findet in Anlehnung an WQ® diese strenge Bewertung für Eingriffe am Tier statt. So kann, auch wenn der Eingriff am Tier nach den gesetzlichen Vorgaben durchgeführt wird, dennoch nicht die beste Punktzahl erreicht werden.

Tabelle 4.9-3: Mittelwerte der ökologisch und konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe aus dem Teilbereich Haltung & Management (N = 37: öko n = 19; konv n = 18; nur Daten der Wintererhebung)

Betriebe	Weidetage Anz.	Auslauftage Anz.	Platz pro Tier m ² Tier ⁻¹	Liegeplätze Anz. Tier ⁻¹	Fressplätze Anz. Tier ⁻¹
alle PB	138	158	7,02	1,03	1,1
PB öko	188**	230*	8,33*	1,07	1,2
PB konv	85	81	6,10	1,01	1,0

Mann-Whitney-U-Test, Gruppenvariable Bewirtschaftungsweise öko - konv; alle Betriebe mit und ohne Weidegang,

* signifikant bei p < 0,05; ** signifikant bei p < 0,01

Bereich Milchleistungsprüfung (MLP)

Im Bereich MLP werden die Indikatoren *Euter- und Stoffwechselgesundheit* ausgewertet (Tabelle 4.9-4). Die konventionellen Betriebe schneiden beim Anteil eutergesunder Kühe (< 100.000 Zellzahlen pro ml Milch) signifikant besser ab. Hier könnte es einen Zusammenhang zum überwiegend antibiotischen Trockenstellen bei den konventionellen Betrieben geben. Beim Indikator „Anteil Kühe ohne Stoffwechselprobleme“, der im Wesentlichen vom Fütterungsregime abhängt, gibt es keinen Unterschied zwischen den Betrieben mit unterschiedlicher Wirtschaftsweise.

Tabelle 4.9-4: Mittelwerte der ökologisch und konventionell wirtschaftenden Pilotbetriebe aus dem Teilbereich Milchleistung (N = 37: öko n = 18; konv n = 16; nur Daten der Wintererhebung)

Betriebe	Milchkühe		Erstlaktierende	Milchkühe
	Eutergesund Anz	Euterkrank %	Euterkrank %	ohne Stoffwechselprobleme %
alle PB	48,4	15,3	37,8	78,5
PB öko	43,1*	17,7	43,7	78,5
PB konv	54,5	12,6	31,2	78,6

Mann-Whitney-U-Test, Gruppenvariable Bewirtschaftungsweise öko - konv;

* signifikant bei p < 0,05; ** signifikant bei p < 0,01

Zeitpunkt der Datenerfassung (Pilotbetriebe)

Um weitere Erkenntnisse darüber zu erhalten, ob es signifikante Unterschiede im Tierwohl zwischen der Erhebung im Sommer oder im Winter hinsichtlich der Körperkondition und Sauberkeit der Kühe gibt, werden nachfolgend die Mittelwerte aller Pilotbetriebe aus der Erfassung im Sommer mit denen aus dem Winter verglichen. Dabei ist auch von Interesse, inwieweit durch den verstärkten Weidegang der ökologischen Betriebe im Sommer die Integumentschäden und Lahmheiten im Vergleich zur winterlichen Stallhaltung abnehmen.

Bereich Tierbeurteilung

Im Bereich Tierbeurteilung zeigt das Mittel aller Pilotbetriebe einen signifikant höheren Anteil sauberer Tiere bei der Sommer-Datenerfassung als bei der Winter-Datenerfassung (Tabelle 4.9-5). Diese Beobachtung könnte auf die Weidehaltung zurückzuführen sein, wovon auch Wagner et al. (2017) berichten. Bei den anderen Indikatoren gibt es keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Erfassungszeitpunktes.

Tabelle 4.9-5: Mittelwerte der Winter- und Sommererhebung aller Pilotbetriebe aus dem Teilbereich Tierbeurteilung (N = 74: Winter n = 37; Sommer n = 37)

Erhebungshalbjahr	Milchkühe			
	optimal konditioniert	saubere	ohne Integumentschäden	ohne Lahmheiten
	%	%	%	%
Winterhalbjahr	93,0	29,5	87,4	93,3
Sommerhalbjahr	91,5	47,1**	86,3	93,4

Mann-Whitney-U-Test, Gruppenvariable Erfassungszeitraum Winter- Sommer

* signifikant bei $p < 0,05$; ** signifikant bei $p < 0,01$

Bereich Haltung & Management

Im Bereich Haltung & Management wird in dieser Auswertung nur der Indikator Wasserversorgung näher untersucht, da die anderen Indikatoren keine Unterschiede zwischen der Winter- und der Sommererhebung zeigen, da diese Indikatoren generell die Haltung im ganzen Jahr betreffen.

Es zeigt sich, dass die Wasserversorgung nach dem TWT in der Weideperiode mit 35 Punkten deutlich schlechter ist als in der Stallperiode mit 53 Punkten. Diese Differenz liegt an einer nach den Maßstäben des Welfare Quality Protokolls® nicht ausreichenden Anzahl an Tränken auf der Weide (vgl. Kapitel 4.7).

Bereich Milchleistungsprüfung (MLP)

Die Indikatoren Enthornung, Euter- und Stoffwechselgesundheit werden in dieser Auswertung zu den Unterschieden zwischen den Erhebungszeitpunkten nicht betrachtet, da über die elf Monatsberichte der Milchleistungsprüfung ein gesamtes Milchjahr ausgewertet.

Erfahrungen bezüglich Praxistauglichkeit (Vergleich mit Testbetrieben)

Das TWT wurde nach seiner Fertigstellung auf fünf hessischen Milchviehbetrieben auf seine Praktikabilität in der Praxis getestet. Es erwies sich für die beteiligten Landwirte als gut geeignet, verständlich und nachvollziehbar. Verbesserungsvorschläge gab es von den Praktikern zu den folgenden Indikatoren, die nachfolgend diskutiert werden:

- Konventionelle Betriebe mit **Enthornung** sehen das Bewertungsschema der Enthornung kritisch, da sie bei Einhaltung der aktuellen gesetzlichen Vorschriften trotzdem Abstriche in der

Bewertung erhalten und nicht die volle Bewertungspunktzahl erreichen können.

Bei diesem Kritikpunkt der konventionellen Betriebsleiter muss berücksichtigt werden, dass es beim Tierwohl generell um den Eingriff am Tier geht, der zu vermeiden ist. In die Überarbeitung des TWT im EIP-Agri Vorhaben „Tierwohl Milchvieh Hessen“³ wurde der Indikator Enthornungspraxis angepasst. Dort gibt es folgende Auswahlmöglichkeiten:

- a) Keine Enthornung (horntragend oder genetisch hornlos)
 - b) Teilweise Enthornung (für Betriebe in Umstellung)
 - c) Enthornung (mit Sedierung + Schmerzmittel oder mit Betäubung + Schmerzmittel)
- Beim **Weidegang** wird die Bewertung der Weidedauer kritisch hinterfragt, da erst eine Weidedauer von mehr als 6 Stunden als Tag mit Weidegang gewertet wird.
Die Kritik an der Erfassung des Weidegangs, wonach nur Tage mit mehr als sechs Stunden Weidegang gezählt werden, ist verständlich. Dies passt zu den Ergebnissen von Armbrrecht et al. (2019), wonach die Dauer des Weidegangs nicht ausschlaggebend für den positiven Effekt ist, vielmehr ist es von Bedeutung, dass Beweidung überhaupt stattfindet. Allerdings muss es auch ein objektives Maß geben, was als Weidegang zählt, weshalb die Definition nach dem Verkaufsprodukt *Weidemilch*⁴ von den Autoren nach wie vor als geeignet eingestuft wird.
- Des Weiteren wurde die Erfassung der **Körperkondition** als zu ausführlich und umständlich empfunden, besser wäre ein vereinfachtes Schema oder direkt die Körperkonditionsbeurteilung nach *Body Condition Score* (BCS) (Spengler Neff et al., 2015), die den meisten Praktikern in der Regel bekannt ist.
Die meisten Landwirte mit Milchviehhaltung sind mit der Beurteilung der Körperkondition nach dem BCS vertraut. Daher ist es verständlich, dass sie die Beurteilung auch danach vornehmen möchten. Am besten ist es, den BCS in Abhängigkeit des Laktationstags zu ermitteln, auch um die unterschiedliche Körperkondition im Verlauf der Laktation berücksichtigen zu können. In der weiterentwickelten Version des TWT im EIP-Agri-Projekt „Tierwohl Milchvieh Hessen“ wurde dies auch so umgesetzt.
- Eine weitere Anregung war, die **Mensch-Tier-Beziehung** auch in die Tierwohl-Beurteilung mit einzubeziehen.
Gerade die Betriebe mit einer sehr guten Mensch-Tier-Beziehung wünschen sich eine Erfassung dieses Tierwohl-Indikators, der auch sehr wichtig ist. Der Leitfaden des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (2016) gibt hier auch eine objektive Vorgehensweise zur Erfassung der Ausweichdistanz als Indikator für die Mensch-Tier-Beziehung an. Allerdings liegt der Fokus des TWT auf einer einfachen und schnellen Durchführbarkeit. Da die Aufnahme der Mensch-Tier-Beziehung mindestens 1 Minute pro Kuh zusätzlich erfordert, wurde dieser Aspekt zugunsten einer zeitlich für die Betriebe noch akzeptablen Tierwohl-Erfassung nicht mit aufgenommen.
- Abschließend wurde von einigen Landwirten eine zusammenfassende Gesamtbewertung als **Endnote** favorisiert.

³ https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelv/projektsteckbrief_tierwohl_milchvieh_final.pdf (aufgerufen am 22.03.2021)

⁴ <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaftliche-produkte/worauf-kann-ich-beim-einkauf-achten/kennzeichnung/weidemilch> (zuletzt aufgerufen am 22.03.2021)

Es ist nachvollziehbar, dass die Landwirte eine abschließende Endnote wünschen, da sie das Tierwohl ihrer Milchkühe mit einem Gesamtergebnis schnell und einfach einordnen können. Eine Endnote wird es im Tool allerdings nicht geben, weil sich dann die Frage stellt, wie die einzelnen Faktoren einzeln und im Vergleich zueinander zu gewichten sind. Dies ist im aktuellen Projektrahmen und auch mit weiteren Untersuchungen bisher nicht abschließend zu beantworten.

4.9.5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Im Rahmen des Netzwerks Pilotbetriebe wurde ein Beratungswerkzeug auf Basis von Excel (Tierwohl-Tool-Milchvieh) entwickelt, mit dem das Tierwohl von Milchkühen relativ schnell, einfach und vom Landwirt selbst erfasst werden kann, was durch mehrere Praxistests bestätigt werden konnte.

Das TWT kommt im EIP-Agri Vorhaben „Bereitstellung und Weiterentwicklung eines praxistauglichen Tierwohl-Tools für Milchviehbetriebe“ zum Einsatz. Dort wird das TWT weiterentwickelt und für die Erfassung der Tierwohl-Situation in 40 hessischen Milchviehbetrieben eingesetzt. In diesem Projekt soll für das TWT auch eine App für mobile Endgeräte entwickelt werden. Zudem soll eine Schnittstelle erarbeitet werden, mit der automatisch die erforderlichen Daten der elf Monatsberichte der Milchleistungsprüfung eingelesen werden können, was eine große Ersparnis an Zeit- und Arbeitsaufwand bedeutet. Des Weiteren wurden die Indikatoren Enthornung, Wasserversorgung und Körperkondition sowohl in der Erfassung als auch in der Bewertung mit den Erfahrungen aus dem Netzwerk Pilotbetriebe und den Testbetrieben überarbeitet.

4.9.6 Danksagung

An dieser Stelle danken wir den hessischen Milchviehbetrieben für die Möglichkeit, das Beratungswerkzeug zu testen sowie für die hilfreichen Anmerkungen und Hinweise sowie Herrn Dr. Jan Brinkmann und Frau Dr. Solveig March für ihre konstruktiven Vorschläge während der Entwicklung des Tierwohl Tools.

4.9.7 Literatur

Armbrecht L, Lambertz C, Albers D, Gauly M (2019) Assessment of welfare indicators in dairy farms offering pasture at differing levels. *Animal* 13 (10):2336–2347

Becker F, Ebschke S, Pfeifer S, Rauen A, Südekum KH, von Borell E (2015) Nachhaltigkeitsbewertung in der Rinderhaltung. Fütterung, Ressourcen, Klima, Tiergerechtigkeit. Frankfurt am Main. DLG-Verlag

Bundestag/Bundesrat der Bundesrepublik Deutschland (2020) Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das zuletzt durch Artikel 280 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist

Brinkmann J, Ivemeyer S, Pelzer A, Winckler C, Zapf R (2016) Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis - Rind: Vorschläge für die Produktionsrichtungen Milchkuh, Aufzuchtkalb, Mastrind. Darmstadt: KTBL, 60

Brinkmann J, Cimer K, March S, Ivemeyer S, Pelzer A, Schultheiß U, Zapf R, Winckler C (2021) Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis - Rind : Vorschläge für die Produktionsrichtungen Milchkuh, Aufzuchtkalb, Mastrind. 2., aktual. Aufl. Darmstadt: KTBL, 82

Hüttel S, Bürger R, Stark M, Kaufmann O, Irrgang N, Seifert D (2018) Ökonomische, ökologische und Tierwohlaspekte der Weidehaltung von Hochleistungskühen. Pasture usage for dairy cows: economic, ecological and issues of animal welfare. Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (2015) Faustzahlen für den Ökologischen Landbau. neue Ausgabe. Darmstadt

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (2016) Tierschutzindikatoren. Leitfaden für die Praxis - Rind. Vorschläge für die Produktionsrichtungen Milchkuh, Aufzuchtkalb, Mastrind. Darmstadt

March S, Brinkmann J, Müller J, Winckler C (2016) Grazingcowhealth: Auswertung umfangreicher, im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau generierter Datensätze im Hinblick auf Beiträge des Graslandes und des Weideganges zu Gesundheit und Wohlbefinden von Milchkühen im Ökologischen Landbau. Thünen Institut. Online verfügbar unter: https://orgprints.org/id/eprint/32174/1/32174_12OE006_Brinkmann_Thueneninstitut_Gesundheit_Milchkuehe.pdf, zuletzt geprüft am 22.03.2021

Spengler Neff A, Notz C, Ivemeyer S, Walkenhorst M (2015) Körper-Konditions-Beurteilung. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL). Online verfügbar unter <https://www.fibl.org/de/shop/1414-bcs-anleitung.html>, zuletzt geprüft am 22.03.2021

Wagner K, Brinkmann J, March S, Hinterstoißer P, Warnecke S, Schüler M, Paulsen HM (2017) Impact of Daily Grazing Time on Dairy Cow Welfare-Results of the Welfare Quality® Protocol. Animals MDPI 8 (1):1

Welfare Quality® (2009) Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Chapter 6: Welfare Quality® applied to dairy cows. Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands. Online: http://www.welfare-quality.net/media/1088/cattle_protocol_without_veal_calves.pdf

Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim BMEL (2015) Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten. Berlin

4.10 Gesamtbetriebliche Optimierung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls in den Pilotbetrieben

Harald Schmid, Hans-Marten Paulsen, Kathrin Wagner, Sylvia Warnecke,
Peter Hinterstoißer, Franziska Schulz, Maximilian Schüller, Lucie Chmelíková,
Sandra Anke, Jörn Sanders, Ilsabe von Stieglitz, Karen Schröder,
Richard Beisecker, Theresa Seith, Harald Becker, Kurt-Jürgen Hülsbergen

Zusammenfassung

Die gesamtbetriebliche Optimierung war ein Schwerpunkt der Untersuchungen in den Pilotbetrieben in der dritten Projektphase von 2014 bis 2021. Auf der Grundlage mehrjähriger Analysen wurden die betriebliche Ausgangssituation und Schwachstellen in den Bereichen Erträge und Leistungen, Humusversorgung, Nährstoffkreisläufe, Energieeffizienz, Stickstoffeffizienz, Treibhausgasemissionen, Haltungsbedingungen, Medikamenteneinsatz, Tiergesundheit und Tierwohl analysiert.

In Optimierungsworkshops wurden mit den Betriebsleitern Strategien und Maßnahmen zur Betriebsentwicklung abgeleitet, um die Ressourceneffizienz zu erhöhen, die Treibhausgasemissionen zu vermindern und die Haltungsbedingungen zu verbessern. Hierzu wurden betriebsindividuell Randbedingungen und Restriktionen definiert und realistische Annahmen getroffen, z. B. zu Ertragseffekten pflanzenbaulicher Maßnahmen. Unter Beachtung der betriebspezifischen Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen wurden potenzielle Wirkungen auf die Ressourceneffizienz, die Humus-, Nährstoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzen mit den Modellen REPRO und HUNTER. Mögliche Wirkungen des veränderten Managements auf das Tierwohl wurden anhand der Parameter des Welfare Quality® Protocol aufgezeigt. Die Umsetzbarkeit der Maßnahmen und Strategien wurde anhand ökonomischer Bewertungen eingeschätzt.

An Fallbeispielen wird dargestellt, wie die Optimierungsstrategien in den Pilotbetrieben abgeleitet, bewertet und umgesetzt wurden. Ein wesentliches Ziel bestand darin, Tierwohl, Klima- und Ressourcenschutz zu verbinden, Zielkonflikte aufzulösen und Synergieeffekte zu nutzen. Abschließend werden die einzelbetrieblichen Ergebnisse in einen größeren Zusammenhang gestellt und Empfehlungen für Landwirtschaft, Beratung und Agrar-Umweltpolitik abgeleitet.

Schlüsselwörter: Treibhausgasbilanz, Humusbilanz, Stickstoffeffizienz, Tierwohl, Fallbeispiele, Szenarien, Indikatoren, Bewertungsfunktionen

Abstract

Optimization of entire farms was a key point of the pilot farms project in its third research phase from 2014 to 2021. Based on several years of analyses, the initial farm situation and weak points were studied in the areas of yields and outputs, humus supply, nutrient cycles, energy efficiency, nitrogen efficiency, greenhouse gas emissions, animal husbandry conditions, use of medicines, animal health and animal welfare.

In optimization workshops, strategies and management options were developed together with the farmers to increase resource efficiency, reduce greenhouse gas emissions and improve animal husbandry conditions. For this purpose, farm-specific boundary conditions and restrictions were defined and realistic assumptions were made, e.g. on the yield effects of crop production measures. Taking into account the farm-specific site and management conditions, potential effects on resource efficiency, humus, nutrient, energy and greenhouse gas balances were analysed using the REPRO and HUNTER models. Possible effects of changed management on animal welfare were shown using the indicators of the Welfare Quality® Protocol. The feasibility of these actions and strategies was assessed by an economic evaluation.

Case studies are used to illustrate how the optimization strategies were derived, evaluated and implemented in the pilot farms. A major goal was to combine animal welfare, climate protection and resource conservation, to resolve conflicting goals and to use synergy effects. Finally, the individual farm results are placed in a broader context and recommendations for agriculture, consulting and agri-environmental policy are derived.

Keywords: greenhouse gas balance, humus balance, nitrogen efficiency, animal welfare, case studies, scenarios, indicators, assessment functions

4.10.1 Einleitung

Problemstellung und Forschungsbedarf

Die Steigerung der Ressourceneffizienz landwirtschaftlicher Produktionssysteme ist eine der größten globalen Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte. Angesichts immer knapper werdender Ressourcen (Boden, Energie, Wasser, Nährstoffe), dem wachsenden Bedarf an Nahrungsmitteln und Biomasse sowie der negativen Effekte des Klimawandels kommt der Effizienzsteigerung zentrale Bedeutung zu (Godfray et al., 2010; Hülsbergen et al., 2013). Wichtige Effizienzindikatoren landwirtschaftlicher Systeme sind die Energieeffizienz (Hülsbergen et al., 2001), die Stickstoffeffizienz (Lin et al., 2016), die Wassernutzungseffizienz (Schittenhelm, 2011) sowie die Landnutzungseffizienz (Tuomisto et al., 2012, Lin et al., 2017).

Die Ressourceneffizienz, insbesondere die Stickstoff- und Energieeffizienz, steht in enger Beziehung zu den Treibhausgas (THG)-Emissionen der Landwirtschaft. So treten z. B. besonders hohe Lachgasemissionen auf, wenn Düngerstickstoff ungenügend von den Kulturpflanzen ausgenutzt wird. Gleichmaßen mindert eine geringe Stickstoffeffizienz auch die Energieeffizienz, da die Stickstoffproduktion einen hohen Input fossiler Energie erfordert (Hülsbergen et al., 2002). In der Milchproduktion beschreiben Lorenz et al. (2019) starke Abhängigkeiten der produktgebundenen Treibhausgasemissionen von der Milchleistung der Tiere und der Futterverwertung, sie zeigen aber hohe Bandbreiten der Werte auf. Auch bei relativ niedrigen bis mittleren Milchleistungen und extensiven Haltungsformen können niedrige Treibhausgasemissionen auftreten. Dies zeigen auch die Analysen in den Pilotbetrieben, in denen hohe Bandbreiten der produktbezogenen THG-Emissionen gefunden wurden (Frank et al., 2019).

Nach DAFA (2012) wird die weltweite Verschärfung der Ressourcenknappheit bei steigender Nachfrage nach Lebensmitteln tierischer Herkunft den Trend zur Intensivierung in der Tierproduktion verstärken.

Andererseits werden die Haltungsbedingungen und der Tierarzneimitelesatz intensiver Tierproduktionssysteme von einem Großteil der deutschen Bevölkerung kritisch gesehen. Gesetzlich verankerte Tierschutzanforderungen müssen erfüllt und anhand geeigneter Kriterien belegt werden (Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim BMEL, 2015; Busch und Spiller, 2018).

Eine grundlegende Strategie zur Steigerung der Ressourceneffizienz ist die nachhaltige Intensivierung (vgl. Tilman et al., 2002; Banwart, 2011). Hiermit sollen durch geeignete, standortadaptierte Maßnahmen Ertrags- und Leistungssteigerungen erzielt, aber zugleich Anforderungen des Boden-, Klima- und Biodiversitätsschutzes, der ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeit berücksichtigt werden (The Royal Society, 2009; Foley et al., 2011; Leopoldina, 2012). Bei Analysen zur Verbesserung der Effizienz in der Tierhaltung sind Tierwohlaspekte auf der Basis ressourcen-, management- und tierbezogener Indikatoren in die Betriebsoptimierung einzubeziehen (Broom, 2019; Herzog et al., 2018; Place, 2018). Für eine wissenschaftliche Gesamtbewertung des Wohlbefindens landwirtschaftlicher Nutztiere ist das Welfare Quality® Protocol entwickelt worden (Welfare-Quality, 2009); es gilt als bester verfügbarer Standard zur Beurteilung des Tierwohls in der Wissenschaft.

Bei der Optimierung landwirtschaftlicher Betriebe sind die komplexen Zusammenhänge zwischen Produktionsintensität, Ressourceneffizienz und Treibhausgasemissionen zu berücksichtigen. Es kann bei der betrieblichen Optimierung zu Zielkonflikten, aber auch zu Synergieeffekten kommen. Nicht jede abgeleitete Optimierungsstrategie ist in den landwirtschaftlichen Unternehmen umsetzbar. Managementfähigkeiten, Betriebsleiterqualifikation und -präferenzen, Flächen- und Technikausstattung, langfristige Entwicklungsperspektive (Betriebsnachfolge), vor allem aber die wirtschaftlichen Auswirkungen entscheiden über die Umsetzbarkeit der Strategien. Optimierungsszenarien sind daher nicht nur hinsichtlich der ökologischen Wirkungen, sondern auch der sozioökonomischen Effekte zu beurteilen. Letztlich können nur die Maßnahmen und Strategien umgesetzt werden, die wirtschaftlich tragfähig sind.

Nachfolgend wird an Fallbeispielen dargestellt, wie die gesamtbetriebliche Optimierung von Ressourceneffizienz und Tierwohl in den Pilotbetrieben erfolgte und welche Ergebnisse erzielt wurden. Im Mittelpunkt stehen die auf Optimierungsworkshops gemeinsam mit den Betriebsleitern abgeleiteten Optimierungsstrategien, die hinsichtlich ihrer Effekte auf die Ressourceneffizienz, die Treibhausgasemissionen und das Tierwohl bewertet werden. Die einzelbetrieblichen Ergebnisse werden abschließend in einen größeren Zusammenhang gestellt, um allgemeine Empfehlungen für Landwirtschaft, Beratung und Agrar-Umweltpolitik ableiten zu können.

4.10.2 Material und Methoden

Optimierungsworkshops waren ein Schwerpunkt der Projektarbeiten in der Projektphase 2014 bis 2020. Ausgehend von den Ergebnissen einer umfassenden mehrjährigen Analyse der Pilotbetriebe wurden betriebliche Schwachstellen, z. B. überhöhte produktbezogene THG-Emissionen, negative Humusbilanzen, erhöhte N-Salden und N-Verlustpotenziale, niedrige Werte nach Welfare Quality® Protocol, identifiziert und gemeinsam mit den Betriebsleitern Optimierungsstrategien abgeleitet. Hierbei wurden die Modelle REPRO und HUNTER für die Analyse und Bewertung der Humus-, Nährstoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzen sowie Ergebnisse der Analyse und Bewertung der Haltungsbedingungen in der Milchviehhaltung sowie der Tierwohlbewertung nach dem Welfare Quality® Protocol verwendet.

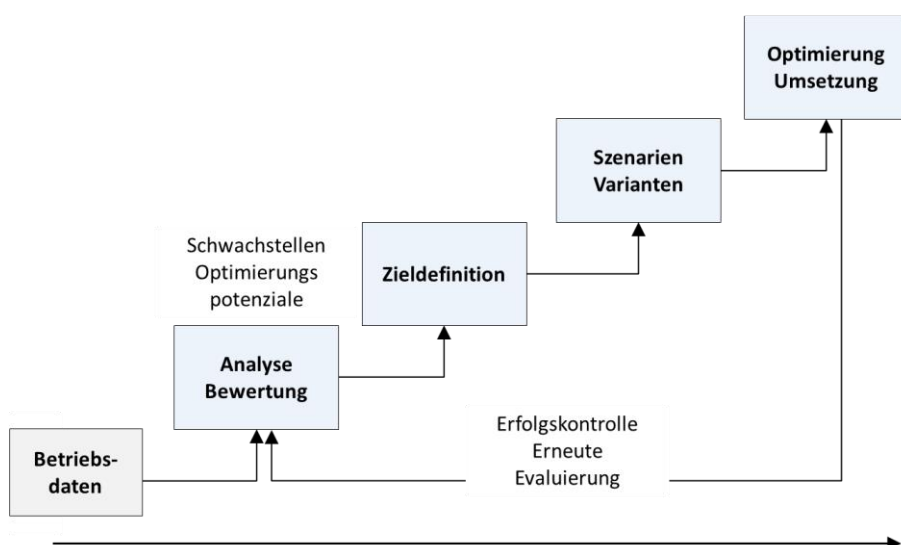


Abbildung 4.10-1: Prinzip-Darstellung zur Ableitung und Umsetzung von betrieblichen Optimierungsstrategien.

Bei der Ableitung der betrieblichen Maßnahmen und Strategien wurden die Besonderheiten der Betriebe hinsichtlich der Standortbedingungen, der Betriebsstruktur, der Technik- und Arbeitskraftausstattung, der vorhandenen Gebäude und baulichen Einrichtungen (v.a. der Milchviehställe) berücksichtigt. Zur Modellierung der ökologischen und ökonomischen Wirkungen der Optimierungsmaßnahmen wurden Annahmen getroffen, z. B. zu Wirkungen auf Erträge und Leistungen, die auf Optimierungsworkshops mit allen Beteiligten (Wissenschaftler, Berater, Landwirte) abgestimmt wurden. Auf dieser Grundlage erfolgte die Modellierung der Szenarien. Die Ergebnisse wurden in den Betrieben vorgestellt und diskutiert.

Ein Ziel der betrieblichen Auswertungen und Optimierungen bestand darin, Tierwohl, Klima- und Ressourcenschutz zu verbinden sowie Zielkonflikte und Synergieeffekte darzustellen. Einzelbetrieblich wurden Maßnahmen zur Betriebsentwicklung abgeleitet, um die Haltungsbedingungen zu verbessern und gleichzeitig THG-Emissionen zu vermindern.

Anhand der Pilotbetriebe PB 33, PB 43, PB 73, PB 85, PB 71, PB 40 werden einzelne oder mehrere Optimierungsszenarien (z. B. Betrieb PB 40) beschrieben und die zu erwartenden Effekte dargestellt und bewertet. Es handelt sich um drei ökologische und drei konventionelle Betriebe, davon vier Milchvieh- und zwei Marktfruchtbetriebe in unterschiedlichen Regionen (Ost-Westfalen, Bergisches Land, Nordwest-Mecklenburg, Küstenregion Nordostdeutschland, Südliches Schleswig-holsteinisches Hügelland, Ost-Westfalen, Soester Börde). Die Umsetzbarkeit der Maßnahmen wird anhand ökonomischer Kriterien eingeschätzt. Die Vorgehensweise ist in der Prinzip-Darstellung zur Ableitung und Umsetzung von betrieblichen Optimierungsstrategien (Abbildung 4.10-1) skizziert. Die Betriebsleiter haben einige der Empfehlungen schrittweise umgesetzt und Maßnahmen erprobt, so dass z. T. eine Gegenüberstellung der geplanten und der realen Effekte erfolgen kann.

Bewertungsfunktionen

Die Bewertung der Humus-, Nährstoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzen der Ausgangssituation und der Zielvarianten erfolgte mit Bewertungsfunktionen (Beispiel in Abbildung 4.10-2).

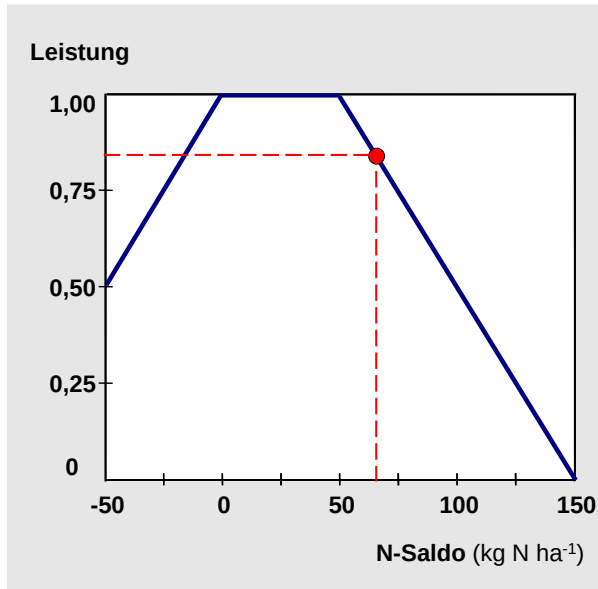


Abbildung 4.10-2: Bewertungsfunktion für den Indikator „Flächenbezogener N-Saldo“, Modell REPRO (Hülsbergen, 2003).

Für die verwendeten Indikatoren wurden anzustrebende Wertebereiche (Zielwerte) definiert. Die in Maßeinheiten angegebenen Indikatorwerte werden mit den Bewertungsfunktionen in dimensionslose Werte umgewandelt¹. Methodische Grundlage sind die im Modell REPRO verwendeten Bewertungsfunktionen (Hülsbergen, 2003), die für die Fragestellung dieser Arbeit erweitert und ergänzt wurden. In REPRO wird für jeden Indikator das Bewertungsergebnis in einem Diagramm angezeigt², so dass die Bewertung nachvollziehbar ist. Die Indikatoren und Bewertungsergebnisse können anschließend in Netzdiagrammen dargestellt werden (vgl. Abbildung 4.10-3).

Tabelle 4.10-1 zeigt eine Übersicht der Indikatoren zur Bewertung des Pflanzenbaus (Ausgangssituation und Szenarien) verwendeten Indikatoren, Methoden und Zielwerte.

¹ Bei der Ableitung des Optimalbereichs der Bewertungsfunktion für den flächenbezogenen N-Saldo wurde davon ausgegangen, dass N-Verluste bis $50 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ tolerierbar sind. Bei Über- und Unterschreiten des optimalen Wertebereiches wird eine nicht nachhaltige Bewirtschaftung angezeigt. Bei langjährig negativen N-Salden ist eine Verminderung der Boden-N-Vorräte zu erwarten, was letztlich zur Verminderung der Ertragsfähigkeit der Böden führt. Mit steigenden N-Salden steigt die Gefahr der N-Verluste. Bei der Festlegung der Bewertungsfunktion sind gleichermaßen Umweltwirkungen und ökonomische Effekte zu beachten.

² Auf der x-Achse wird der Indikatorwert, auf der y-Achse der Grad der Nachhaltigkeit aufgetragen. Der normalisierte Wert 0 ist die ungünstigste Situation (nicht nachhaltige Bewirtschaftung), 1 die günstigste Situation (nachhaltige Bewirtschaftung).

Tabelle 4.10-1: Übersicht der Indikatoren und Zielwerte zur Ressourceneffizienz und ökologischen Nachhaltigkeit des Pflanzenbaus

Indikator	Methode	ME	Zielwert-bereich
Ertragsleistung	Getreideeinheiten-Methode	GE ha ⁻¹	öko > 60 konv > 75
Energiebindung	Energiebilanz, Prozessanalyse	GJ ha ⁻¹	öko > 120 konv > 150
N-Saldo	Stickstoffbilanz	kg N ha ⁻¹	0 – 50
N-Verwertung	Stickstoffbilanz	%	> 75
P-Saldo	Phosphorbilanz	kg P ha ⁻¹	-5 – 5
K-Saldo	Kaliumbilanz	kg K ha ⁻¹	-50 – 50
Humus-Saldo	Humusbilanz, dynamische HE-Methode	kg Hu-C ha ⁻¹	öko 0 – 300 konv 75 – 100
Humus-Versorgung	Humusbilanz, dynamische HE-Methode	%	75 – 125
Energieinput	Energiebilanz, Prozessanalyse	GJ ha ⁻¹	< 2
Energieeffizienz	Energiebilanz, Prozessanalyse	dimensionslos	> 15
Energieintensität	Energiebilanz, Prozessanalyse	MJ GE ⁻¹	< 200
THG-Emissionen, flächenbezogen	THG-Bilanz	kg CO _{2 eq} ha ⁻¹	< 1500
THG-Emissionen, produktbezogen	THG-Bilanz, je Getreideeinheit	kg CO _{2 eq} GE ⁻¹	< 35
THG-Emissionen, produktbezogen	THG-Bilanz, je GJ Energiebindung	kg CO _{2 eq} GJ ⁻¹	< 15

Die Bewertungskriterien des Tierwohls nach dem Welfare Quality® Protocol for Cattle (WQ®) sind in Kapitel 4.7, die vorgefundene Haltungssituation der Tiere in den Kapiteln 4.4 und Kapitel 4.5 und zur Medikation in Kapitel 4.8 ausführlich erläutert. Nachfolgend werden die Situation der Tiere auf den Betrieben auf Basis dieser Daten beschrieben und Maßnahmen abgeleitet, um das Tierwohl zu verbessern. Beides wurde auch auf den Betrieben diskutiert. Die Ergebnisse der Tierwohlbewertung nach dem Welfare Quality® Protocol und die hypothetischen Verbesserungen durch verbessertes Management werden auf Ebene der Tierwohlkriterien in Netzdiagrammen dargestellt. Zur Darstellung potentieller Effekte von Managementänderungen wurde nur die Bewertung bei den Parametern verändert und auf 100 Score Punkte (bzw. beste Bewertung) gesetzt, bei denen bei der aktuellen Beurteilung weniger als 55 Punkte („akzeptable“ oder „nicht klassifizierte“ Situationen) erreicht wurden. Das Gesamtergebnis für die Bewertung bei den Tierwohlkriterien wurde dann jeweils neu berechnet und als Ergebnis des ausgewählten Szenarios für das Tierwohl dargestellt. In den Netzdiagrammen, die zur Illustration der Ergebnisse auf den Betrieben genutzt wurden und die im Tierwohl-Tool-Milchvieh für die Beratung optimierten wurden (vgl. Kapitel 4.9), wird weiteres Optimierungspotential deutlich.

Ökonomische Auswirkungen

Die ökonomische Analyse der Szenarien zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls erfolgte in drei Schritten. Zunächst wurden im Rahmen von Betriebsbesuchen Kennzahlen zur Struktur

und Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Produktion erhoben (Erträge, Preise, Kosten und Arbeitsschritte der einzelnen Produktionsverfahren sowie Angaben zur Rechts- und Betriebsform, zu den Produktionsfaktoren sowie zur strategischen Ausrichtung). Die Erhebung beschränkte sich auf den Acker- und Futterbau sowie die Tierhaltung. Dauer- und Sonderkulturen wurden nicht im Detail erfasst. Die Erhebung basierte unter anderem auf Angaben aus den Jahresabschlüssen, der Betriebsbuchführung und mündlichen Angaben der Betriebsleiter.

Anschließend wurden die Daten digitalisiert, in eine Datenbank eingespeist und mithilfe des einzelbetrieblichen Simulationsmodells COMPAS ausgewertet (Landert et al., 2020). Die durchgeführte Analyse des Status quo umfasste eine Leistungs-Kostenrechnung der einzelnen Produktionsverfahren sowie eine ökonomische Bewertung des Gesamtbetriebs. Im nächsten Schritt wurden die Ergebnisse der Optimierungsworkshops operationalisiert und für jeden Betrieb ein Optimierungsszenario definiert. Hierzu erfolgte zunächst eine Spezifizierung der Input- und Output-Koeffizienten des Modells, die sich durch die Maßnahmen ändern. Die dabei unterstellten Annahmen basierten auf dem Expertenwissen der Projektpartner, Angaben der Landwirte, Produktionskennzahlen vom KTBL sowie Preisdaten von der Agrarmarkt Informations-Gesellschaft (AMI). Die mit Hilfe von COMPAS durchgeführte Analyse des Optimierungsszenarios umfasste eine Berechnung und Bewertung der Änderungen auf Verfahrensebene. Bei der abschließenden Gesamtbewertung wurden soweit möglich die Auswirkungen ähnlicher Maßnahmen, die auf verschiedenen Betrieben untersucht wurden, miteinander verglichen.

4.10.3 Ergebnisse der Betriebsoptimierung

4.10.3.1 Pilotbetrieb PB 33, Region West

4.10.3.1.1 Kennzeichnung des Betriebes

Der biologisch-dynamisch wirtschaftende Milchvieh-Gemischtbetrieb PB 33 (Tabelle 4.10-2) liegt in der Region West (Ost-Westfalen, Bergisches Land) 380 m über NN. Das feucht-kühle Klima und die heterogenen Böden mit z. T. geringer Bodenwertzahl begrenzen das Ertragsniveau im Ackerbau. 31 % der LN werden als Grünland genutzt.

Tabelle 4.10-2: Standortbedingungen, Betriebsstruktur und Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 33 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 33
Standortbedingungen		
Region		Ost-Westfalen, Bergisches Land
Höhenlage	m NN	380
Niederschlag	mm a ⁻¹	1.090
Jahresdurchschnittstemperatur	°C	7,3
Bodenart		sL bis T
Bodenwertzahl		42 (25 – 65)
Betriebsstruktur		
Landbau, Anbauverband		ökologisch, Demeter
Betriebsform		Milchvieh-Gemischtbetrieb
Tierbesatz	GV ha ⁻¹	0,4
Milchkühe	Anzahl	50
Nutzfläche (LN)	ha	203
Ackerland (AL)	% der LN	69
Getreide	% des AL	52
Luzerne-Klee gras	% des AL	26
Körnerleguminosen	% des AL	10
Ölfrüchte	% des AL	9
Untersaaten	% des AL	8
Zwischenfrüchte	% des AL	10
Fruchtartendiversität	Index	2,86
Erträge und Leistungen		
Getreideeinheiten-Ertrag	GE ha ⁻¹ LN	32
Energiebindung	GJ ha ⁻¹ LN	84
Winterweizen-Korn-Ertrag	dt FM ha ⁻¹	45
Luzerne-Klee gras-Ertrag	dt FM ha ⁻¹	305
Grünland-Ertrag	dt FM ha ⁻¹	300
Tierhaltung		
Milchleistung pro Kuh	kg ECM	6.750
Erstkalbealter	Monate	33,1
Zwischenkalbezeit	Tage	405
Nutzungsdauer	Monate	36,0
Laktationszahl	Anzahl	2,7

Der Milchvieh-Gemischtbetrieb hält 50 Milchkühe mit Nachzucht und in geringem Umfang Schweine für die Direktvermarktung. Der Tierbesatz beträgt 0,4 GV je ha. Die Rinder haben im Sommer ganztägig Weidegang. Aus extensiv genutzten Grünlandflächen wird Gras an einen Nachbarbetrieb verkauft; überschüssige Grünlandaufwüchse werden gemulcht.

Betriebswirtschaftliche Kennzahlen des Betriebes sind der Tabelle 4.10-3 zu entnehmen. Der Betriebsleiter hat klar formulierte Betriebsziele und -strategien, die er langfristig verfolgt. Hierzu zählen die Gestaltung möglichst geschlossener Stoffkreisläufe und die Fütterung mit eigenerzeugtem Futter.

Tabelle 4.10-3: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 33 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 33
Arbeitskräfte		
Familien-AK (nicht entlohnt)	AK	2,0
Abhängig Beschäftigte	AK	3,9
Nichtlandwirtschaftlicher Bereich		Hofladen, Ölmühle
Umsatz und Erlöse Landwirtschaft		
Milchwirtschaft	%	61
Schlachttiere	%	13
Ackerbau	%	25
Rahmenbedingungen		Pachtbetrieb
Betriebsziele		
– Ausbalancierung der natürlichen Leistungsfähigkeit von Boden, Pflanze, Tier und Mensch – möglichst geschlossener Stoffkreislauf – Wirtschaftlichkeit als Grundvoraussetzung, nicht als oberstes Ziel		
Betriebsstrategie		
– boden-, pflanzen- und tiergerechte Bewirtschaftung – stabile, 11-feldrige Fruchtfolge – Fütterung durch selbsterzeugtes Futter, weitgehend autarker Betrieb		

4.10.3.1.2 Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen

Pflanzenbau und Ressourceneffizienz

Der biologisch-dynamische Pilotbetrieb PB 33 erzielt bereits in der Ausgangssituation eine hervorragende Bewertung bei den ökologischen Indikatoren (Abbildung 4.10-3). Fast alle Indikatoren erreichen die Höchstbewertung, z. B. die Energieeffizienz, der Humussaldo, die Treibhausgasemissionen. Demnach besteht aus ökologischer Sicht kein oder nur geringer Optimierungsbedarf.

Allerdings sind die relativ geringen Ertragsleistungen (vor allem im Ackerfutterbau und auf dem Grünland) und die geringe Energiebindung auffallend (niedrige Bewertung im Netzdiagramm). Die Erträge sind nicht nur aufgrund der Standortpotenziale (geringe Bodenwertzahl, heterogene Böden, feucht-kühles Klima, vgl. Tabelle 4.10-2), sondern auch durch die geringe Bewirtschaftungsintensität begrenzt. So zeigt die Analyse der betrieblichen Stoffkreisläufe (Beispiel in Abbildung 4.10-4) geringe Nährstoffinputs und eine

negative P-Bilanz. Auch wenn die Ertrags- und Gewinnmaximierung kein vorrangiges Ziel des Betriebsleiters ist, sind Steigerungen von Futterertrag und Futterqualität auf dem Grünland anzustreben.

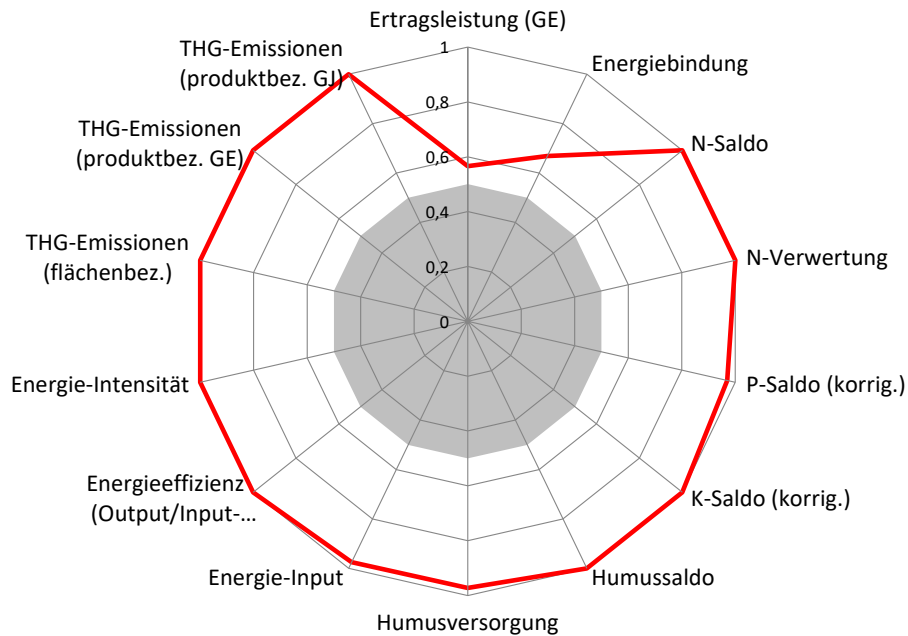


Abbildung 4.10-3: Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 33 (2009 – 2015).

Der betriebliche P-Kreislauf (Abbildung 4.10-4) weist einen P-Saldo von $-7,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ auf, was langfristig zu abnehmenden P-Gehalten im Boden führen wird. Es gibt nur wenige P-Zufuhren in den betrieblichen Stoffkreislauf durch den Futter- und Saatgutzukauf. Die mit den pflanzlichen und tierischen Marktpunkten exportierten P-Mengen übersteigen die P-Zufuhren deutlich.

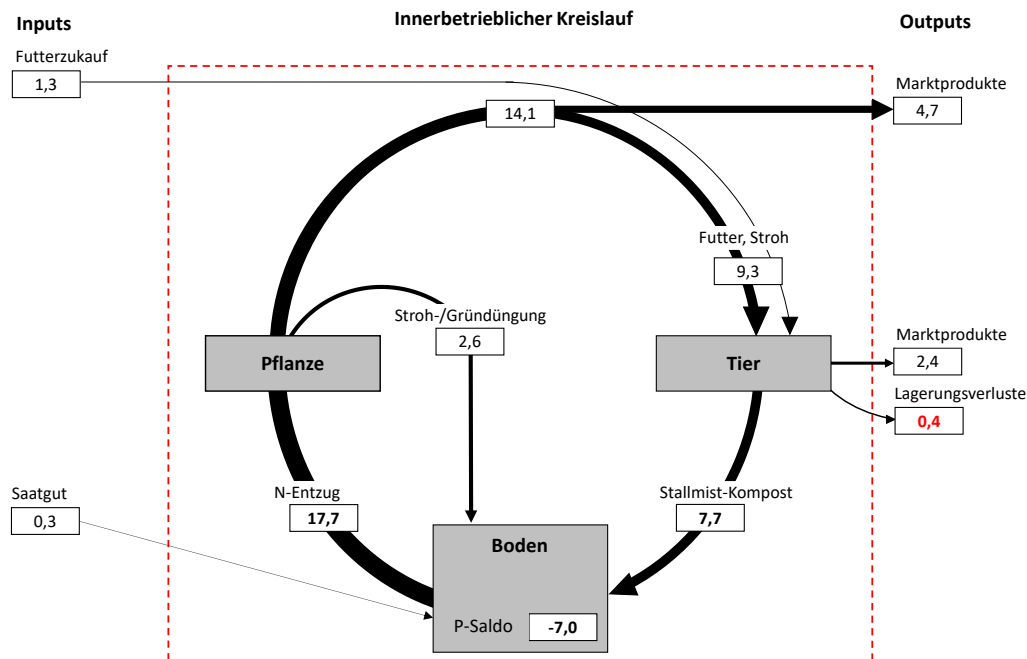


Abbildung 4.10-4: Phosphorkreislauf, Pilotbetrieb PB 33 (2009 – 2015).

In Tabelle 4.10-4 sind die Humus- und Nährstoffgehalte der Dauertestflächen dargestellt. Die P-Gehalte veränderten sich im Untersuchungszeitraum nur relativ wenig; auf einer Testfläche war eine Abnahme der P-Gehalte zu verzeichnen. Mehrere Flächen sind in der Gehaltsklasse B (niedriger P-Gehalt, erhöhter P-Düngebedarf, Bewertung nach VDLUFA, 2018). Hingegen stiegen auf den gleichen Flächen die C_{org} - und N_{org} -Gehalte. Allerdings ist anzumerken, dass der Untersuchungszeitraum zu kurz ist, um bewirtschaftungsbedingte Veränderungen der Humus- und Nährstoffversorgung der Böden sicher nachzuweisen.

Tabelle 4.10-4: Humus- und Nährstoffgehalte auf Dauertestflächen, Pilotbetrieb PB 33 (2009 – 2015)

Schlag	Bodentiefe (cm)	Jahr	P-Gehalt (mg (100 g) ⁻¹)	Gehaltsklasse	C_{org} -Gehalt (%)	N_{org} -Gehalt (%)
1 (AL)	0 – 30	2009	2,92	B	1,99	0,215
1 (AL)	0 – 30	2015	3,88	C	2,27	0,256
2 (AL)	0 – 30	2009	1,72	B	1,69	0,201
2 (AL)	0 – 30	2015	1,73	B	1,85	0,220
3 (AL)	0 – 30	2009	4,44	C	1,70	0,205
3 (AL)	0 – 30	2015	2,94	B	1,80	0,219
4 (AL)	0 – 30	2009	2,36	B	1,61	0,202
4 (AL)	0 – 30	2015	2,42	B	1,83	0,224
5 (GL)	0 – 10	2009	2,37	B	3,32	0,360
5 (GL)	0 – 10	2015	3,75	C	4,19	0,438
5 (GL)	10 – 30	2009	0,94	A	1,73	0,214
5 (GL)	10 – 30	2015	1,42	B	2,58	0,306

Die langjährigen Humusbilanzen des Betriebes (nicht dargestellt) ergaben einen mittleren Humus-C-Saldo von 125 kg ha⁻¹ a⁻¹. Dies entspricht Versorgungsstufe C (optimal) und stimmt gut mit Messergebnissen auf den Dauertestflächen überein. Ursachen für die positive Humusbilanz sind der geringe Humusbedarf in der Fruchtfolge (wenig humuszehrende Fruchtarten) und die Zufuhr organischer Substanz durch Klee-grasanbau und Stallmistdüngung.

Milchviehhaltung

Einen Überblick zum Haltungssystem gibt Tabelle 4.10-5. Der Betrieb erreichte im Referenzjahr 2014/2015 eine Jahresmilchleistung von 6.566 kg ECM je Tier bei einem Fettgehalt von 4,2 % und Eiweißgehalt von 3,4 %. Anhand des Protein-/Harnstoffverhältnis in der Milch ist die Fütterung als ausgeglichen und leistungsgerecht zu bewerten. Allerdings wiesen 26,8 % der MLP-geprüften Tiere im letzten Laktationsdrittel einen Energieüberschuss auf. Der Anteil eutergesunder Kühe (< 100.000 somatische Zellen pro ml) lag im Mittel bei 26 %, der Anteil euterkranker Kühe (> 400.000 somatische Zellen pro ml) betrug 28 %. Die Ergebnisse der MLP-Berichte weisen auf eine schlechte Eutergesundheit der Färsen hin (72 % der Färsen mit Zellzahl > 100.000 pro ml). Übereinstimmend gab der Betriebsleiter im Interview die Eutergesundheit (subklinische Mastitiden), aber auch subklinische Ketosen und die Klauengesundheit als Problemfelder an. Auf Gesundheitsprobleme wurde mit alternativen Heilmethoden (Homöopathie, Akupunktur) und Veränderungen im Management reagiert. Aus der Auswertung der Arzneimittelanwendungen geht hervor, dass wenig Tierarzneimittel eingesetzt wurden. Mastitisbehandlungen lagen mit Behandlungsinzidenzen zwischen 0 und 2 % auf sehr niedrigem Niveau. In der Trockenstehzeit wurden Zitzenversiegler in unterschiedlichem Maße (Behandlungsinzidenzen von 17-47 %, Milchjahre 2011-2015), antibiotische Trockensteller nur im Milchjahr 2012 eingesetzt (Behandlungsinzidenz 12 %). Sonstige Erkrankungen traten nur sporadisch auf. Gebärparesen wurden in jedem Jahr mit Calcium-Lösung behandelt (geringe Behandlungsinzidenzen mit 2,0 bis 8,4 %).

Tabelle 4.10-5: Übersicht zum Haltungssystem, Pilotbetrieb PB 33

Haltungssystem	– Zweiflächen-Tiefstreu-System mit planbefestigten Laufflächen, z. T. mit zusätzlichem Auslauf – automatischer Mistschieber im Stall, Auslauf per Hand abgeschoben – laktierende Kühe in 2 Haltungsgruppen, trockenstehende Kühe in Herde integriert – Einstreu: Liegefläche zweimal täglich (Langstroh, ca. 15 kg/Tier und Tag)
Fütterung	– Grundfutter, Winter: Klee-grassilagen, Heu, Sommer: ganztägiger Weidegang (Kurzrasen-Umtriebsweide), zu Melkzeiten zusätzlich Klee-grassilagen oder frisches Grün-futter – 176 bzw. 209 Tage Weide für laktierende bzw. trockenstehende Kühe – individuelle Kraftfuttergabe am Futtertisch (60 bis 70 % Getreide und Erbse, z. T. Rapskuchen) ab einer täglichen Milchleistung > 16 kg
Kälber und Jungvieh	– JV Kat. 0: Einzelboxen., Kat. 1 u. 2: Einflä-chen-Tiefstreu, JV Kat. 3: Zweiflächen-Tiefstreu-System mit planbefestigten Laufflächen, Kat. 4: bei Trockenstehern – 209 Tage Weidegang für JV Kat. 3 und 4

Die Beurteilung des Tierwohls lag im Winter im überdurchschnittlichen und im Sommer nur im akzeptablen Bereich (Abbildung 4.10-5).

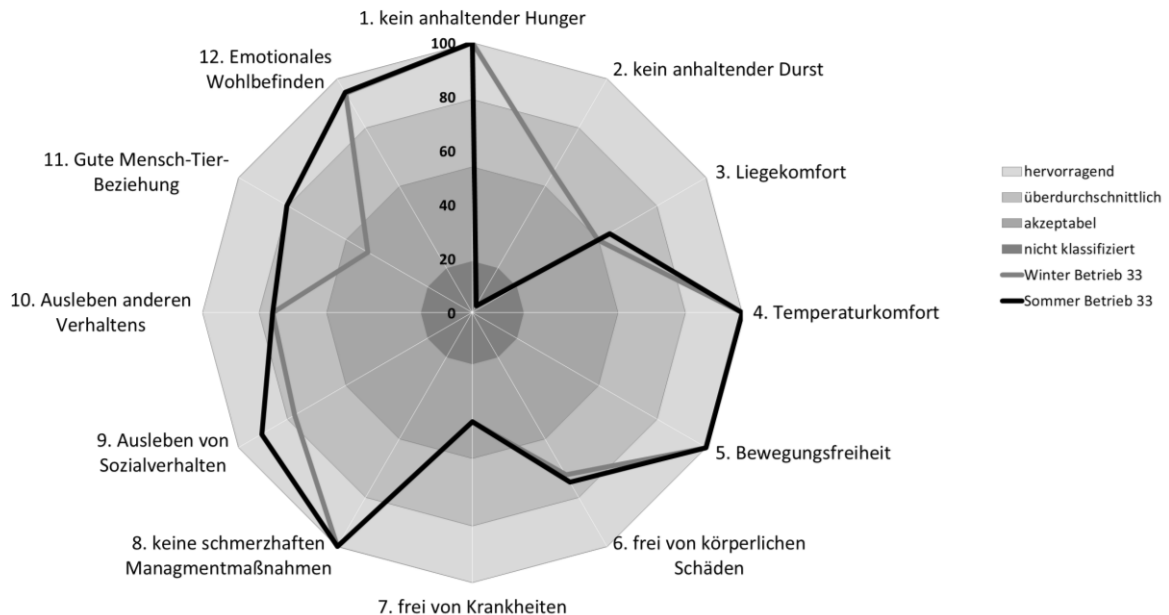


Abbildung 4.10-5: Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 33, Ausgangssituation.

Schwachstellen gab es beim Kriterium „frei von Krankheiten“. Hier waren im Winter hauptsächlich Mastitis, festliegende Kühe und Nasenausfluss, im Sommer Mastitis und Durchfall problematisch. Im Winter traten vermehrt festliegende Kühe auf. Beim Kriterium „kein anhaltender Durst“ wurden Abzüge vorgenommen, da die Tränkeversorgung auf der Weide nicht ausreichend war. Im Winter war für eine Hal- tungsgruppe nur eine Trogränke vorhanden, jedoch sollten die Tiere zu mehr als einer Tränkestelle Zu- gang haben. Der vor allem im Winter hohe Anteil an verschmutzten Tieren verschlechtert die Bewertung im Kriterium „Liegekomfort“. Die Verschmutzungsgrad der Laufflächen war beim älteren Jungvieh und den Milchkühen bei den Betriebsbesuchen hoch.

Optimierungspotenzial beim Tierwohl

Zur Verbesserung des Tierwohls sollte die Tränkeversorgung auf der Weide verbessert werden. Es wird empfohlen, den Tieren Zugang zu mindestens zwei Tränkestellen zu ermöglichen. Verschiedene Maß- nahmen sind denkbar, um eine geringere Verschmutzung der Tiere zu erreichen, was sich positiv auf die Eutergesundheit auswirken könnte. Im Bereich der planbefestigten Laufflächen wäre ein häufigeres Ab- schieben der Flächen hilfreich, würde aber einen erhöhten Arbeitsaufwand bedeuten. Im Laufe der Pro- jektzeit hat der Betrieb eine neue Einstreumaschine angeschafft, was ein gleichmäßigeres Einstreuen und eine geringere Verschmutzung der Tiere bewirken dürfte. Eine geringere Staubbelastung beim Ein- streuen könnte darüber hinaus einen positiven Effekt auf die Atemwegsgesundheit der Tiere haben.

Hinsichtlich der festliegenden Tiere könnte oral verabreichtes Calcium um den Zeitpunkt der Kalbung herum eine wirksamere Milchfieberprophylaxe als die im Betrieb durchgeführte Gabe von Vitamin D3 vor der Kalbung darstellen. Zudem sollten in der Fütterung der Trockensteher Grassilagen mit einem möglichst geringen Anteil an Klee eingesetzt werden, um den Gehalt an Calcium in der Ration zu reduzieren. Auch wäre eine Zuteilung des Kraftfutters nicht nur nach Leistung, sondern auch nach Kondition der Tiere zum Ende der Laktation sinnvoll, um eine Überkondition der Tiere zum Trockenstellen zu vermeiden und das Risiko für Stoffwechselerkrankungen zu vermindern. Das Auftreten von Milchfieber könnte einen Grund für die Mastitisproblematik des Betriebes darstellen, da das Risiko von Euterentzündungen nach Milchfieber aufgrund eines schlechten Zitzenverschlusses achtmal höher liegt (FiBL et al., 2012). Im Sommer wurde kein vermehrtes Auftreten von festliegenden Tieren dokumentiert und auch die Verschmutzung der Tiere war gegenüber dem Winter verringert. Neben der Stallhygiene sollten mögliche Risikofaktoren für Euterentzündungen deshalb auch in anderen Bereichen (z. B. Melkhygiene) gesucht werden. Es könnte darüber hinaus sinnvoll sein, je nach Gehalt an somatischen Zellen in der letzten MLP vor dem Trockenstellen sowie den Ergebnissen des Schalmtests, zum Trockenstellen Milchproben zu gewinnen und bakteriologisch untersuchen zu lassen. Im Anschluss könnten bei eutergesunden Kühen Zitzenversiegler zum Trockenstellen eingesetzt werden, um neue Euterinfektionen vorzubeugen, während euterkrankte Kühe antibiotisch trockengestellt werden sollten (gegebenenfalls viertelspezifisch).

Der hohe Anteil an Färsenmastitiden deutet darauf hin, dass die Tiere bereits mit einer schlechten Euter-gesundheit in die Laktation starten, was z. B. mit ungünstigen Umweltbedingungen in der Aufzucht in Zusammenhang stehen könnte. Auch hier sollte stets für saubere und trockene Lauf- und Liegeflächen gesorgt werden, um den Keimdruck mit Umwelterregern zu senken. Generell sollte auf dem Betrieb 33 daher das Mastitis-Behandlungsmanagement kritisch überdacht und modifiziert werden.

4.10.3.1.3 Gesamtbetriebliches Optimierungsszenario zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls

Zusammenfassend sind die Schwachstellen dargestellt, die gesamtbetriebliche Bedeutung haben. So begrenzen die im Grünland erzielten geringen Futtererträge und -qualitäten die Leistungsfähigkeit der Milchviehhaltung (Tierbesatz, Milchleistung). Langjährig negative P-Bilanzen können ertragsbegrenzend wirken, und sollten daher vermieden werden. Beim Milchvieh kann die Tierwohlsituation bei moderater Steigerung der Milchleistung durch gezielte Maßnahmen verbessert werden.

Tabelle 4.10-6: Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 33

Pflanzenbau	– geringe Erträge und geringe Energiebindung – negativer P-Saldo, geringe Boden-P-Gehalte – geringe Futterqualität auf dem Grünland
Milchviehhaltung	– geringer Tierbesatz, Grünlandaufwuchs wird zum Teil gemulcht – geringe Milchleistung – Mastitis-Probleme – Wasserversorgung (v.a. auf der Weide) – Verschmutzung der Kühe – Festliegende Kühe

Im Dialog mit dem Betriebsleiter wurden die in Tabelle 4.10-7 aufgelisteten Maßnahmen und Strategien abgeleitet, die in Szenariorechnungen hinsichtlich ihrer potenziellen Wirkungen geprüft wurden.

Im Zentrum der Maßnahmen stehen die bessere Nährstoffversorgung als Grundlage für Ertragssteigerungen im Pflanzenbau, eine Intensivierung der Grünlandnutzung und ein verbessertes Grünlandmanagement, um über bessere Futterqualitäten höhere Milchleistungen aus dem Grundfutter zu realisieren. Die in Abschnitt 4.10.3.1.2 im Detail beschriebenen Potentiale zur Steigerung des Tierwohls sind zum Teil auch relevant für die Milchleistung, die Lebensdauer der Kühe, und damit letztlich auch für die Treibhausgasbilanz der Milchviehhaltung. Die angestrebte Ertrags- und Leistungssteigerung soll nicht zu Lasten der ökologischen Leistungen gehen, was anhand der ökologischen Indikatoren geprüft wird.

Tabelle 4.10-7: Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 33

Bereich	Maßnahmen	Ziele
Pflanzenbau	– Futter-Mist-Kooperation, überbetriebliches Nährstoffrecycling (Hühnertrockenkot) – Verwertung nicht benötigter Biomasse in einer Biogasanlage und Einsatz von Gärresten – Erhöhung des Leguminosenanteils und der N₂-Fixierleistung auf dem Grünland – Intensivierung der Grünlandnutzung, besseres Grünlandmanagement – Integration von Landsberger Gemenge und Anbau von Futterrüben (1,2 ha) in die Fruchtfolge	– bessere P-Versorgung und P-Bilanz – 10 % Ertragssteigerung (Getreide) – höhere N-Zufuhr, Ertragssteigerung – Steigerung des Grünlandertrags auf 400 dt ha⁻¹ – Ertrags- und Qualitätssteigerung auf dem Grünland – Erzeugung von Grundfutter mit hoher Energiekonzentration
Milchviehhaltung	– veränderte Futterration, höhere Energiezufuhr im Grundfutter, Einsatz von Heu – verbessertes Wasserangebot – verbessertes Einstreumanagement – Verbesserung der Eutergesundheit (Mastitis)	– Steigerung der Milchleistung um 500 kg a⁻¹ auf 7.250 kg a⁻¹ – Steigerung des Tierwohls und der Tiergesundheit

4.10.3.1.4 Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien

Die Gesamtdarstellung der zu erwartenden ökologischen Wirkungen (Abbildung 4.10-6) zeigt Verbesserungen bei den Indikatoren „Ertragsleistung (GE)“, „Energiebindung“ und „P-Saldo“, aber auch Verschlechterungen bei den Indikatoren „Energieinput“ und „Energieeffizienz“. Ein höherer Energieinput wird durch die Intensitätssteigerung auf dem Grünland, zusätzlichen Kraftstoffeinsatz für Transport und Ausbringung organischer Dünger (Futter-Mist-Kooperation, Gärresteinsatz) verursacht. Dennoch erscheint dieser Effekt vertretbar, zumal die flächen- und produktbezogenen Treibhausgas-Emissionen³ im optimalen Bereich bleiben.

Ein wesentliches ökologisches Bewertungskriterium der Milchviehhaltung ist die Treibhausgasemission pro Liter Milch. Bereits in Ausgangssituation zeichnete sich der Pilotbetrieb PB 33 durch vergleichsweise

³ Bei diesem Indikator sind die THG-Emissionen durch den Einsatz fossiler Energie einbezogen.

geringe THG-Emissionen aus (Abbildung 4.10-7). Die Milchleistung wird im Szenario durch die verbesserte Silagequalität und die zusätzlich angebauten Futterrüben bei verbesserter Eutergesundheit auf 7.250 kg Tier⁻¹ a⁻¹ ECM gesteigert. Aufgrund der Szenariorechnungen und Modellierung der Milchviehhaltung ist davon auszugehen, dass die Optimierungsmaßnahmen zu einer Leistungssteigerung ohne höhere produktbezogene THG-Emissionen führen würden.

Die Umsetzung der beschriebenen Maßnahmen zur Mastitis- und Milchfieberprophylaxe würden die vorgeschlagenen Optimierungsmaßnahmen ergänzen. Der Verschmutzung der Milchkühe und Färsen wird durch erhöhte Einstreumengen, eine erhöhte Einstreufrequenz und verbesserte Verteilung mit der neu angeschafften Einstreumaschine entgegengewirkt.

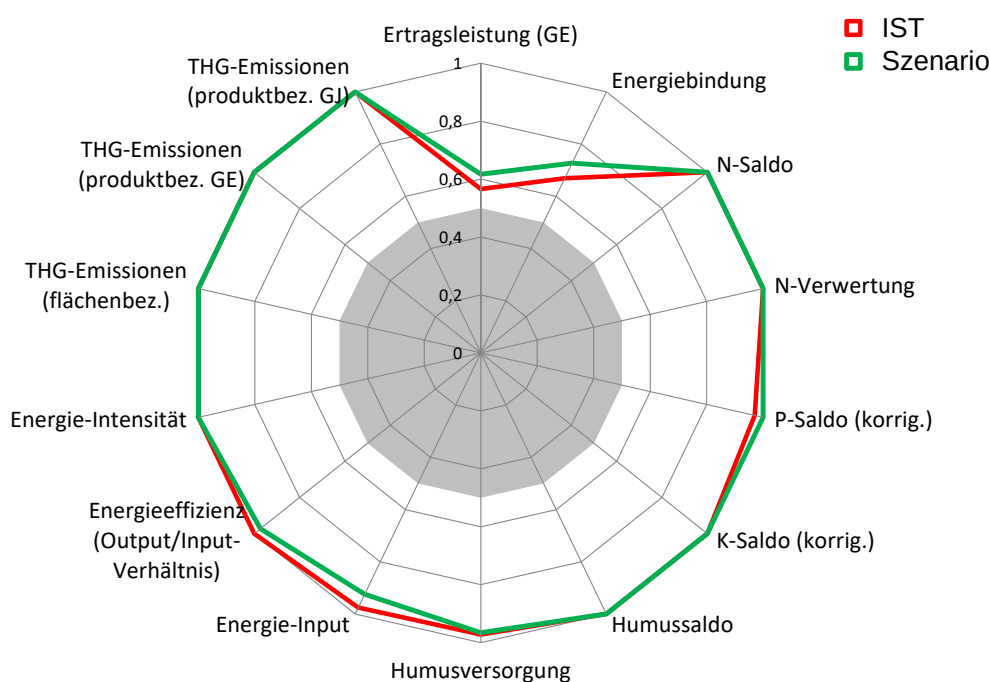


Abbildung 4.10-6: Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 33, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

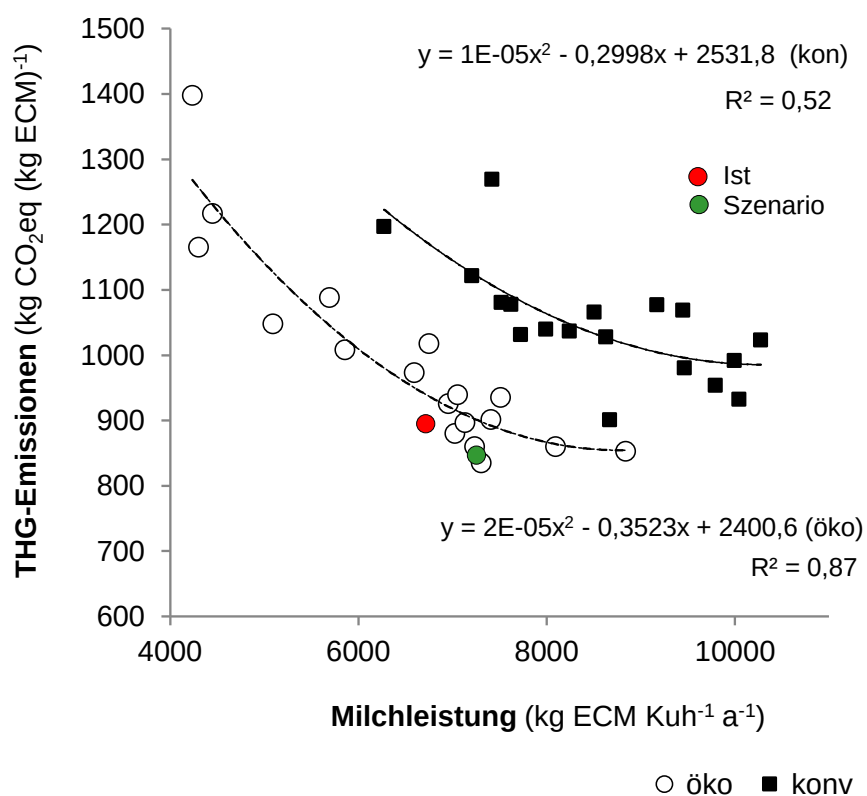


Abbildung 4.10-7: Beziehung zwischen Milchleistung und produktbezogenen THG-Emissionen, Betriebsvergleich, PB 33 ist farblich hervorgehoben.

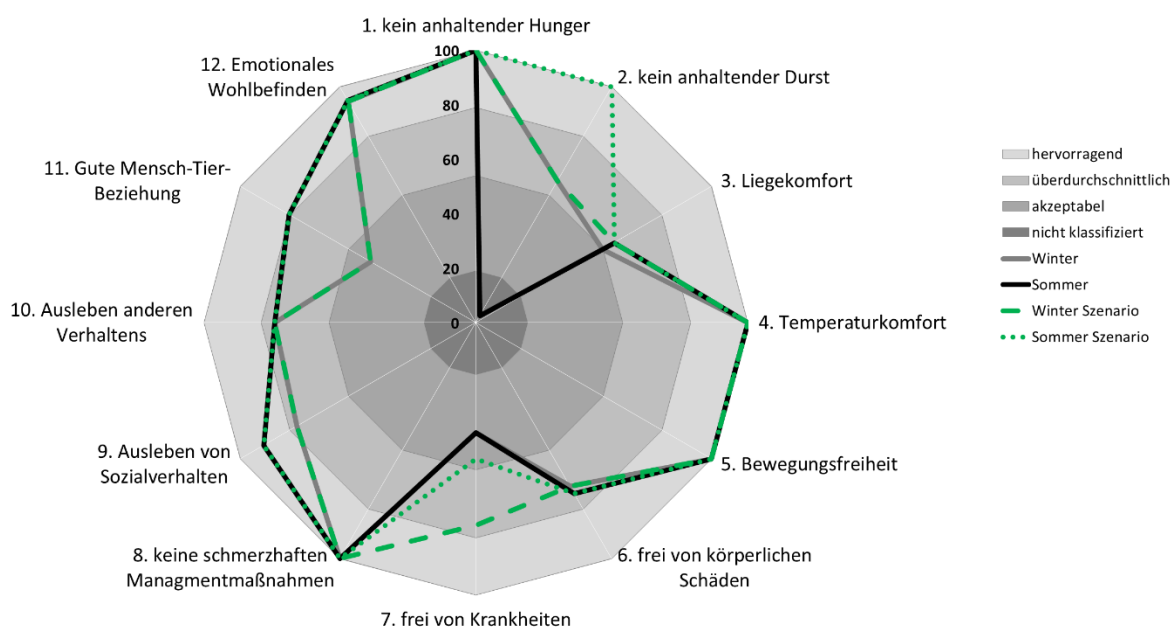


Abbildung 4.10-8: Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 33, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

Beim Tierwohl sind durch die vorgeschlagenen Maßnahmen Verbesserungen bei den Kriterien „frei von Krankheiten“ und „Abwesenheit von anhaltendem Durst“ zu erwarten und in der Grafik dargestellt (Abbildung 4.10-8). Auch bei der Bewertung des „Liegekomforts“ wären durch die angestrebte geringere Verschmutzung der Tiere noch bessere Bewertungen denkbar.

Ökonomische Auswirkungen

Die im Optimierungsszenario abgebildeten Maßnahmen führen zu höheren Direkt- und Arbeitserledigungskosten. So ist die Erhöhung des Leguminosenanteils und die Intensivierung der Grünlandnutzung mit weiteren Arbeitsschritten verbunden. Gleiches gilt auch für die Ausbringung des HTK-Düngers und der Gärreste aus der Biogasanlage sowie dem Anbau des Landberger-Gemenges. Die zusätzlichen Arbeiten führen ferner zu einem Anstieg der Maschinenkosten.

Eine weitere Änderung ergibt sich durch die Verminderung des Haferanbaus zugunsten der Produktion von Futterrüben für die Milchviehhaltung, da die Futterrüben einen niedrigeren Deckungsbeitrag haben. Insgesamt führen die verschiedenen Maßnahmen zu einem berechneten Anstieg der Produktionskosten um 57 € ha⁻¹. Die höhere Zufuhr von Nährstoffen sowie die energiereichere Futterration in der Milchviehhaltung resultieren auf der anderen Seite zu einem (potenziellen) Anstieg der Erträge im Pflanzenbau (+ 10 %) und der Milchleistung (+ 500 kg je Kuh). Geht man davon aus, dass die Erzeugnisse zu gleichen Bedingungen vermarktet werden können, nehmen die Erlöse deutlich stärker zu als die Kosten (+102 € ha⁻¹). Insgesamt kann der Betrieb demnach durch die verschiedenen Maßnahmen von einer Gewinnzunahme in Höhe von 45 € ha⁻¹ profitieren. Diese Zunahme ist insofern nicht überraschend, da die Optimierung in erster Linie auf eine Verbesserung der Ertragssituation abzielt und der Betrieb seine Produkte zu überdurchschnittlichen Erzeugerpreisen vermarkten kann.

Gesamtfazit: Die vorgeschlagenen Optimierungsmaßnahmen sind wirtschaftlich tragfähig und im Betrieb umsetzbar, mit zu erwartenden positiven Effekten auf den Gewinn.

4.10.3.2 Pilotbetrieb PB 43, Region West

4.10.3.2.1 Kennzeichnung des Betriebes

Der konventionell wirtschaftende Milchvieh-Gemischtbetrieb PB 43 (Tabelle 4.10-8) liegt im Bergischen Land, Ost-Westfalen, 380 m über NN (1.090 mm Jahresniederschlag, 7,3°C Jahresmitteltemperatur).

Tabelle 4.10-8: Standortbedingungen, Betriebsstruktur und Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 43 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	PB 43
Standortbedingungen		
Region		Ost-Westfalen, Bergisches Land
Höhenlage	m NN	380
Niederschlag	mm a ⁻¹	1.090
Jahresdurchschnittstemperatur	°C	7,3
Bodenart		L (sL bis L bis T)
Bodenwertzahl		40 (18 – 58)
Betriebsstruktur		
Landbau		konventionell
Betriebsform		Milchvieh-Gemischtbetrieb
Tierbesatz	GV ha ⁻¹	0,87
Rinder	Anzahl	100
Milchkühe	Anzahl	49
Nutzfläche (LN)	ha	107
Ackerland (AL)	% der LN	78
Getreide	% des AL	54
Hackfrüchte, Silomais	% des AL	12
Luzerne-Klee gras, Acker gras	% des AL	9
Körnerleguminosen	% des AL	7
Ölfrüchte	% des AL	18
Untersaaten	% des AL	0
Zwischenfrüchte	% des AL	0
Fruchtartendiversität	Index	1,95
Erträge und Leistungen		
Getreideeinheiten-Ertrag	GE ha ⁻¹ LN	70
Energiebindung	GJ ha ⁻¹ LN	166
Winterweizen-Korn-Ertrag	dt FM ha ⁻¹	85
Silomais-Ertrag	dt FM ha ⁻¹	520
Luzerne-Klee gras-Ertrag	dt FM ha ⁻¹	480
Grünland-Ertrag	dt FM ha ⁻¹	420
Tierhaltung		
Milchleistung pro Kuh	kg ECM	7.500
Erstkalbealter	Monate	33,0
Zwischenkalbezeit	Tage	403
Nutzungsdauer	Monate	32,0
Laktationszahl	Anzahl	2,4

Die klimatischen Bedingungen, das Relief und die Böden wechselnder Qualität (18 – 58 Bodenpunkte) begünstigen eine vielfältige Betriebsstruktur mit Milchviehhaltung, Acker- und Grünlandnutzung. Die landwirtschaftlichen Nutzflächen liegen zu 20 % im Wasserschutzgebiet, verbunden mit Nutzungseinschränkungen. Der Anteil an Pachtflächen beträgt 66 %. Der Betrieb hält im Mittel 49 Milchkühe mit Nachzucht; der Tierbesatz beträgt 0,87 GV ha⁻¹ LN. Die Rinder erhalten Weidegang.

Betriebswirtschaftliche Kennzahlen des Betriebes sind Tabelle 4.10-9 zu entnehmen. Der Betrieb erzielt nichtlandwirtschaftliche Erlöse aus der Ferienhausvermietung und aus einem landwirtschaftlichen Lohnunternehmen. Der Betriebsleiter hat das übergeordnete Betriebsziel, eine hohe Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten. Durch Diversifizierung der Produktion und optimale Kombination der Betriebszweige soll ein in sich stimmiges Betriebssystem gestaltet werden. Der Betrieb soll zukunftsfähig bleiben; wichtig sind dem Betriebsleiter schlanke und effiziente Betriebsabläufe, auch in der Milchproduktion.

Tabelle 4.10-9: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 43 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 43
Arbeitskräfte		
Familien-AK (nicht entlohnt)	AK	2,0
Abhängig Beschäftigte	AK	0
Nichtlandwirtschaftlicher Bereich		Lohnunternehmer, Ferienhäuser (ca. 50 % des Gesamteinkommens)
Umsatz und Erlöse Landwirtschaft		
Milchwirtschaft	%	49
Kälber, Schlachttiere	%	12
Ackerbau	%	39
Rahmenbedingungen		66 % Pachtflächen Anstehender Generationswechsel 20 % der Flächen im Wasserschutzgebiet
Betriebsziele		
– hohe Wirtschaftlichkeit – stimmiges betriebliches Gesamtbild, optimale Kombination der Betriebszweige		
Betriebsstrategie		
– Diversifizierung der Produktion – Arbeitsaufwand in der Milchviehhaltung geringhalten – schlanke und effiziente Betriebsabläufe		

4.10.3.2.2 Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen

Pflanzenbau und Ressourceneffizienz

Der Betrieb PB 43 erzielt in der Ausgangssituation die höchste Bewertung bei folgenden Indikatoren – „Humusversorgung“ und „Humussaldo“, „P-Saldo“ und „K-Saldo“, „Energiebindung“ und „produktbezogene THG-Emissionen“ (Abbildung 4.10-9). Den größten Optimierungsbedarf zeigen die Indikatoren „N-Saldo“, „Energie-Input“ und „flächenbezogene THG-Emissionen“ an.

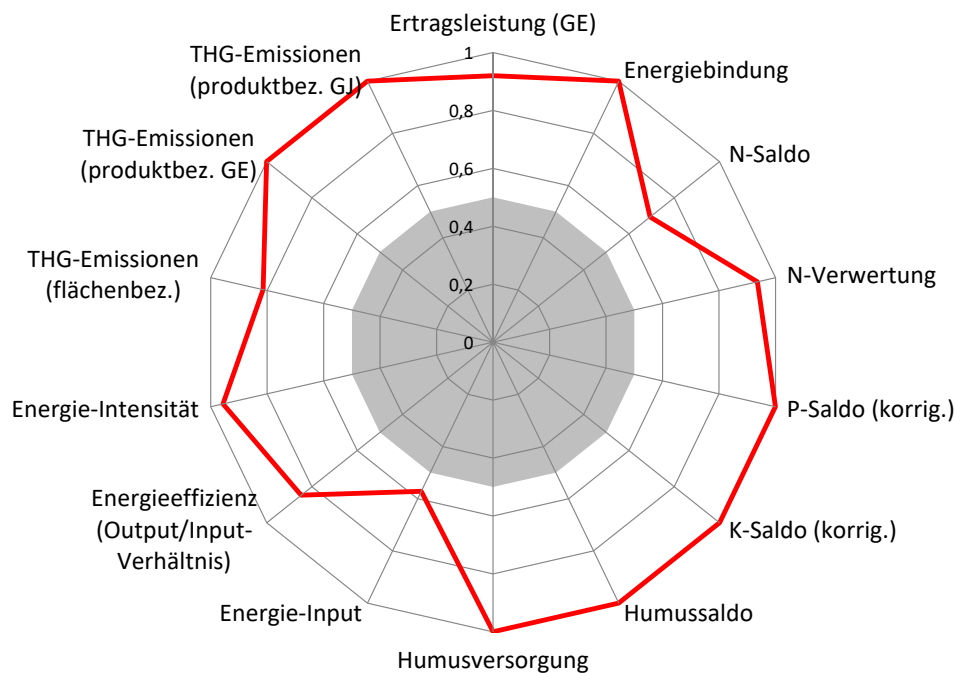


Abbildung 4.10-9: Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 43 (2009 – 2015).

Der Stickstoffkreislauf (Abbildung 4.10-10) zeigt in der Ausgangssituation hohe N-Salden ($80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$), das entspricht einer Nachhaltigkeitsbewertung von 0,69 nach der Bewertungsfunktion (vgl. Abbildung 4.10-2). Die N-Effizienz im Pflanzenbau beträgt 70 %. Wesentliche Ursachen für die hohen N-Salden sind:

- zu hohe Mineral-N-Gaben, bezogen auf den fruchtarten- und ertragsspezifischen N-Düngebedarf,
- zu wenig Berücksichtigung der organischen Dünger bei der Bemessung der Mineral-N-Gaben,
- zu geringe N-Effizienz auf dem Grünland.

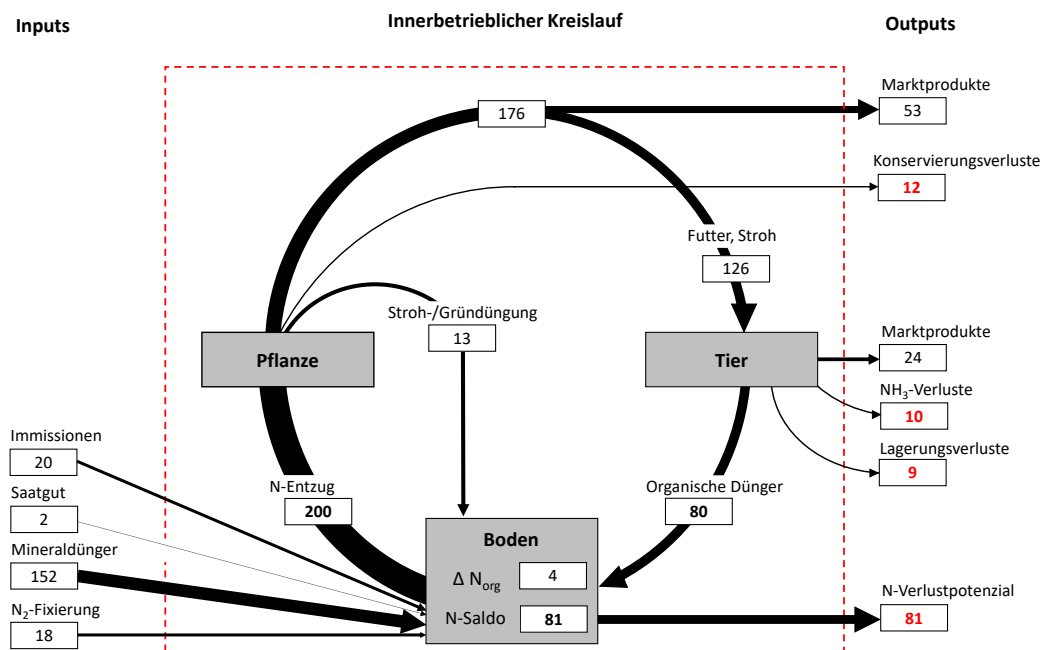


Abbildung 4.10-10: Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 43 (2009 – 2015).

Die Humussalden und die Humusversorgung (Versorgungsstufe C) des Betriebes PB 43 befinden sich im Optimalbereich (Abbildung 4.10-9, Tabelle 4.10-10). Der Humusbedarf ist moderat aufgrund des geringen Hackfruchtanteils. Die Humuszufuhr erfolgt im Wesentlichen über Stalldung- und Strohdüngung.

Tabelle 4.10-10: Humusbilanz (dynamische Humuseinheitenmethode), Angaben in kg Humus-C je ha Ackerland, Pilotbetrieb PB 43 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 43
Humusbedarf	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	-502
Humusersatzleistung	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	581
Humusmehrerleistung	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	58
Zufuhr organischer Dünger	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	523
Strohdüngung	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	167
Gründüngung	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	0
Stallmist	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	335
Gülle	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	20
Humussaldo	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	79
Versorgungsgrad	%	116
Versorgungsstufe		C

Milchviehhaltung

Einen Überblick zum Haltungssystem gibt die Tabelle 4.10-11.

Tabelle 4.10-11: Übersicht zum Haltungssystem, Pilotbetrieb PB 43

Haltungssystem	– Zweiflächen-Tiefstreu-System mit planbefestigten Laufflächen ohne Auslauf – Trockensteher abgeteilt z. T. gemeinsam mit Jungvieh – Einstreu: Liegefläche zweimal täglich (Kurzstroh, ca. 7,3 kg/Tier u. Tag)
Fütterung	– Sommer: zu den Melkzeiten Gras- und Maissilage, Weidegang: 174 Tage, Laktierende 16 h, Trockensteher 24 h, Umtriebsweide – Winter: Teil-TMR aus Gras-, Maissilage, Ackerbohnen, Winterweizen – Kraftfutter: tierindividuell per Hand am Futtertisch (50:50 Winterweizen, Wintergerste und Sojaöl)
Kälber und Jungvieh	– Haltung: Kat. 0: 10 bis 14 Tage in Einzelboxen, Kat. 1 u. 2: Einflächen-Tiefstreu-System, Kat. 3: bei Laktierenden, 75 Tage Weidegang, Kat 4: ausgelagert – Einstreu Kat. 0-2: Kurzstroh ca. 12,5 kg/Tier täglich

Im Betrieb PB 43 erzielten die Milchkühe im Milchjahr 2015 eine Milchleistung von 7.450 kg ECM pro Tier (4 % Fett, 3,4 % Eiweiß, gelieferte Milchmenge). Im Mittel der Jahre 2009-2015 betrug die Milchleistung 7150 kg Milch pro Tier. Diese Werte liegen im mittleren Bereich der analysierten konventionellen Betriebe. Der Betrieb ist keinem Landeskontrollverband angeschlossen und es wird keine Milchleistungsprüfung durchgeführt.

Auf dem Betrieb war eine hohe Anzahl der Behandlungen der Milchkühe gegen Mastitis auffällig (60 % bzw. 70 % der Tiere). In den Tanksammelmilchproben wurde der Grenzwert der Milchgüteverordnung (MGV) von 300.000 somatischen Zellen pro cm³ Tankmilch im Vorjahr des letzten Erhebungsbesuches in 26 % der Fälle überschritten. Beim Anteil der Tiere mit Nasen- und Augenausfluss, mit Schweregeburten, Festliegern und Tiere mit schwerer Mastitis wurden Alarm- und Warnwerte des Welfare Quality Protocol for Cattle für die Tiergesundheit überschritten. Im Winter fiel zudem eine Verschmutzung der Tiere in allen beurteilten Körperbereichen auf (Euter, Flanke, oberes und unteres Hinterbein). Bei den Betriebsbesuchen waren die Laufbereiche der Milchkühe und der Liegebereich der Altmelker und des Jungviehs (>14 Tage) verschmutzt, ebenso der Abkalbebereich (mittlere Verschmutzung, 3 auf Skala 0-5).

Auf dem Betrieb war das Platzangebot für die Milchkühe zu knapp bemessen (verfügbare Fressplatzbreite, Flächen im Liegebereich und Verkehrsflächen pro Tier). Vor allem in einem Teilbereich des Futtertisches ohne Fressgitter, an dem Nackenrohre angebracht waren, zeigten die Tiere agonistisches Verhalten (Kopfstöße, Abdrängen). Die Tränkwasserversorgung der Tiere war im Winter wie im Sommer hinsichtlich der Anzahl und/oder Breite der Tränken nicht ausreichend.

Die Gesamtbewertung des Tierwohls lag, beurteilt nach dem Welfare Quality® Protocol for Cattle (2009), im Winter und Sommer im akzeptablen Bereich. Abbildung 4.10-11 zeigt die Bewertung der einzelnen Kriterien. Das unzureichende Wasserangebot bedingt die negative Bewertung beim Kriterium „kein an-

haltender Durst“. Das Kriterium „Liegekomfort“ war durch die Verschmutzung der Tiere vor allem im Winter gemindert, wobei das gute Abliegeverhalten auf der frei eingestreuten weichen Liegefläche und beim Weidegang die Bewertung noch positiv beeinflusst. Während des Beurteilungszeitraums, nach der Wintererhebung wurde bei der Enthornung der Kälber mit Brennstab eine Schmerzmittelgabe eingeführt, so dass die Beurteilungswerte zum Kriterium „Keine schmerzhaften Managementverfahren“ im Sommer verbessert waren. Das Kriterium „Ausleben von Sozialverhalten“ wird durch das zu geringe Platzangebot für die Tiere ungünstig beeinflusst.

Ein Erklärungsansatz für den Nasen- und Augenausfluss ist laut Betriebsleiter die durch feuchte Erntebedingungen sehr schlechte Strohqualität der Einstreu in den Bewertungszeiträumen. Zur Mastitisdiagnose berichtete der Betriebsleiter, dass nach Sichtprüfung der Vormelkprobe Milchproben mastitisverdächtiger Tiere eingesandt werden. Bisher waren immer Umweltkeime die Ursache für den auffälligen Befund. Nicht kurierbare Tiere wurden in der letzten Zeit gemerzt und Färsen zugekauft, um den Bestand zu sanieren. Insgesamt zeigen die Werte und Maßnahmen aber, dass Hygiene- und Geburtsmanagement in der Milchviehhaltung kritisch überdacht werden müssen.

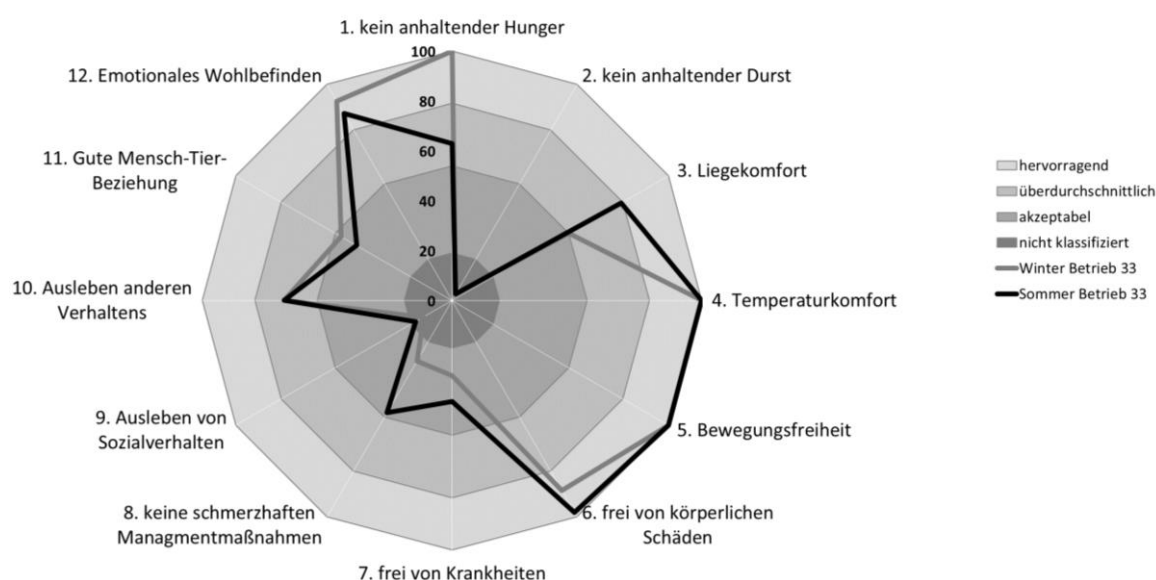


Abbildung 4.10-11: Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 43, Ausgangssituation.

Optimierungspotenzial beim Tierwohl

Aus den aufgezeigten Punkten leiten sich für Betrieb PB 43 zahlreiche Ansatzstellen ab, Tierwohl und Tiergesundheit zu verbessern. Bauliche Verbesserungen können Konkurrenzsituationen bei den Tieren entschärfen. Im Futtergang sollten durchgängig Fressgitter eingebaut und ein Tier-Fressplatzverhältnis von 1:1 erreicht werden. Im Stall und auf der Weide sollten zusätzliche Tränkestellen eingerichtet werden. Mit der Installation einer Kuhbürste könnte der Verschmutzung der Tiere auch im oberen Bereich entgegengewirkt werden. Unterstützend sollten im Winter das Abschiebeintervall auf den Laufflächen erhöht sowie Qualität und Menge der Stroheinstreu verbessert werden. Ggf. verringert sich durch die verbesserte Strohqualität auch Nasen- und Augenausfluss der Tiere. Den laktierenden Tieren sollte durch Umstallung mehr Platz zur Verfügung gestellt und dazu das Jungvieh und ggf. die Trockensteher anderweitig untergebracht werden. Andernfalls müsste die Tierzahl insgesamt verringert werden. Alle Maßnahmen, die auf eine Reduktion der Verschmutzung der Tiere abzielen (v.a. der Euterverschmutzung), könnten positiv bezüglich des Auftretens von Mastitis wirken. Für die Identifizierung und Therapie von Mastitis und zur Optimierung der Fütterung wäre es wichtig, lückenlos Daten auf Einzeltierebene zu erfassen. Zusätzlich sollten die Hygiene im Melkbereich verbessert und euterkrankte Tiere konsequent antibiotisch trockengestellt werden. Bei eutergesunden Tieren sollten Zitzenversiegler eingesetzt werden, um eine Neuinfektion während der Trockenstehphase zu vermeiden. Die Hygiene im Abkalbebereich sollte verbessert werden, um damit auch das Risiko für Gebärmutterentzündungen zu senken. Verbesserungen bei der Problematik festliegender Tiere könnten positiv auf die Eutergesundheit wirken, da bei Milchfieber das Risiko für Euterentzündungen wegen eines schlechteren Zitzenschlusses achtmal höher ist.

Da eine Erkrankung an Milchfieber unter anderem auch das Risiko von Nachgeburtsverhaltungen und Gebärmutterentzündungen sowie Euterentzündungen erhöht, sollten neben dem Einsatz von calciumarmen Mineralfutter während der Trockenstehphase unbedingt weitere Maßnahmen zur Milchfieberprophylaxe ergriffen werden. So könnte es hilfreich sein, älteren Tieren und Tieren mit Milchfieberproblemen bei der letzten Kalbung (Risikotiere) oral Calcium um die Geburt zu verabreichen (flüssig, gelförmig oder Bolus). Zusätzlich sollte die Fütterung während der Trockenstehphase optimiert werden. Zum einen sollte in der ersten Phase der Trockensteherfütterung bei Verfütterung der Teil-TMR der laktierenden Tiere eine Reduktion der Energiedichte (z. B. durch den Einsatz von Stroh) auf 5,2 bis 5,5 MJ NEL kg⁻¹ TS angestrebt werden. Zum anderen könnte ein früherer Beginn der Vorbereitungsfütterung (z. B. 14 statt 5 Tage vor der Kalbung) in Hinblick auf das Auftreten von Stoffwechselerkrankungen von Vorteil sein.

Die Fütterung der laktierenden Kühe weist Optimierungspotential auf. So deuten die Gehalte an Milchlactose und -protein in der Tankmilch auf einen Proteinmangel während der Stallfütterung im Winter hin. Um eine bedarfsgerechte Ration zusammenzustellen, sollten die Nährstoffgehalte der eingesetzten Grundfuttermittel stets analysiert und nicht Standardwerte verwendet werden. Gegebenenfalls könnte es sinnvoll sein, Proteinkonzentrate einzusetzen oder durch das Erntemanagement zu versuchen, die Qualität der Grassilagen zu verbessern. Daneben könnten bauliche Änderungen am Futtertisch ein ruhigeres Fressen der Kühe erlauben und somit eine verbesserte Futteraufnahme zur Folge haben. Beim Enthornen der Kälber könnten durch eine zusätzliche Betäubung der Tiere die Werte beim Tierwohl-Kriterium „Keine schmerzhaften Managementverfahren“ verbessert werden (Abbildung 4.10-11).

4.10.3.2.3 Gesamtbetriebliches Optimierungsszenario zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls

Zusammenfassend sind die Schwachstellen im Pflanzenbau und in der Milchviehhaltung in Tabelle 4.10-12 dargestellt. Schwerpunkt im Pflanzenbau ist die Optimierung der N-Düngung, um die N-Salden zu vermindern. In der Milchviehhaltung geht es primär um die Erhöhung des Tierwohls in den angegebenen Bereichen. In Abstimmung mit dem Betriebsleiter wurden bei der Futterproduktion und in der Milchviehhaltung eine Vielzahl kleinerer Maßnahmen (z. B. bauliche Maßnahmen, Verbesserung der technischen Ausstattung, organisatorische Maßnahmen und optimiertes Management) abgeleitet, die aber alle einer gesamtbetrieblichen Strategie folgen und sich ergänzen sollen.

Tabelle 4.10-12: Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 43

Pflanzenbau	– zu hoher N-Saldo, zu geringe N-Effizienz im Pflanzenbau – Futterqualität auf dem Grünland zu gering
Milchviehhaltung	– Tiergesundheit muss verbessert werden – Optimierungspotenzial besteht insbesondere bei den Indikatoren: ○ Wasserversorgung ○ Liegekomfort/Platzangebot im Stall ○ Frei von Krankheiten (v.a. Mastitis, Festlieger) ○ Enthornungspraxis (im Jahr 2014/15) ○ Fütterung

Tabelle 4.10-13: Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 43

Bereich	Maßnahmen	Ziele
Pflanzenbau	– bedarfsgerechte Mineral-N-Düngung (ertrags- und qualitätsabhängig) – Optimierung der N-Gaben nach Menge, Düngerqualität und Termin	– Einsparung von Mineral-N – Verminderung der N-Salden, Erhöhung der N-Effizienz
	– Optimierung der Schnittzeitpunkte auf dem Grünland (früherer Schnitt, 4 Schnitte) – Erhöhung des Silo-Lagerraums – bessere Silo-Entnahmetechnik (Schneidegerät)	– Erhöhung der Grobfutterqualität – bessere und eiweißreiche Silage
Milchviehhaltung	– Optimierung der Fütterung – besseres Einstreustroh verwenden, Staubbelastung beim Einstreuen vermindern – Grasbestände jünger beweiden, mehr Energie in der Weideperiode	– Steigerung der Milchleistung um 500 kg a⁻¹ auf 8.000 kg a⁻¹
	– bauliche Verbesserungen im Haltungssystem: ○ Tränkezahl erhöhen ○ Kuhbürsten installieren ○ Freßgitter verlängern (kein Nackenrohr) ○ Enthornung mit Schmerz- und Betäubungsmitteln	– Verbesserte Tiergesundheit und Tierwohl
	– Milchleistungsprüfung einführen	– Selektion und Therapie verbessern

4.10.3.2.4 Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien

Die Gesamtdarstellung der zu erwartenden ökologischen Wirkungen (Abbildung 4.10-12) zeigt deutliche Verbesserungen bei den Indikatoren „N-Saldo“ und „N-Verwertung“. In geringerem Umfang sind Verbesserung bei den Indikatoren „Energie-Input“, „Energie-Intensität“ und „Energieeffizienz“ sichtbar.

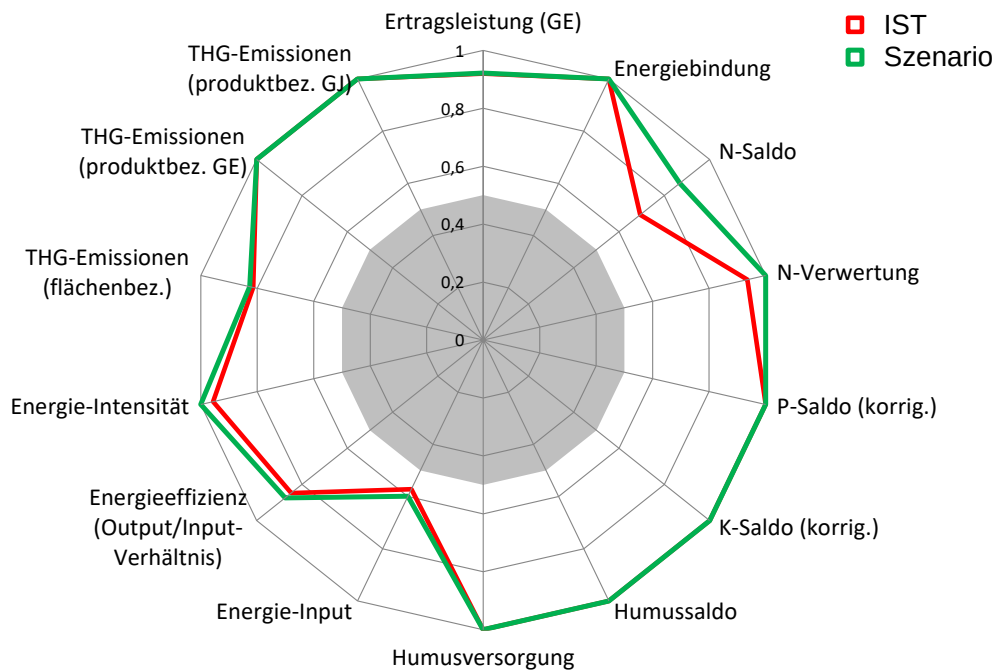


Abbildung 4.10-12: Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 43, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

Milchproduktion

Durch häufigere und frühere Schnitte im Grünland (4 Schnitte) kann hochwertige Grassilage in die Fütterung der Milchkühe eingesetzt werden. Durch die Einführung der MLP wird eine gezielte Fütterung und ein konsequentes Gesundheitsmanagement ermöglicht. Auch bieten die vorgeschlagene verbesserte Tränkewasserversorgung, die größere Ruhe beim Fressen durch die Umbauten am Futtertisch, sowie das verbesserte Hygiene- und Gesundheitsmanagement bei den Tieren optimale Voraussetzungen, das Leistungspotential zu verbessern. Im angenommenen Szenario steigt dadurch die Milchleistung im Mittel um 500 kg Milch (ECM) pro Tier und Jahr.

Die Treibhausgasmissionen pro kg Milch sinken durch die Maßnahmen bei gleichzeitig erheblichen Verbesserungen in der Tierwohlbewertung von 1.055 auf 1.025 g CO₂-Äquivalent pro kg ECM (vgl. Abbildung 4.10-35).

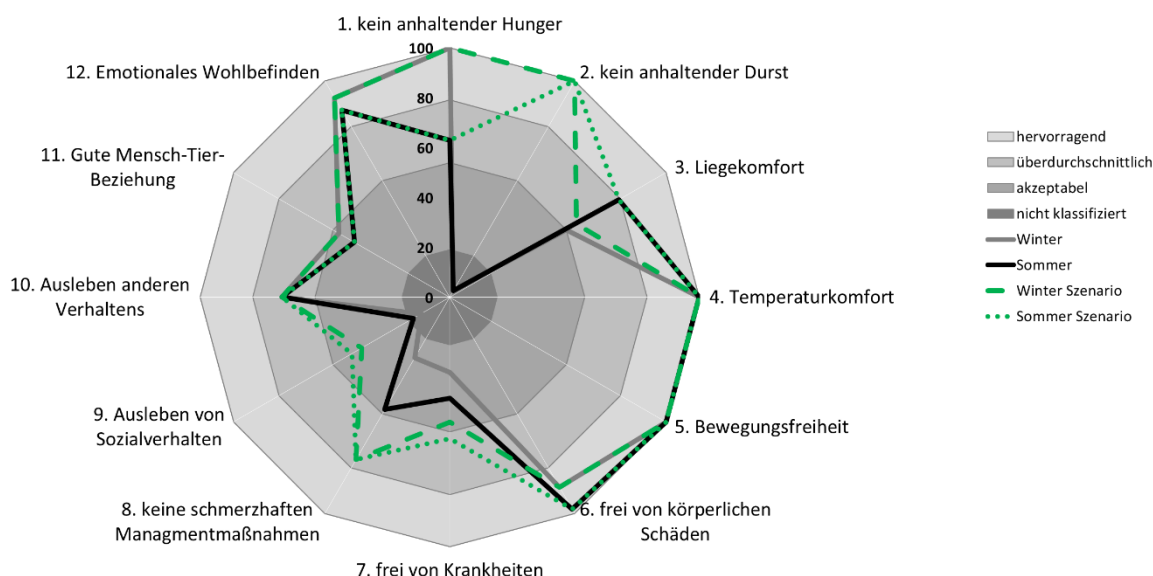


Abbildung 4.10-13: Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 43, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

Beim Tierwohl sind durch die vorgeschlagenen Maßnahmen auf Betrieb 43 Verbesserungen bei den Kriterien „Abwesenheit von anhaltendem Durst“, „frei von Krankheiten“, „keine schmerzhaften Managementmaßnahmen“ und „Ausleben von Sozialverhalten“ zu erwarten und in die Grafik eingetragen (Abbildung 4.10-13). Auch bei der Bewertung des „Liegekomforts“ wirkt sich die angenommene geringere Verschmutzung der Tiere durch die Maßnahmen im Szenario leicht aus.

Ökonomische Auswirkungen

Durch die im Szenario unterstellte bedarfsgerechte Düngung sinken der Umfang der eingesetzten Düngemittel und in Folge dessen die Düngerkosten um 10 € ha⁻¹. Da gleichzeitig angenommen wurde, dass die Erträge konstant bleiben, führt die Maßnahme im Ackerbau zu einer entsprechenden Erhöhung der Deckungsbeiträge.

Die intensivere Nutzung des Grünlands führt in einer Erhöhung der Maschinenkosten um 109 € ha⁻¹. Steigenden Kosten der Futterproduktion stehen eine Verminderung der zugekauften Futtermittel, eine bessere Futterqualität und eine höhere Milchleistung gegenüber. Zu letzterem trägt auch die erwartete Verbesserung der Tiergesundheit in Folge der baulichen Maßnahmen sowie der Einstieg in die MLP bei. Beides bedingt zwar einen Anstieg der Produktionskosten in der Milchviehhaltung; geht man aber davon aus, dass die Milchleistung um 500 kg je Tier erhöht und die Milch für 37 Cent je kg vermarktet werden kann, führt dies zu einer Erlössteigerung um 185 € je Tier. Insgesamt profitiert der Betrieb durch die verschiedenen Maßnahmen und kann seinen Gewinn gemäß den Berechnungen um 67 € ha⁻¹ steigern.

4.10.3.3 Pilotbetrieb PB 73, Region Nord

4.10.3.3.1 Kennzeichnung des Betriebes

Der ökologisch wirtschaftende Milchvieh-Gemischtbetrieb PB 73 (Tabelle 4.10-14) liegt in der Küstenregion Norddeutschlands (Nordwest-Mecklenburg) 68 m über NN (533 mm Jahresniederschlag, 8,4°C Jahresmitteltemperatur). Die Lehm Böden haben wechselnde, aber hohe Qualität. Die Bodenwertzahl beträgt im Mittel 53 (40 – 60). 96 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche sind Ackerland.

Tabelle 4.10-14: Standortbedingungen, Betriebsstruktur u. Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 73 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 73
Standortbedingungen		
Region		Nordwest-Mecklenburg
Höhenlage	m NN	68
Niederschlag	mm a ⁻¹	536
Jahresdurchschnittstemperatur	°C	8,4
Bodenart		sL
Bodenwertzahl		53 (40 – 60)
Betriebsstruktur		
Landbau, Anbauverband		ökologisch, Biopark
Betriebsform		Milchvieh-Gemischtbetrieb
Tierbesatz	GV ha ⁻¹	0,25
Milchkühe	Anzahl	227
Nutzfläche (LN)	ha	1299
Ackerland (AL)	% der LN	96
Getreide	% des AL	58
Hackfrüchte	% des AL	4
Luzerne-Kleegras, Ackergras	% des AL	19
Körnerleguminosen	% des AL	17
Ölfrüchte	% des AL	2
Untersaaten	% des AL	7
Zwischenfrüchte	% des AL	18
Fruchtartendiversität	Index	2,95
Erträge und Leistungen		
Getreideeinheiten-Ertrag	GE ha ⁻¹ LN	33
Energiebindung	GJ ha ⁻¹ LN	70
Winterweizen-Korn-Ertrag	dt FM ha ⁻¹	37
Luzerne-Kleegras-Ertrag	dt FM ha ⁻¹	360
Grünland-Ertrag	dt FM ha ⁻¹	300
Tierhaltung		
Milchleistung pro Kuh	kg ECM	8.900
Erstkalbealter	Monate	27,1
Zwischenkalbezeit	Tage	414
Nutzungsdauer	Monate	27,1
Laktationszahl	Anzahl	2,0

Der Betrieb hält im Mittel 227 Schwarzbunte Milchkühe mit Nachzucht. Der Tierbesatz beträgt 0,25 GV ha⁻¹. Tabelle 4.10-14 zeigt die mittleren Kenndaten der Produktion von 2009-2015.

Betriebswirtschaftliche Kennzahlen des Betriebes sind der Tabelle 4.10-15 zu entnehmen. Übergeordnetes Ziel des Betriebes ist es, eine nachhaltige Bewirtschaftung im Gesamtbetrieb zu erreichen. Die ökologische Nachhaltigkeit soll durch ökologischen Landbau, breit gefächerte Fruchtfolgen, eigenerzeugte Futtermittel und Klimaschutzprojekte erreicht werden. Ein wesentlicher Aspekt der sozialen Nachhaltigkeit ist die Bereitstellung von Arbeitsplätzen in der Region. Gewinne sollen erzielt werden, jedoch steht die Gewinnmaximierung nicht im Vordergrund.

Tabelle 4.10-15: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 73 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 73
Arbeitskräfte		
Abhängig Beschäftigte	AK	18,2
Umsatz und Erlöse Landwirtschaft		
Milchwirtschaft	%	44
Kälber, Schlachttiere	%	4
Ackerbau	%	52
Rahmenbedingungen		Eigentumsflächen
Betriebsziele		
– Ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltiger Gesamtbetrieb		
Betriebsstrategie		
– Ökologie: breit gefächerte Fruchtfolge, möglichst selbst erzeugte Futtermittel, Klimaschutzprojekte		
– Soziales: Arbeitsplätze in der Region schaffen und erhalten		
– Ökonomie: Gewinne erzielen, aber nicht maximieren		

4.10.3.3.2 Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen

Pflanzenbau und Ressourceneffizienz

Im Pilotbetrieb PB 73 sind bei der Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit kaum Schwachpunkte auszumachen (siehe Netzdiagramm in Abbildung 4.10-14). Fast alle Indikatoren erreichen die Höchstbewertung, mit Ausnahme der ertragsbezogenen Indikatoren „Ertragsleistungen“, „Energiebindung“ und „Energieeffizienz“.

Die relativ geringen Erträge sind nicht nur standortbedingt (die geringen Niederschlagsmengen wirken ertragsbegrenzend), sondern auch auf die geringe N-Verfügbarkeit in der Fruchtfolge aufgrund des geringen N-Inputs (begrenzte N₂-Fixierleistung, geringer Tierbesatz) sowie den Anbau von Körnerleguminosen (Lupinen) mit geringem Ertragspotenzial zurückzuführen.

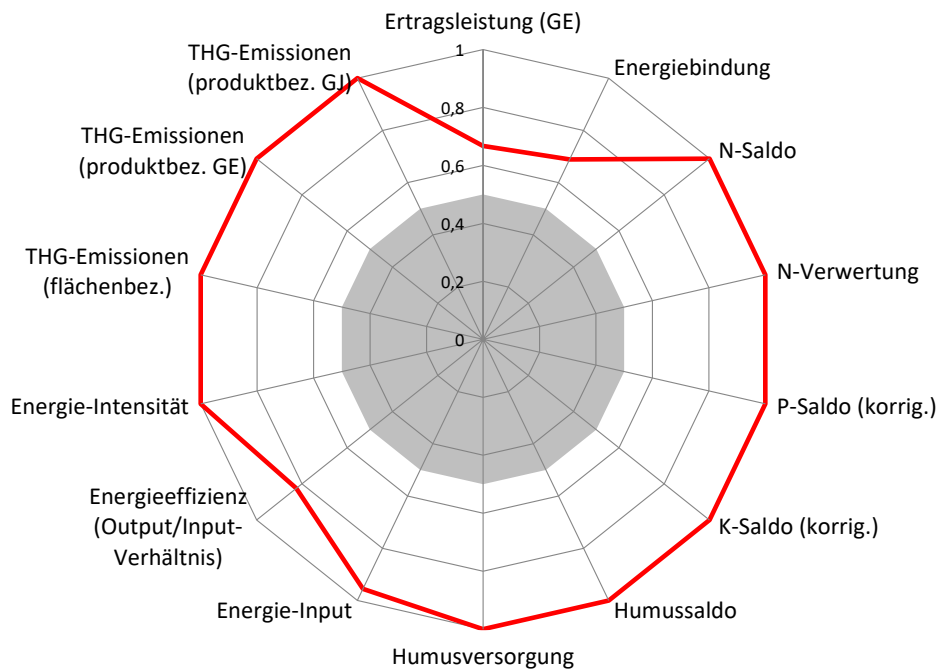


Abbildung 4.10-14: Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 73 (2009 – 2015).

Der N-Kreislauf (Abbildung 4.10-15) zeigt, dass der Betrieb weitgehend N-autark wirtschaftet. Der wichtigste N-Input in das Betriebssystem ist die N_2 -Fixierung der Leguminosen ($56 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$). Der Futter-Zukauf beträgt $9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (im Vergleich dazu eigene Futterproduktion $30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$). Die N-Düngung ist auf niedrigem Niveau; aufgrund des geringen Tierbesatzes stehen nur $24 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ in den organischen Düngern der Milchviehhaltung zur Verfügung. Der Betrieb verzichtet auf den Zukauf von N-Düngemitteln. Insgesamt ist der N-Kreislauf als extensiv zu bewerten. Der N-Saldo ist auf relativ niedrigem Niveau ($23 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$), die N-Effizienz des Pflanzenbaus beträgt 79 %. Aufgrund der positiven Humusbilanz ist eine N_{org} -Akkumulation zu erwarten.

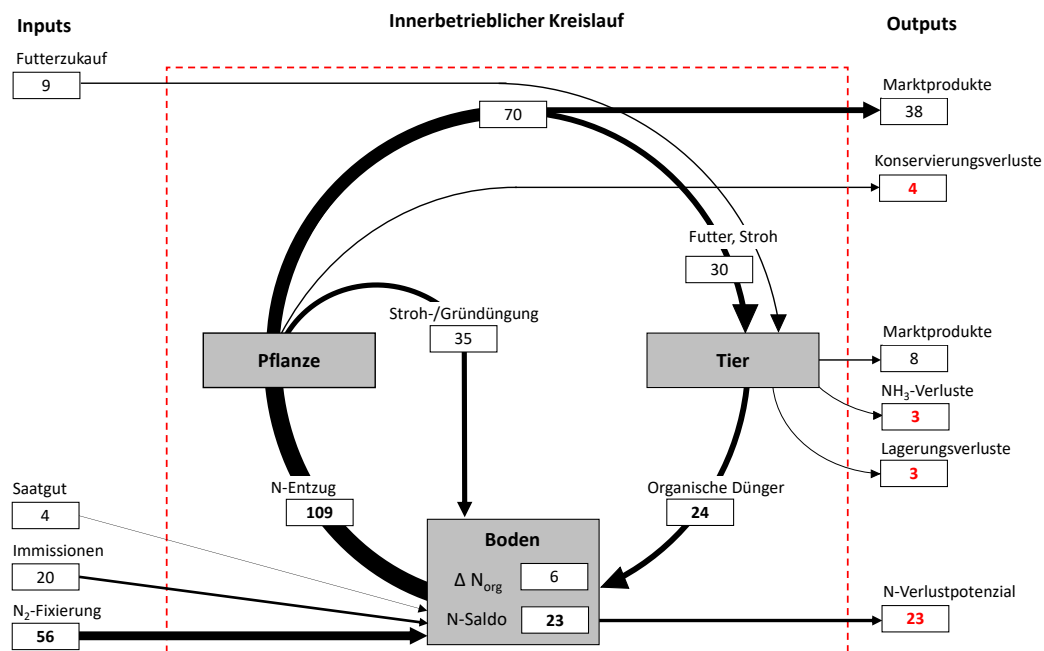


Abbildung 4.10-15: Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 73 (2009 – 2015).

Milchviehhaltung

Im Betrieb PB 73 hatten die Tiere im Milchjahr 2015 eine Leistung von 8.089 kg ECM pro Tier (3,75 % Fett, 3,06 % Eiweiß). Im Mittel der Untersuchungsjahre 2009-2015 betrug die Milchleistung 9450 kg ECM pro Tier. Diese Milchleistung ist die zweithöchste Leistung in der Gruppe der ökologischen Pilotbetriebe. Im Milchjahr 2015 wurde die Fütterungsintensität (auch aufgrund der intensiven Betreuung im Rahmen des Projektes) im Vergleich zu den Vorjahren deutlich abgesenkt, um die Gesundheitssituation der Tiere zu verbessern.

Einen Überblick zum Haltungssystem gibt die Tabelle 4.10-16.

Tabelle 4.10-16: Übersicht zum Haltungssystem, Pilotbetrieb PB 73

Haltungssystem	– Laktierende Tiere: Liegeboxenlaufstall mit Spaltenboden und befestigtem Auslauf – Trockensteher und Jungvieh Kat. 4: Liegeboxenlaufstall, planbefestigt Gummimatten mit Faltschieber – Alle: hochgelegte Tiefboxen mit Stroh-Mist Matratze
Fütterung	– TMR aus Klee gras- und Maissilage, Stroh, Getreide, Erbsen und Lupinen, z. T. Sonnenblumenkuchen – zwei Leistungsgruppen bis/nach 120 – 150. Laktationstag – Weidegang 200 Tage: Laktierende 6 h pro Tag, Standweide, Trockensteher 24 h Umtriebsweide
Kälber und Jungvieh	– Haltung: Kat. 0: Einzel-, Gruppeniglu, Kat. 1: Einflächen-Tiefstreu-System, Kat. 2: Zweiflächen-Tiefstreu-System, Kat. 3 und 4: Boxenlaufstall mit Spalten, Kat. 4: bei Trockenstehern – Einstreu, Stroh geschnitten: Kat. 0 - 1: 1,3 kg je Tier und Tag, Kat. 1 - 3: 4,8 kg je Tier zweitägig – Weidegang für JV Kat.4 200 Tage/24h

Bei Fütterung der Tiere fiel auf, dass in der Mischung der Grundfutterkomponenten der TMR nicht über 6 MJ NEL kg⁻¹ erreicht wurde. Die Kraftfutteranteile betrugen in der ersten Leistungsgruppe bis zu 44 % der Trockenmasse. Nach den Orientierungswerten für die Wasserversorgung der Tiere standen vor allem im Sommer unzureichende Tränkelängen bzw. zu wenige Tränkestellen zur Verfügung. In der Milch lag nach MLP ganzjährig ein geringer Proteingehalt vor, besonders im Winterhalbjahr waren die Harnstoffwerte sehr gering (bis zu 90 % der Tiere < 150 ppm). Der Anteil an Färsen, die im Erstgemelk > 100.000 somatische Zellen pro ml aufwiesen, war im Vergleich der Pilotbetriebe überdurchschnittlich hoch. Der Betriebsleiter berichtete, dass viele Tiere aufgrund von Mastitisproblemen gemerzt wurden. Bei den Milchkühen lagen im Erhebungszeitraum hohe Mortalitätsraten vor, über den Warnwerten waren auch Anteile für Schweregeburten und festliegende Kühe. Ebenso wurde verstärkt Nasen- und z. T. Augen- und Scheidenausfluss bei den Tieren beobachtet. Nach den Anwendungs- und Abgabebelegen wurden relativ häufig Zyklusstörungen therapiert.

Bei der Tierbeurteilung wurden hohe Anteile verschmutzter Tiere gefunden, im Sommer an Hinterbein und Euter, im Winter auch an weiteren Körperbereichen. Im Winter hatten 9 % der Tiere eine zu geringe Körperkondition, 8 % der Tiere wurde als überkonditioniert bestimmt. 91 % der Tiere zeigten haarlose Stellen und Verletzungen und 12 % der Tiere waren lahm. Auffällig war auch die lange Abliegedauer der Tiere (7,3 Sekunden) bei der Wintererhebung im Stall.

Die Herde wurde zunehmend auf hornlose Genetik umgestellt. Bei den behornen Kälbern wurden im Erhebungszeitraum bei der Enthornung im Sommer Betäubung und Schmerzmittel eingesetzt, im Winterhalbjahr zuvor noch nicht. Diese Aspekte erklären den Verlauf der Werte für die Tierwohlkriterien in Abbildung 4.10-16.

Bei den Milchkühen und Trockenstehern wurde z. T. ein Tier Fressplatzverhältnis von ca. 0,8 am Fressgitter und von 0,6 am Nackenrohr vorgefunden. Die Lauflächen waren mittel bis stark verschmutzt (3 - 5). Das Platzangebot in Stall- und Auslauf war beim Jungvieh Kat. 1, 3 (nur die Auslauffläche) und beim Jungvieh Kat. 4, gemessen an den Vorgaben der EU Öko-VO, unzureichend. Die Verschmutzung der

Haltungsflächen und der Tiere in Kat. 3, 4 und z. T. auch in Kat. 2 war auffällig. Tierzahl oder Platzangebot und Einstreumanagement sollten angepasst werden.

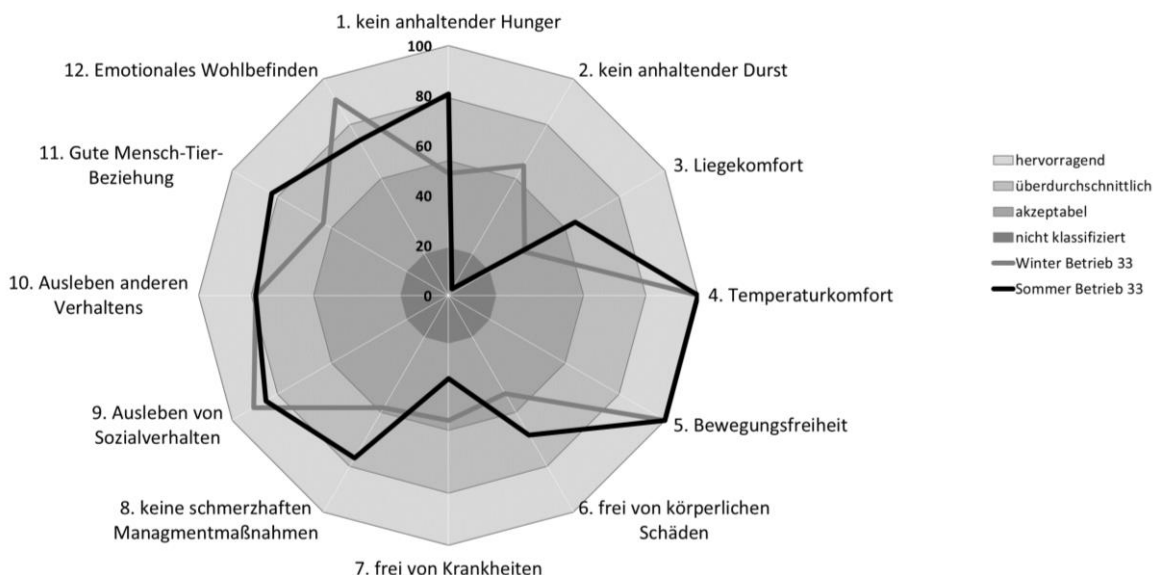


Abbildung 4.10-16: Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 73, Ausgangssituation.

Optimierungspotenzial beim Tierwohl

Insgesamt hat der Betrieb in der Fütterung Probleme mit der ausreichenden Energieversorgung der Tiere. Hier müssten die Grundfutterqualität und -aufnahme verbessert werden. Zur weiteren Verbesserung der Kraftfutterqualität könnten Lupinen und Erbsen thermisch behandelt werden, um den UDXP-Anteil zu erhöhen oder UDXP-reiche Kraftfuttermittel dazugekauft werden (z. B. Biertreber). Durch eine Verbesserung der Energiebilanz in der Fütterung könnten die Körperkondition der Tiere verbessert und ggf. auch Fruchtbarkeitsproblemen entgegengewirkt werden. Eine deutliche Erweiterung des Tränkewasserangebots auf der Weide und eine leichte Anpassung der Tränkezahlen bzw. -längen im Stall wäre sinnvoll.

Durch Erneuerung der Stroh-Mist-Matratze, häufigeres Einstreuen und die Anschaffung eines Spaltenroboters könnten die Verschmutzung der Tiere und der Keimdruck mit Umweltkeimen im Stall reduziert werden. Ggf. ist dadurch ein positiver Effekt für die Eutergesundheit zu erwarten. Bei der Stalleinrichtung wurden die Pilzbügel als unvorteilhaft für ein berührungsfreies Ablegen der Tiere angesehen. Die zum Teil vorhandenen Nackenrohre am Futtergang und Fressgitter sollten hinsichtlich ihrer Einstellung überprüft werden und stets mindestens ein Tier-Fressplatzverhältnis von 1:1 vorhanden sein. Einzelne lockere Spaltenelemente sollten zur Verringerung von Klauenverletzungen festgelegt werden.

Die zuletzt genannten Maßnahmen dienen der Verbesserung des Liegekomforts (incl. Sauberkeit) der Tiere, senken die Verletzungsgefahr und ggf. das Auftreten von Lahmheiten und Mastitis und verbessern die Widerstandskraft und Leistungsfähigkeit der Tiere. Auch eine Verringerung der Tierzahl im Stall würde für alle genannten Punkte förderlich sein. Durch ein verbessertes Platzangebot im Stall könnte

noch weniger agonistisches Verhalten der Tiere auftreten und auch die Futteraufnahme verbessert werden. Auch beim Jungvieh muss auf ein ausreichendes Platzangebot geachtet werden und z. B. die Größe des Auslaufs mit den flexiblen Abtrennungen jeweils besser angepasst werden.

Hinsichtlich der Mastitishäufigkeit gab der Betriebsleiter an, bereits Maßnahmen für ein verbessertes Management eingeleitet zu haben (Schalmtest, Zellzahlmessgerät, Erregerbestimmung incl. Antibiotika-Resistenz). Auch solle vermehrt Homöopathie eingesetzt werden. Zur Verringerung der Zahl der festliegenden Tiere sollen calciumreduziertes Mineralfutter, K-arme Grassilagen und saure Salze in der Vorbe-reitungsfütterung eingesetzt werden. Zusätzlich wurde besprochen, Zitzenversiegler zum Trockenstellen zu verwenden und bei Risikotieren zusätzlich um die Geburt oral Calcium zu verabreichen.

4.10.3.3.3 Gesamtbetriebliches Optimierungsszenario zur Verbesserung der Ressourc-effizienz und des Tierwohls

Zusammenfassend sind die Schwachstellen im Pflanzenbau und in der Milchviehhaltung in Tabelle 4.10-17 sowie die abgeleiteten Maßnahmen und Strategien in Tabelle 4.10-18 dargestellt. Schwerpunkte im Pflanzenbau sind die Intensivierung des betrieblichen Stickstoffkreislaufs und damit die bessere N-Versorgung der Kulturpflanzen, eine deutliche Steigerung der Grobfutterproduktion (Silomais, Klee-gras) zur Versorgung der wachsenden Tierbestände, die Reduzierung des Körnerleguminosenanbaus (Lupinen, Erbsen) aufgrund zu geringer und stark schwankender Erträge.

Im Mittelpunkt der Maßnahmen in der Milchviehhaltung steht ein Stallneubau für die Milchkühe, wodurch die Haltungsbedingungen grundlegend verbessert und die Anforderungen an das Tierwohl erfüllt werden. Es wird hierbei unterstellt, dass die Leistung der Milchkühe gleichbleibt.

Tabelle 4.10-17: Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 73

Pflanzenbau	– zu wenig Stickstoff im betrieblichen N-Kreislauf, Stickstoff als ertragsbegrenzender Faktor – Körnerleguminosen (Lupinen) mit stark schwankenden Erträgen
Milchvieh-haltung	– Energiekonzentration im Futter zu gering – geringe Nutzungsdauer der Milchkühe – Mastitis-Probleme, auch Probleme mit Festliegen und Gebärmutterentzündungen

Der Stallneubau würde die Voraussetzungen für eine deutliche Aufstockung des Tierbestandes schaffen sowie die derzeit im Altbau beengte Haltungssituation der Tiere und die hygienische Situation wirksam verbessern. Melkende Tiere und Melkbereich sollten dabei im Neubau untergebracht werden, der Altbau für die Trockensteher und Nachzucht ertüchtigt werden.

Tabelle 4.10-18: Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 73

Bereich	Maßnahmen	Ziele
Pflanzenbau	– Anbaufläche von Körnerleguminosen verringern (- 100 ha)	– Ertragssteigerung der Fruchtfolge
	– Maisanbaufläche und Klee grasfläche erhöhen (+ 100 ha)	– Futterversorgung der Tierbestände – bessere Grundfutterqualität (höhere Energiekonzentration)
Milchviehhaltung	– Milchviehbestand aufstocken um 150 Kühe (und anteilige Nachzucht) bei gleicher Milchleistung	– Produktions- und Erlössteigerung in der Milcherzeugung – Intensivierung des betrieblichen Nährstoffkreislaufs
	– Neubau Milchviehstall als Laufstall für 180 Kuhplätze (einschließlich Güllelager, Melktechnik, Futterlager, Auslauf), 18er Melkkarussell	– optimale Haltungsbedingungen, Förderung des Tierwohls, längere Nutzungsdauer der Milchkühe
	– Altstall: Altmelker (90 Tiere) + Trockensteher (60) + Erstkalber, – alter Melkstand zu Abkalbebox, Krankbox – Nackenriegel durch Freßgitter ersetzt	– bessere Haltungsbedingungen, Förderung des Tierwohls

4.10.3.3.4 Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien

Die Optimierungsmaßnahmen führen gegenüber der Ausgangssituation zu einer Intensivierung des innerbetrieblichen N-Kreislaufs (Abbildung 4.10-17):

- die N₂-Fixierleistung bleibt gleich (weniger Körnerleguminosen, aber mehr Klee gras),
- es steht mehr Wirtschaftsdünger zur Verfügung (Anstieg der N-Düngung von 24 auf 40 kg ha⁻¹),
- der N-Entzug steigt auf 120 kg ha⁻¹ durch den Anbau ertragsstärkerer Fruchtarten.

Durch die bessere Stickstoffversorgung besteht auch das Potenzial für weitere Ertragssteigerungen, insbesondere bei den Kulturarten, die organisch gedüngt werden. Dies blieb bei der Modellierung des N-Kreislaufs und bei der Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit (Abbildung 4.10-18) unberücksichtigt, so dass die positiven Gesamteffekte möglicherweise unterschätzt werden.

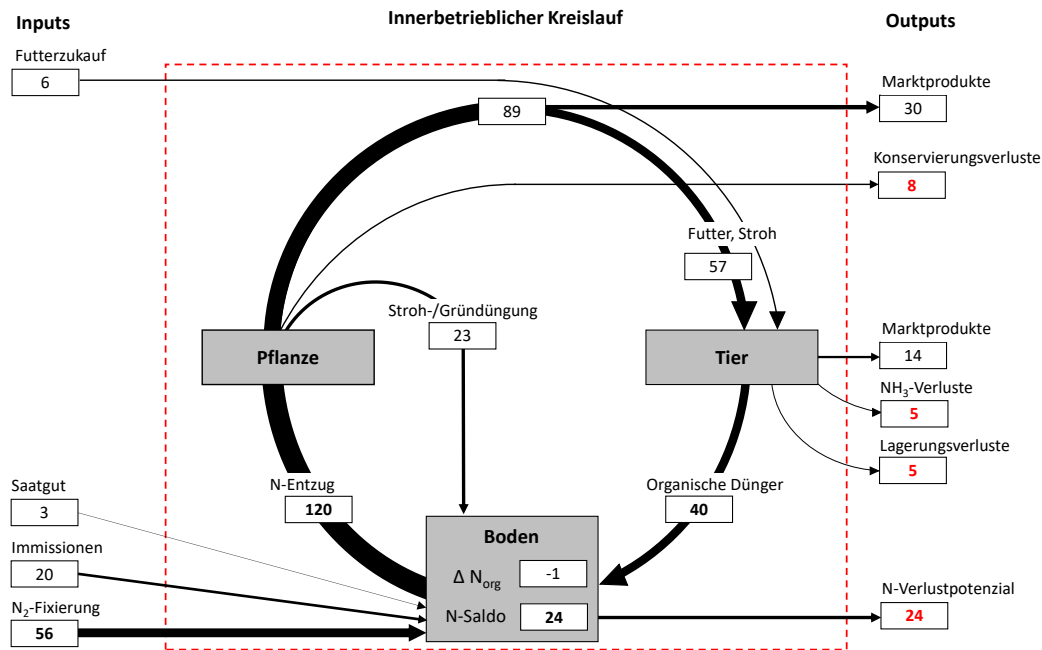


Abbildung 4.10-17: Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 73, Ergebnis der Szenariorechnung.

Die Gesamtdarstellung der zu erwartenden ökologischen Wirkungen im Netzdiagramm (Abbildung 4.10-18) zeigt eine Verbesserung bei den Indikatoren „Ertragsleistungen“, „Energiebindung“ und „Energieeffizienz“ aufgrund der Ertragssteigerungen durch die Substitution der ertragsschwachen Kulturen Erbsen und Lupinen durch Futterpflanzen mit deutlich höherem Ertragspotential (Silomais, Klee gras). Allerdings vermindert sich durch die Maßnahmen im Pflanzenbau (Ausdehnung der Maisanbaufläche) auch unter Berücksichtigung des höheren Wirtschaftsdüngeraufkommens (höherer Tierbesatz) der Humussaldo von 70 kg ha⁻¹ a⁻¹ auf -3 kg ha⁻¹ a⁻¹ Humus-C; der Humussaldo liegt damit aber immer noch nahezu im Optimum. Durch die intensivere Flächennutzung (Futterproduktion, organische Düngung) steigt der Energie-Input pro Hektar, jedoch verbessert sich gleichzeitig die Energieeffizienz aufgrund des Ertragsanstiegs.

Aufgrund der Intensitätssteigerung im Pflanzenbau ist ein Anstieg der flächenbezogenen THG-Emissionen von 879 auf 1.204 kg CO_{2eq} ha⁻¹ a⁻¹ sowie der produktbezogenen THG-Emissionen von 27,3 auf 31,3 kg CO_{2eq} GE⁻¹ zu erwarten; diese Werte liegen aber immer noch im optimalen Bereich.

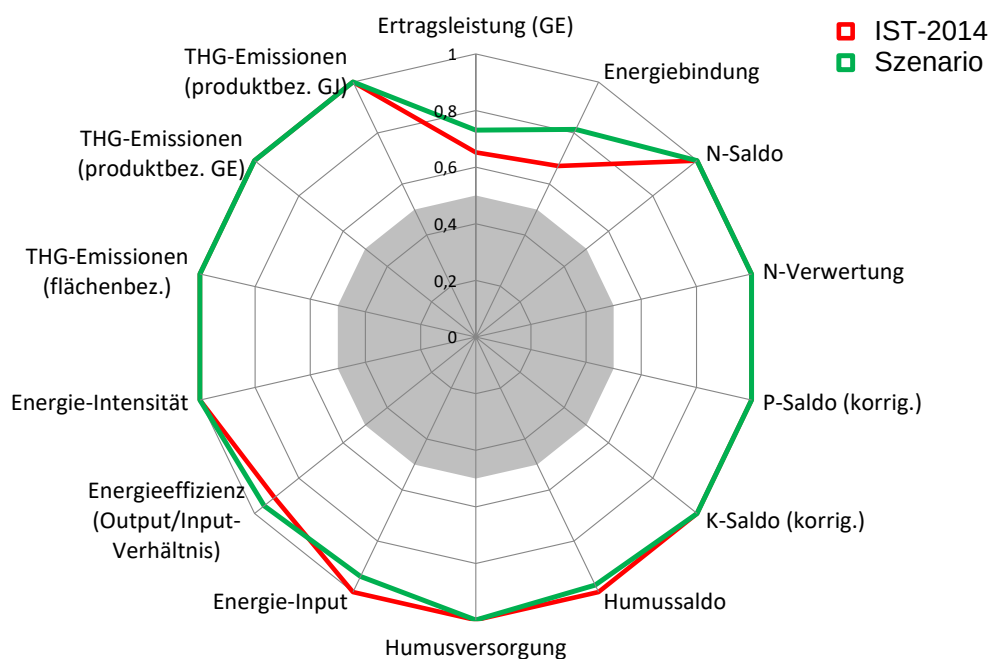


Abbildung 4.10-18: Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 73, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

Milchproduktion

Es ist zu erwarten, dass mit den vorgeschlagenen Maßnahmen bei den Tierwohlkriterien „kein anhaltender Hunger und Durst, Liegekomfort, Freiheit von körperlichen Schäden und von Krankheiten“ sowie beim „Ausleben von Sozialverhalten“ Verbesserungen erreicht werden können (Abbildung 4.10-19).

Die gelieferte Milchmenge erhöht sich im Szenario durch die deutlich erhöhte Tierzahl bei gleichbleibend hoher Milchleistung um nahezu 1,3 Mio kg.

Die gesamtbetrieblich niedrigen produktbezogenen Treibhausgasemissionen der Milchproduktion verändern sich bei deutlich verbesserter Tierwohlsituation nur geringfügig von 877 auf 883 g CO_{2eq} kg⁻¹ ECM.

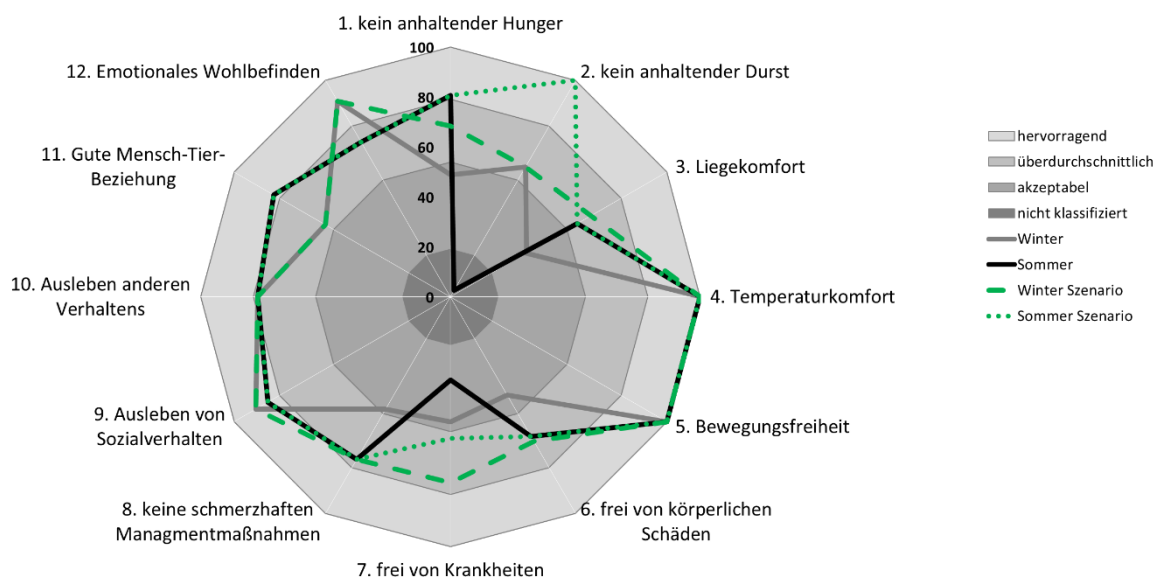


Abbildung 4.10-19: Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 73, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

Durch die Maßnahmen im Szenario und die angepassten Werte zeigen sich auf Betrieb 73 erwartungsgemäß die positiven Effekte bei den Tierwohlkriterien kein „anhaltender Durst“, „frei von Krankheiten“ und „keine schmerzhaften Managementmaßnahmen“, auch wird sich die angestrebte Verbesserung der Sauberkeit der Tiere, der verbesserten Liegeboxen auf das Abliegeverhalten weiter positiv auf das Kriterium „Liegekomfort“ auswirken“ (Abbildung 4.10-19).

Ökonomische Auswirkungen

Die Ausdehnung des Maisanbaus und die Verminderung des Anbaus von Lupinen und Erbsen bedeutet aus ökonomischer Sicht, dass die variablen Kosten der Körnerleguminosen ($358 - 471 \text{ € ha}^{-1}$) mit den Kosten der Maisproduktion (613 € ha^{-1}) zu vergleichen sind. Aufgrund der Kostendifferenz führt die Anpassung der Futterproduktion demnach zu steigenden Futterkosten. Mögliche positive ökonomische Effekte der verbesserten Energiebilanz in der Fütterung (Körperkondition, Fruchtbarkeit) wurden in der Szenario-Analyse nicht berücksichtigt, da diese nur schwer zu quantifizieren sind. Grundsätzlich ist aber davon auszugehen, dass diese sich auch in der Milch- und Reproduktionsleistung widerspiegelt.

Die weitreichendsten Veränderungen betreffen die Aufstockung der Herdengröße und den Bau eines neuen Kuhstalls. Um den zusätzlichen Futterbedarf zu decken, erhöht sich entweder der Anteil der zugekauften Futtermittel oder dem Betrieb entstehen zusätzliche Pachtkosten. In beiden Fällen nehmen die Produktionskosten je Kuhplatz zu. Weitere substantielle Faktorkosten ergeben sich durch den Neubau des Gebäudes, der bei einem Investitionsvolumen von 10.000 € je Stallplatz und einer Milchleistung von 8.900 kg zusätzliche jährliche Abschreibungskosten von 6 Cent je Liter Milch verursachen würde.

Aufgrund der weitreichenden strukturellen Änderungen, die im Optimierungs-Szenario vorgesehen sind und deren Auswirkungen jeweils von den getroffenen Annahmen abhängen, wurde auf eine Gewinnanalyse verzichtet. Um substantielle Gewinneinbußen zu vermeiden, wäre es zwingend notwendig, dass die Faktorkosten begrenzt werden können, der Neubau des Kuhstalls durch staatliche Förderprogramme unterstützt wird und die zusätzliche Milchmenge zu einem Mehrpreis als ökologisch erzeugte Milch vermarktet werden kann.

4.10.3.4 Pilotbetrieb PB 85, Region Nord

4.10.3.4.1 Kennzeichnung des Betriebes

Der konventionelle Milchvieh-Gemischtbetrieb PB 85 bewirtschaftet 142 ha in der norddeutschen Küstenregion, 15 m über NN. Der Standort ist gekennzeichnet durch 686 mm Jahresniederschlag, 8,8°C Jahresmitteltemperatur, leichte bis mittlere Böden und z. T. moorige Standorte mit Bodenwertzahlen von 22 bis 50. Der Grünlandanteil beträgt 34 %. Auf dem Grünland bestehen z. T. Naturschutzauflagen hinsichtlich Mahd und Entwässerung.

Der Betrieb hält im Mittel 76 Rotbunte Milchkühe mit Nachzucht. Der Tierbesatz beträgt 0,85 GV ha⁻¹ LN. Tabelle 4.10-19 zeigt die mittleren Kenndaten der Produktion von 2009-2015.

Tabelle 4.10-19: Standortbedingungen, Betriebsstruktur u. Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 85 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 85
Standortbedingungen		
Region		Küstenregion, Nordostdeutschland
Höhenlage	m NN	15
Niederschlag	mm a ⁻¹	686
Jahresdurchschnittstemperatur	°C	8,8
Bodenart		sL (IS bis sL, Mo)
Bodenwertzahl		39 (22 – 50)
Betriebsstruktur		
Landbau, Anbauverband		konventionell
Betriebsform		Milchvieh-Gemischtbetrieb
Tierbesatz	GV ha ⁻¹	0,85
Milchkühe	Anzahl	76
Nutzfläche (LN)	ha	147
Ackerland (AL)	% der LN	67
Getreide	% des AL	37
Hackfrüchte, Mais	% des AL	31
Ölfrüchte	% des AL	32
Zwischenfrüchte	% des AL	5
Fruchtartendiversität	Index	1,45
Erträge und Leistungen		
Getreideeinheiten-Ertrag	GE ha ⁻¹ LN	78
Energiebindung	GJ ha ⁻¹ LN	166
Winterweizen-Korn-Ertrag	dt FM ha ⁻¹	94
Silomais-Ertrag	dt FM ha ⁻¹	525
Grünland-Ertrag	dt FM ha ⁻¹	395
Tierhaltung		
Milchleistung pro Kuh	kg ECM	8.300
Erstkalbealter	Monate	27,0
Zwischenkalbezeit	Tage	405
Nutzungsdauer	Monate	28,2
Laktationszahl	Anzahl	2,1

Betriebswirtschaftliche Kennzahlen des Betriebes sind der Tabelle 4.10-20 zu entnehmen.

Der Betriebsleiter möchte die Produktivität weiter steigern, in der Milchproduktion durch verbessertes Management und Zucht. Im Ackerbau liegen die Erträge unter seinen Erwartungen. Bei der Grünlandbewirtschaftung wird die Flächennutzung durch langsame Wiedervernässung zunehmend erschwert.

Tabelle 4.10-20: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 85 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 85
Arbeitskräfte		
Familien-AK (nicht entlohnt)	AK	1,8
Abhängig Beschäftigte	AK	0,7
Umsatz und Erlöse Landwirtschaft		
Milchwirtschaft	%	60
Kälber, Schlachttiere	%	6
Ackerbau	%	34
Rahmenbedingungen		Eigentumsflächen 96 ha (ca. 65 %) ungesicherte Hofnachfolge
Betriebsziele		
– hohe Rentabilität des Gesamtbetriebes		
Betriebsstrategie		
– durchdachte Produktivitätssteigerung		
– Milchvieh: Leistungssteigerung durch besseres Management und Zucht		
– Ackerbau: Ertragssteigerung durch gezielte Maßnahmen		

4.10.3.4.2 Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen

Pflanzenbau und Ressourceneffizienz

Im Pilotbetrieb PB 85 zeigen sich bei der Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit deutliche Problem-bereiche (siehe Netzdiagramm in Abbildung 4.10-20). Der größte Optimierungsbedarf besteht im Humus-management; der Humussaldo beträgt in der Ausgangssituation $-357 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ Humus-C, die Humus-versorgung 50 % des Humusbedarfs. Der Indikator „N-Saldo“ zeigt hohe, umweltgefährdende N-Über-schüsse an. Auch die flächen- und produktbezogenen THG-Emissionen sind auf zu hohem Niveau.

Aufgrund der hohen Erträge erzielten die Indikatoren „Ertragsleistungen“, „Energiebindung“ und „Ener-gieintensität“ die Höchstbewertung. Die Nährstoffversorgung der Böden mit P und K ist optimal.

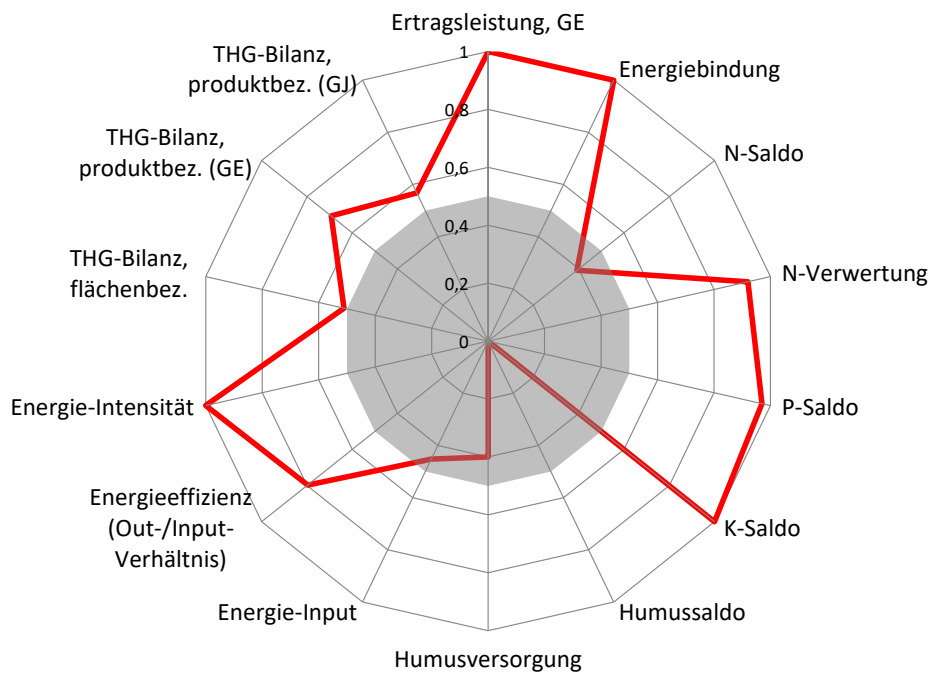


Abbildung 4.10-20: Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 85 (2009 – 2015).

Abbildung 4.10-21 zeigt den betrieblichen N-Kreislauf in der Ausgangssituation. Auffällig ist der hohe Mineraldüngereinsatz ($158 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ im Mittel der LN) bei zugleich intensiver organischer Düngung.

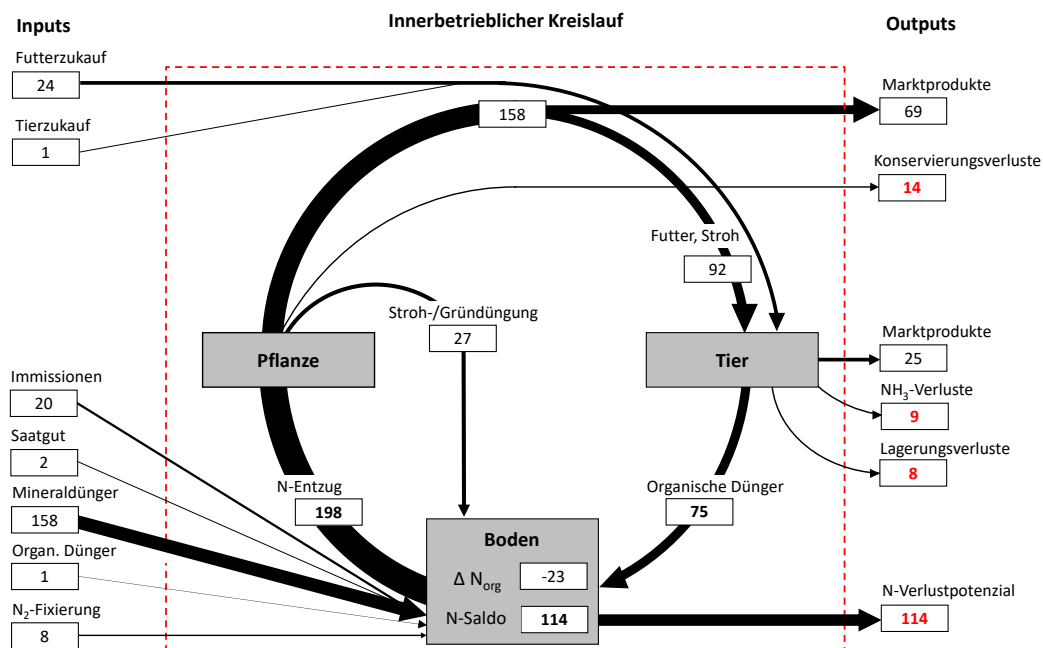


Abbildung 4.10-21: Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 85 (2009 – 2015).

Dies führt unter Berücksichtigung der modellierten Boden- N_{org} -Vorratsänderung ($-23 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) zu sehr hohen N-Salden ($114 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$); dies ist einer der höchsten Werte, die in den konventionellen Pilotbetrieben festgestellt wurden. Es besteht also dringender Handlungsbedarf zur Minderung dieser hohen umweltgefährdenden N-Überschüsse.

Die in der Milchviehhaltung anfallenden Wirtschaftsdünger ($75 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) werden vollständig im Betrieb eingesetzt; es erfolgt keine Abgabe organischer Dünger an andere Betriebe. Als Optimierungsstrategie sollten Möglichkeiten zur deutlichen Reduzierung der Mineral-N-Düngung und Anpassung an den tatsächlichen N-Bedarf der Kulturpflanzen geprüft werden, ebenso Maßnahmen zur besseren Humusversorgung der Ackerböden, um einen weiteren Abbau der Boden- C_{org} - und N_{org} -Vorräte (Netto-Mineralisation) zu vermeiden.

Die Humusbilanz (Tabelle 4.10-21) weist einen sehr hohen Humusbedarf aus, zurückzuführen auf den hohen Hackfrucht- und Maisanteil in der Fruchtfolge. Die Humusmehrerleistung ist in der Ausgangssituation zu vernachlässigen; es findet kein Anbau von Leguminosen oder mehrjährigem Feldfutter statt. Auch der Zwischenfruchtanbau ist für die Humusreproduktion von geringer Relevanz. Die Humuszufuhr erfolgt vorrangig durch Stroh- und Gölledüngung. Der berechnete Humussaldo von $-334 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ entspricht der Versorgungsstufe A, das signalisiert einen dringenden Handlungs- und Optimierungsbedarf. Bei Versorgungsstufe A ist mit abnehmender Bodenfruchtbarkeit, negativer Beeinflussung von Bodeneigenschaften und -prozessen zu rechnen, wodurch sich auch die Ertragsleistungen und die Ertragsstabilität vermindern können.

Tabelle 4.10-21: Humusbilanz (dynamische Humuseinheitenmethode), Angaben in kg Humus-C je ha Ackerland, Pilotbetrieb PB 85 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 85
Humusbedarf	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	-839
Humusersatzleistung	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	505
Humusmehrerleistung	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	11
Zufuhr organischer Dünger	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	494
Strohdüngung	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	229
Gründüngung	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	36
Stallmist	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	41
Gülle	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	187
Humussaldo	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	-334
Versorgungsgrad	%	60
Versorgungsstufe		A

Milchviehhaltung

Im Betrieb 85 erzielten die Milchkühe im Milchjahr 2015 eine Milchleistung von 8.922 kg ECM pro Tier (4,07 % Fett, 3,47 % Eiweiß). Im Mittel der betrachteten Jahre 2009-2015 betrug die Leistung 8315 kg Milch pro Tier. Die Tiere sind enthornt.

Einen Überblick zum Haltungssystem gibt Tabelle 4.10-22.

Tabelle 4.10-22: Übersicht zum Haltungssystem, Pilotbetrieb PB 85

Haltungssystem	– Boxen-Laufstall mit Vollspalten, Trockensteher planbefestigt – Hochboxen mit Streuschwelle, Beton, kein Auslauf – Einstreu Liegeboxen: Stroh geschnitten, 1 x wöchentlich, 2 kg je Tier und Tag
Fütterung	– aufgewertete TMR (Gras- und Maissilage, Weizen Körnermais, Rapsextraktionschrot, Milchleistungsfutter, Mineralfutter – Kraftfutter: Milchleistungsfutter am Automaten nach Leistung – Vorbereitungsfütterung: Ca reduziert – Weidegang: Laktierende 4,5 h (Portionsweide), Trockensteher 24 h (Kurzrasenweide)
Kälber und Jungvieh	– Kat. 0: 10 bis 14 Tage in Einzelboxen, Kat. 1 und 2: Einflächen-Tiefstreu-System, Kat. 3 und 4: Einflächensystem Spalten, kein Auslauf, Kat. 2 - 4 Weidegang (24 h) – Einstreu Kat. 0 - 2: Langstroh 2,5 - 4,3 kg je Tier täglich

Die Futterration ist nach den vorliegenden Berechnungen weitgehend ausgeglichen. Jedoch bestehen Probleme, die optimalen Schnittzeitpunkte für Mais- und Grassilage auf den vernässten Flächen einzuhalten. Ein relativ hoher Anteil der Tiere, die einen Fett-Eiweiß-Quotienten von < 1 in der Milch haben, weist zudem darauf hin, dass die Strukturversorgung verbessert werden könnte. Bei den laktierenden Tieren wurden mit $3,3 \text{ m}^2$ je Tier eine relativ geringe verfügbare Fläche vorgefunden. Viele Tiere wiesen Lahmheiten auf (Sommer 13 %, Winter 32 %). Der Betriebsleiter schilderte dazu auch Probleme mit Mortellaro. Die Abliegedauer war mit 6,1 Sekunden hoch, 38 bzw. 56 % der Tiere kollidierten beim Abliegen mit der Stalleinrichtung. Der Untergrund in den eingestreuten Betonliegeboxen war im Kniefalltest hart. 40 % der Tiere wiesen Läsionen auf. Vor allem im Sommerhalbjahr wurde agonistisches Verhalten der Tiere beobachtet. An den Beurteilungsterminen waren 16 % (Winter) bzw. 18 % (Sommer) der Tiere unterkonditioniert. Neben den Qualitätsschwankungen im Grundfutter könnten die Ursachen dafür eingeschränkte Mobilität der Tiere, Lahmheiten und beengte Verhältnisse sein, die den Futterzugang erschweren und so die Futteraufnahme verringern.

Bei der Analyse der Stallumgebung war die Verschmutzung der Laufflächen bei den Milchkühen auffällig. Die Tiere waren im Sommer und Winter deutlich verschmutzt. Warn- und Alarmwerte des Welfare Quality Protocol for Cattle zur Tiergesundheit wurden bei den Anteilen von Tieren mit Nasen- und Augenausfluss, mit schwerer Mastitis und festliegenden Tieren überschritten. Der Anteil von Schweregeburten kann z. T. durch den hohen Anteil erstkalbender Tiere erklärt werden. Beim Enthornen der Kälber wurden zum Zeitpunkt der Sommererhebung Betäubung und Schmerzmittel angewandt. Die Beurteilung hinsichtlich schmerzhafter Managementmaßnahmen war dadurch gegenüber der Wintererhebung verbessert (Abbildung 4.10-22).

Optimierungspotenzial beim Tierwohl

Auf Betrieb 85 sollten Maßnahmen getroffen werden, die Sauberkeit und Gesundheit der Tiere zu verbessern, körperliche Schäden bei den Tieren und Konkurrenzsituationen einzuschränken. Die Energie- und Proteingehalte der Silagen müssen weiter optimiert und die Rohfasergehalte durch Zugabe von Heu und Stroh gezielt verbessert werden. Auch gegen Ende der Laktation und in der Vorbereitungsfütterung sollten die TMR und Rohfaserzufuhr gezielter angepasst werden. Die Anzahl oder Länge der Tränken im Stall sollte erhöht werden. Um Technopathien, Lahmheiten und agonistisches Verhalten zu vermindern, ist es in der alten Stallumgebung unumgänglich, die Tierzahl zu verringern. Ideal wäre es, zusätzlich Auslaufflächen zu schaffen. Ein verbessertes Abliegeverhalten könnte durch den Einbau flexibler Nackenriegel und eines Bugbrettes für den Strohrückhalt und für den Erhalt eines weicherer Lagers erreicht werden. Ideal wäre der Einbau komplett neuer Liegeboxen mit Stroh-Mist-Matratze, alternativ mit Gummimatte und Stroheinstreu mit flexiblen Begrenzungen. Unabdingbar ist es, eine verbesserte Sauberkeit der Tiere zu erzielen. Eine Verminderung der Strohverluste aus der Box würde die Sauberkeit und den Komfort der Tiere erhöhen. Das Durchtreten der Exkreme im Laufgang würde zudem verbessert. Weiterhin wird ein Spaltenroboter, alternativ ein regelmäßiges händisches Abschieben des Spaltenbodens, empfohlen. Zudem wird vorgeschlagen, den Weidegang für die laktierenden Tiere auf über sechs Stunden auszudehnen. Alle diese Maßnahmen würden sich förderlich auf die Mobilität, die Gesundheit und das Sozialverhalten der Tiere auswirken (Abbildung 4.10-22) und auch die ausreichende Futteraufnahme der Tiere fördern.

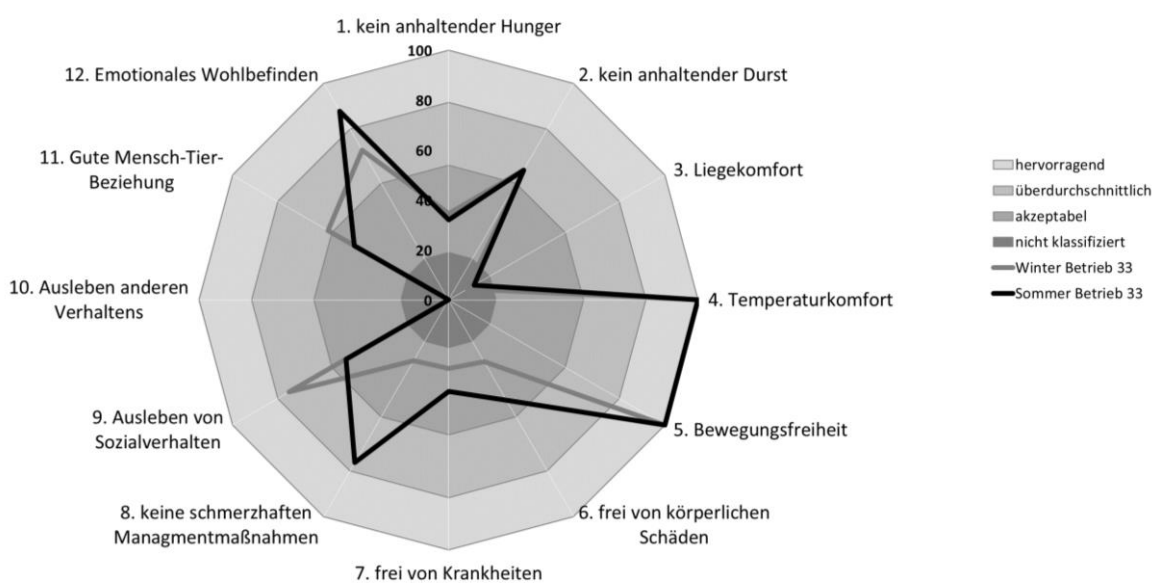


Abbildung 4.10-22: Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 85, Ausgangssituation.

4.10.3.4.3 Gesamtbetriebliches Optimierungsszenario zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls

Zusammenfassend sind die Schwachstellen im Pflanzenbau und in der Milchviehhaltung in Tabelle 4.10-23 dargestellt.

Schwerpunkte im Pflanzenbau sind die Optimierung der N-Düngung, um die N-Salden zu vermindern sowie die Verbesserung der Humusversorgung der Ackerböden. In der Milchviehhaltung geht es primär um die Erhöhung des Tierwohls in den angegebenen Bereichen. In Abstimmung mit dem Betriebsleiter wurden bei der Futterproduktion und in der Milchviehhaltung eine Vielzahl kleinerer Maßnahmen (z. B. bauliche Maßnahmen, Verbesserung der technischen Ausstattung, organisatorische Maßnahmen und optimiertes Management) abgeleitet, die aber alle einer gesamtbetrieblichen Strategie folgen und sich ergänzen sollen.

Tabelle 4.10-23: Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 85

Pflanzenbau	– zu hoher Mineraldüngereinsatz, zu hoher N-Saldo – organischer Dünger bei Düngungsplanung nur unzureichend berücksichtigt – Humusabbau, Humussaldo stark negativ – Wiedervernässung von Grünlandflächen auf Moorstandorten → unbefriedigende Ertragssituation und schlechte Futterqualität
Milchviehhaltung	– Mastitis- und Mortellaroproblem – Probleme mit den Klauen und Ketose – unterkonditionierte Tiere – geringes Platzangebot führt zu Verschmutzungen und Verletzungen – Optimierungspotential bei den Welfare Quality Kriterien Körperkondition, Liegekomfort, frei von körperlichen Schäden, frei von Krankheiten, Sozialverhalten, Fütterung

Tabelle 4.10-24: Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 85

Bereich	Maßnahmen	Ziele
Pflanzenbau	– bedarfsgerechte Mineral-N-Düngung (ertrags- und qualitätsabhängig) – Optimierung der N-Gaben nach Menge, Düngerqualität und Termin	– Einsparung von Mineral-N – Verminderung der N-Salden, Erhöhung der N-Effizienz
	– Zwischenfruchtanbau ausweiten – Ackergrasfläche erhöhen (statt Getreide)	– bessere Humusversorgung – Grobfutterproduktion
	– Erhöhung der Grobfutterqualität	– bessere und eiweißreiche Silage
Milchviehhaltung	– Optimierung der Fütterung	– Milchleistung um 1.000 kg steigern und auf einem Niveau von 9.000 kg je Tier ECM stabilisieren
	– Veränderungen im Tiermanagement und der Haltungsumgebung – mehr Platz, Liegebox-/Freßplatzbelegung von 95 % + zusätzlich 4 Boxen (+ Vergrößerung) – geringere Belegung + größeres Platzangebot + Bugbrett + eingestreute Gummimatten	– verbesserte Tiergesundheit und Tierwohl – weniger Erkrankungen + weniger Stress (geringere Tierarztkosten)

4.10.3.4.4 Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien

Der Stickstoffsaldo der Zielvariante (Abbildung 4.10-23) ist mit $76 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ gegenüber der Ausgangssituation (Abbildung 4.10-21) deutlich vermindert, aber immer noch auf zu hohem Niveau. Während der Einsatz organischer Dünger unverändert blieb, wurde der Mineral-N-Einsatz erheblich reduziert. Allerdings ist auch von verminderten N-Entzügen auszugehen (u. a. auch durch die Extensivierung des wiedervernässten Grünlands). Aufgrund der verbesserten Humusversorgung der Ackerböden ist die modellierte Boden- N_{org} -Veränderung zwar immer noch negativ, aber nicht mehr so stark wie ursprünglich. Insgesamt ist zu resümieren, dass alle Maßnahmen zur Optimierung des N-Kreislaufs zwar in die richtige Richtung gehen, der Gesamteffekt aber noch nicht ausreichend ist, um von einem wirklich nachhaltigen N-Management zu sprechen. Hierzu wären weitergehende Anpassungsmaßnahmen erforderlich, die aber derzeit vom Betriebsleiter nicht in Erwägung gezogen werden.

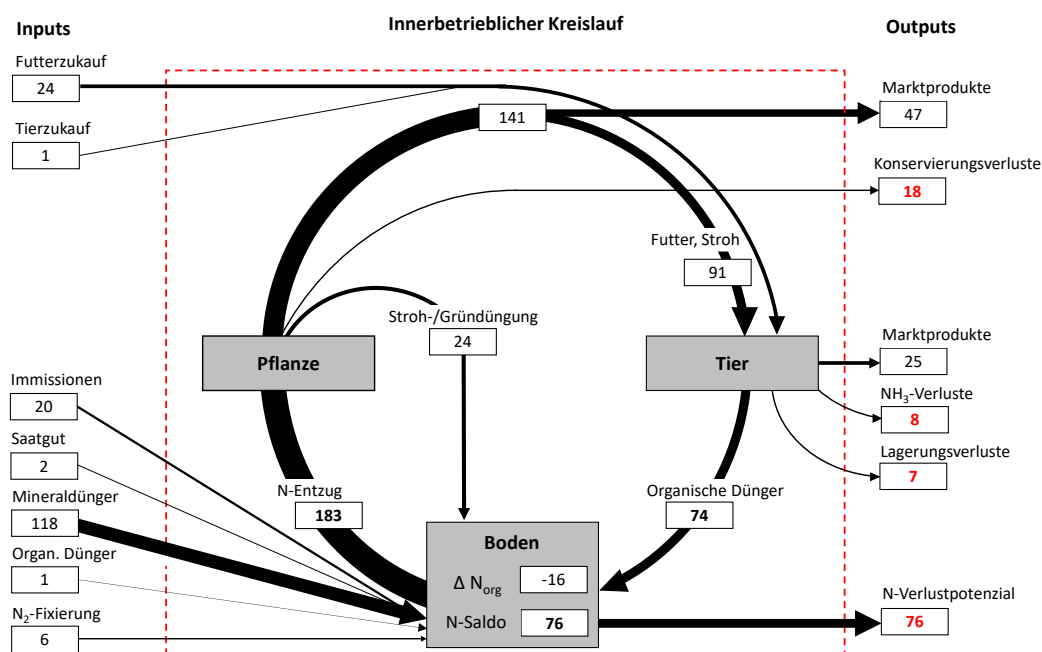


Abbildung 4.10-23: Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 85, Ergebnis der Szenariorechnung.

Die Gesamtdarstellung der zu erwartenden ökologischen Wirkungen im Netzdiagramm (Abbildung 4.10-24) zeigt Verbesserungen bei einigen, aber nicht bei allen Indikatoren. So veränderte sich der Humus-saldo zwar von $-357 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ auf $-255 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$; dies entspricht aber immer noch der Versorgungsklasse A. Die Humusversorgung stieg von 58 % auf 66 %. Es sollten daher weitergehende Maßnahmen im Humusmanagement ergriffen werden.

Neben den Verbesserungen beim N-Saldo und der N-Effizienz (Anstieg von 69 auf 76 %) zeigen sich höhere Bewertungen bei den flächen- und produktbezogenen THG-Emissionen. Dies ist die Folge des verminderten Humus- und Bodenkohlenstoff-Abbaus in der Zielvariante sowie des geringeren N-Inputs (reduzierte N_2O -Emissionen).

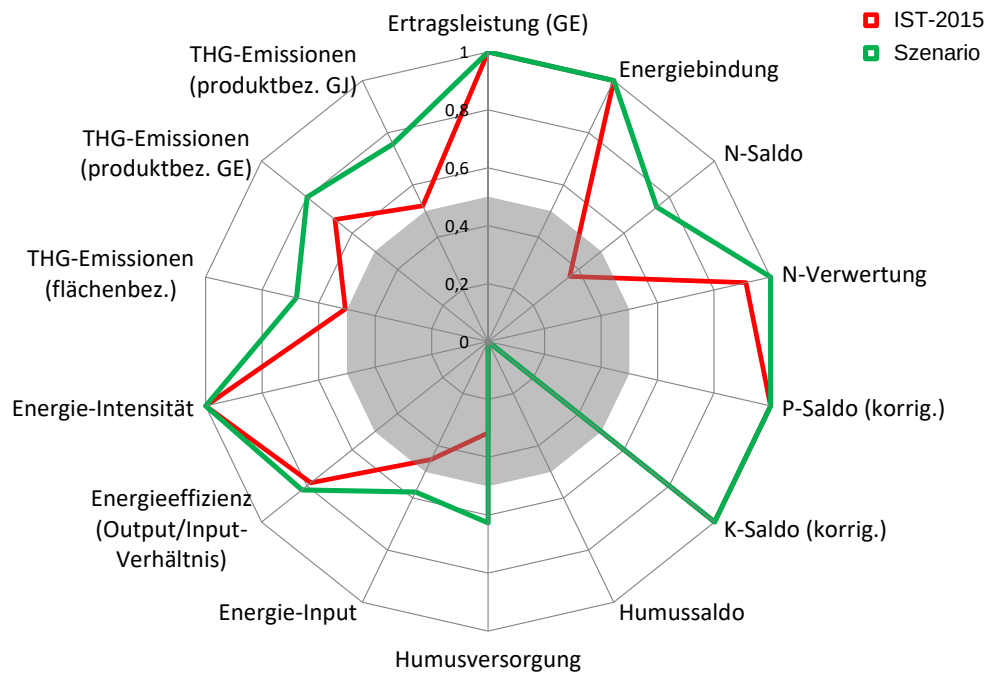


Abbildung 4.10-24: Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 85, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

Durch die beschriebenen Maßnahmen zur Optimierung von Fütterung, Tiermanagement und Haltungsumgebung ist zu erwarten, dass Liegekomfort, Verletzungsfreiheit, Freiheit von körperlichen Schäden, Bewegungsfreiheit und ggf. Freiheit von Krankheiten steigen. Ebenso wird für die Tierwohlbewertung unterstellt, dass sich die Fütterungssituation und Körperkonstitution der Tiere verbessert (Abbildung 4.10-25).

Die modellierten THG-Emissionen je kg Milch gehen deutlich zurück von 1.102 auf 1.009 g CO_{2eq} kg⁻¹ ECM (siehe Abbildung 4.10-35) aufgrund der optimierten Fütterung und Milchleistungssteigerung.

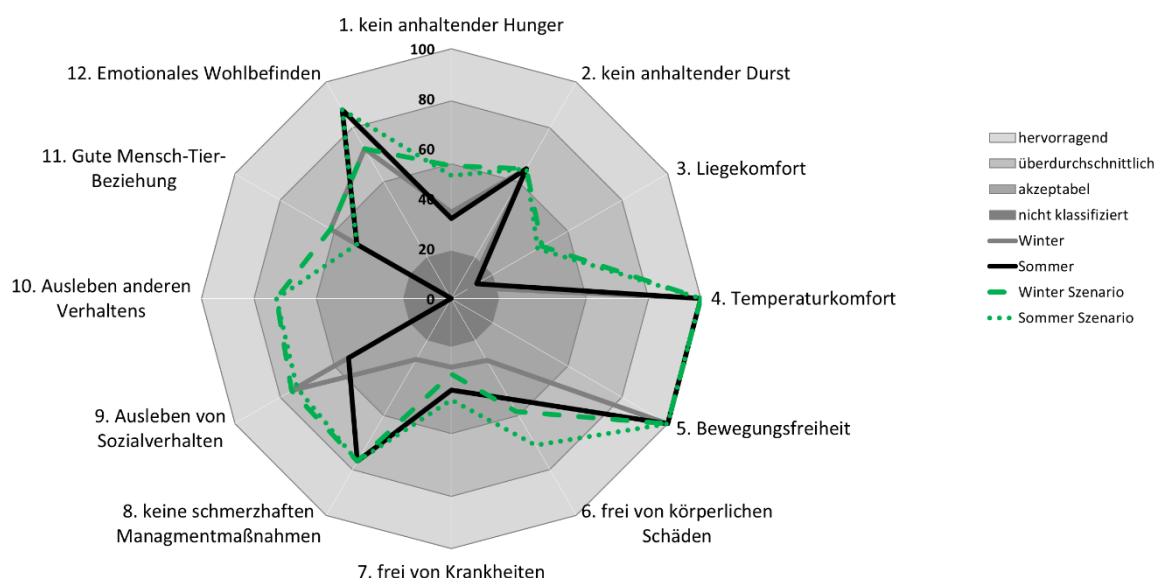


Abbildung 4.10-25: Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 85, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

Durch die Maßnahmen im Szenario zur Verbesserung des Tierwohls auf Betrieb PB 85 wurden die Bewertungen beim „Liegekomfort“ durch die angenommen geringere Belegung des Stalls und angenommene moderate Ertüchtigung der Boxen leicht erhöht. Auch beim Kriterium „Ausleben anderen Verhaltens“ könnten durch das verbesserte Platzangebot vermutlich bessere Werte erzielt werden (weniger agonistisches Verhalten). Durch die verbesserte Futtergrundlage steigt die Bewertung beim Kriterium „kein anhaltender Hunger“. Insgesamt werden durch die Maßnahmen, wie angestrebt, auch verbesserte Werte beim Kriterium „frei von Krankheiten“ sichtbar.

Ökonomische Auswirkungen

Die verschiedenen Optimierungsmaßnahmen haben gemäß der Szenario-Kalkulation sehr unterschiedliche ökonomische Auswirkungen. Die bedarfsgerechte Mineral-N-Düngung der Ackerkulturen führt zu einer Einsparung von Mineraldünger und damit zu einer Reduktion der Düngekosten von 25 € ha⁻¹.

Die Ausdehnung des Zwischenfruchtanbaus hat zur Folge, dass die Saatgut- und Maschinenkosten steigen. Gemäß den getroffenen Annahmen nehmen sie um 150 € ha⁻¹ Zwischenfrucht zu. Um darüber hinaus die Humusversorgung zu verbessern, ist eine Ausdehnung der Ackergrasfläche und eine Reduktion des Weizenanbaus vorgesehen. Da auf der Ackergrasfläche keine direkten Markterlöse erzielt werden, gleichzeitig aber Erlöse aus der Getreideproduktion wegfallen, sind Opportunitätskosten in Höhe von 380 € ha⁻¹ zu berücksichtigen.

Die Erhöhung der Grobfutterproduktion und die Maßnahmen zur Steigerung der Futterqualität haben auf der anderen Seite zur Folge, dass die Milchleistung gesteigert werden kann. Bei einer Zunahme von 1.000 kg pro Kuh hätte dies bei einem Milchpreis von 46 Cent je Liter eine Erlössteigerung von 460 € je

Kuhplatz zur Folge. Die vorgesehenen Maßnahmen zur Verbesserung der Haltungsbedingungen (Gummimatten) tragen indirekt ebenfalls zur Steigerung der Milchleistung bei. Sie erhöhen jedoch auch die Abschreibungen um 28 € je Stallplatz. Bei der Steigerung der Erlöse ist zu berücksichtigen, dass in Folge der Reduktion der Herdengröße die Erlöse aus der Milchproduktion insgesamt nur um 5 % (und nicht um 12 % ohne Reduktion) steigen. Kalkulatorisch ist ferner zu berücksichtigen, dass sich durch die Verkleinerung der Herdengröße auch die Fixkosten je Stallplatz erhöhen. Gesamthaft betrachtet ergibt sich für den Betrieb durch die Umsetzung der verschiedenen Maßnahmen ein Gewinnplus von 49 € ha⁻¹, was in erster Linie auf die unterstellte Steigerung der Milchleistung und den hohen Milchpreis zurückzuführen ist.

4.10.3.5 Pilotbetrieb PB 71, Region Nord

4.10.3.5.1 Kennzeichnung des Betriebes

Der ökologische Marktfruchtbetrieb PB 71 (Tabelle 4.10-25) liegt in der Region Südliches Schleswig-holsteinisches Hügelland, im Mittel 13 m über NN. Es herrscht maritimes Klima, mit schweren, nicht leicht zu bewirtschaftenden Böden vor.

Das Ackerflächenverhältnis weist einen Anteil von 54 % Getreide, 27 % Klee gras und 11 % Körnerleguminosen (Ackerbohnen, Erbsen) aus. Der Betrieb ist auf den Marktfruchtbau ausgerichtet; die Grünland- und Luzerne-Klee grasflächen werden von externen Pferdehaltern und Schäfern in Kooperation bewirtschaftet und genutzt.

Tabelle 4.10-25: Standortbedingungen, Betriebsstruktur u. Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 71 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 71
Standortbedingungen		
Region		Südliches Schleswig-holsteinisches Hügelland
Höhenlage	m NN	13
Niederschlag	mm a ⁻¹	686
Jahresdurchschnittstemperatur	°C	8,8
Bodenart		sL bis L (T)
Bodenwertzahl		50 (46 – 52)
Betriebsstruktur		
Landbau		ökologisch, Bioland
Betriebsform		Marktfruchtbau
Tierbesatz	GV ha ⁻¹	0
Nutzfläche (LN)	ha	152
Ackerland (AL)	% der LN	73
Getreide	% des AL	54
Luzerne-Kleegrass, Ackergras	% des AL	27
Körnerleguminosen	% des AL	11
Blühstreifen	% des AL	7
Untersaaten	% des AL	10
Zwischenfrüchte	% des AL	5
Fruchtartendiversität	Index	2,23
Erträge und Leistungen		
Getreideeinheiten-Ertrag	GE ha ⁻¹ LN	28
Energiebindung	GJ ha ⁻¹ LN	71
Winterweizen	dt FM ha ⁻¹	37
Luzerne-Kleegrass	dt FM ha ⁻¹	335
Grünland	dt FM ha ⁻¹	275

Die betriebswirtschaftlichen Kennzahlen (Tabelle 4.10-26) belegen, dass der Betriebsleiter mit relativ geringem AK-Aufwand wirtschaftet. Das Luzerne-Kleegrass wird zur Hälfte gemulcht, zur Hälfte in Kooperation mit einem Schäfer abgeweidet. Der Betrieb ist weitere Kooperationen mit ökologischen Betrieben der Region eingegangen – er liefert Substrate und Futter an andere benachbarte Betriebe und bekommt dafür organische Dünger in Form von Gärrestsubstrat und Hühnertrockenkot, sodass ein regionaler Nährstoffkreislauf entsteht.

Auf dem Grünland stehen Pensionspferde. Das Grünland wird als Weide und zur Heuwerbung für die Winterfütterung der Pferde genutzt.

Tabelle 4.10-26: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 71 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 71
Arbeitskräfte		
Familien-AK (nicht entlohnt)	AK	0,5
Beratertätigkeit		ca. 50 % des Einkommens
Umsatz und Erlöse Landwirtschaft		
Ackerbau	%	100
Winterweizen	%	32
Sommergerste	%	26
Hafer	%	26
Erbsen	%	16
Rahmenbedingungen		100 % Pachtflächen ungesicherte Hofnachfolge
Betriebsziele		
– Rentabler Betrieb unter den gegebenen Standortbedingungen		
Betriebsstrategie		
– Rentable Fruchtfolge bei wenig Arbeit – Extensive Nutzung von Grünland und Ackerfutterflächen durch Beweidung (Schäfer und Pferdehalter) – Futter-Mist-Kooperationen: Ganzpflanzensilage – Gärrestsubstrat, Futtergetreide – Hühnertrockenkot – Agrarumweltprogramme: Blühstreifen (7 ha)		

Vorrangiges Betriebsziel ist eine rentable Flächennutzung mit möglichst geringem Arbeitsaufwand. Der Betrieb beteiligt sich an Agrarumweltprogrammen, z. B. der Anlage von Blühstreifen und extensiver Grünlandnutzung.

4.10.3.5.2 Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen

Pflanzenbau und Ressourceneffizienz

Der Pilotbetrieb PB 71 erzielt in der Ausgangssituation bei den meisten ökologischen Indikatoren die Höchstbewertung (Abbildung 4.10-26).

Auffallend sind aber die sehr geringen Ertragsleistungen und damit verbunden auch die geringe Energiebindung. Der Ertrag von Luzerne-Kleegras ist gering (z. T. wird die Biomasse gemulcht und dient der Gründüngung), die Futterqualität ist stark schwankend. Eine Ursache für die geringen Getreideerträge ist die unzureichende Nährstoffversorgung (negative Nährstoffbilanzen).

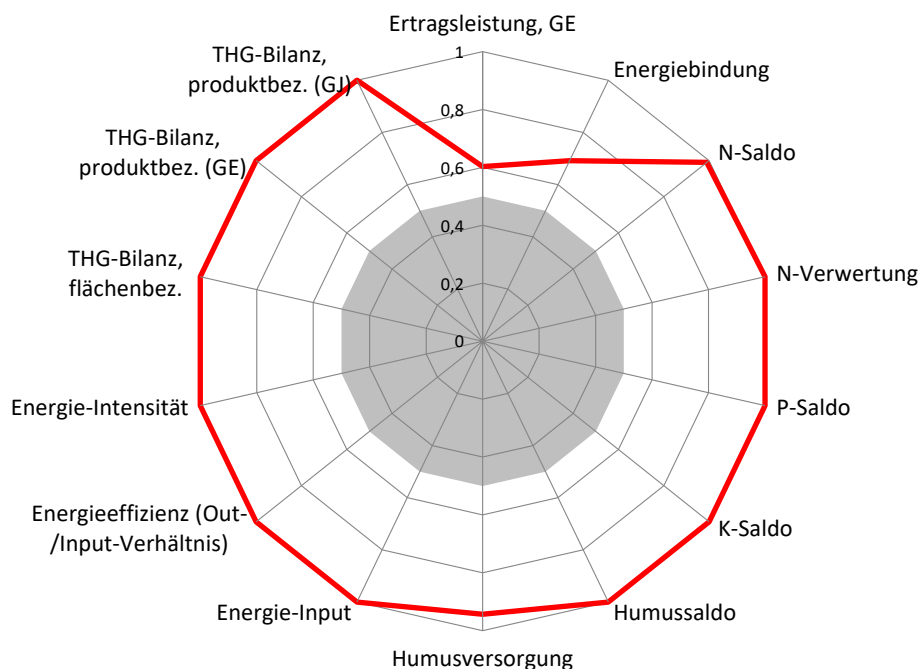


Abbildung 4.10-26: Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 71 (2009 – 2015).

Die N-Salden sind in der Ausgangssituation negativ (Abbildung 4.10-27). Der Betrieb ist auf die Zufuhr externer organischer Dünger angewiesen, um die N-Versorgung zu gewährleisten. Die relativ geringe N_2 -Fixierleistung (44 kg ha^{-1}) bei einem relativ hohen Leguminosenanteil in der Fruchtfolge (25 % Klee gras, 10 % Körnerleguminosen) ist auf die geringen Leguminosenerträge zurückzuführen.

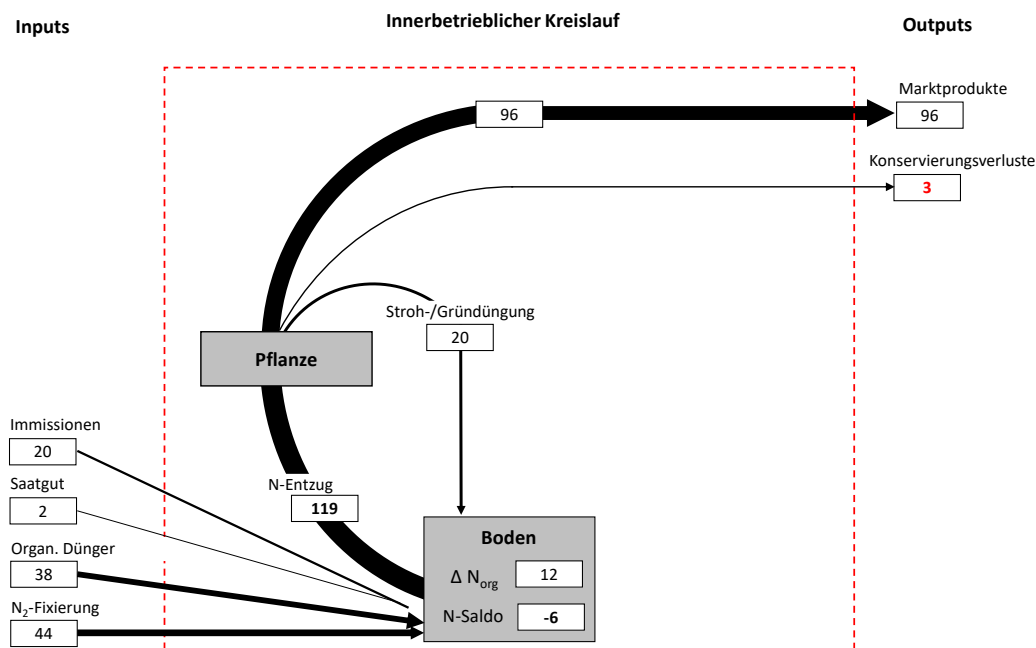


Abbildung 4.10-27: Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 71 (2009 – 2015).

Die P-Bilanz ist in der Ausgangssituation negativ (-3 kg ha^{-1}). Durch die Zufuhr P-reicher organischer Dünger (v.a. Hühnertrockenkot) erfolgt ein fast vollständiger Ausgleich der P-Exporte durch pflanzliche Marktprodukte. Die K-Bilanz weist einen K-Saldo von -43 kg ha^{-1} auf. Die negativen P- und K-Bilanzsaldden sind kurz- bis mittelfristig tolerierbar, da die Nährstoffgehalte der Dauertestflächen in der Gehaltsklasse C (optimaler Gehalt, Düngung nach Entzug) bzw. D (hoher Gehalt, verminderte Düngung) sind. Allerdings weisen die pH-Werte und die niedrigen Luzerne-Klee gras-Erträge auf eine notwendige Kal-kung und Schwefeldüngung hin.

Die Humusbilanz (Tabelle 4.10-27) zeigt positive Humussalden (Versorgungsstufe C). Aufgrund der ex-tensiven Flächennutzung wird ein sehr geringer Humusbedarf ausgewiesen. Die Humusversorgung er-folgt über Leguminosen, Stroh- und Gründüngung. Stallmist, Gülle und sonstige organische Dünger sind von geringer Bedeutung für Humusreproduktion des Betriebes.

Tabelle 4.10-27: Humusbilanz (dynamische Humuseinheitenmethode), Angaben in kg Humus-C je ha Acker-land, Pilotbetrieb PB 71 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 71
Humusbedarf	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	-329
Humusersatzleistung	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	459
Humusmehrerleistung	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	237
Zufuhr organischer Dünger	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	221
Strohdüngung	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	123
Gründüngung	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	55
Stallmist	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	19
Gülle	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	12
sonst. org. Dünger	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	12
Humussaldo	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	129
Versorgungsgrad	%	147
Versorgungsstufe		C

4.10.3.5.3 Gesamtbetriebliche Optimierungsszenarios zur Verbesserung der Ressourcen-effizienz

Zusammenfassend sind in der Tabelle 4.10-28 betriebliche Schwachstellen dargestellt.

Anhand der Nährstoffbilanzen ist einzuschätzen, dass die unzureichende Nährstoffversorgung auf dem Ackerland das Ertragsniveau limitiert. Die extensive Flächennutzung im Ackerfutterbau und auf dem Grünland durch Pferde- und Schafbeweidung führt ebenfalls zu geringen Erträgen. Andererseits erbringt der Betrieb Naturschutzleistungen (extensives artenreiches Grünland und Futterpflanzen, Blühstreifen) auf über 50 % der Betriebsfläche durch die extensive Bewirtschaftung und die Teilnahme an Agrarum-weltprogrammen.

Tabelle 4.10-28: Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 71

Pflanzenbau	– geringe Erträge und geringe Energiebindung im Ackerbau und auf dem Grünland – zu wenig Stickstoff im betrieblichen Stoffkreislauf – negativer N-Saldo, P-Saldo, K-Saldo (nicht nachhaltige Nährstoffversorgung) – nicht optimale Nutzung von Luzerne-Klee gras – geringe Futterqualität auf dem Grünland

In Abstimmung mit dem Betriebsleiter wurden die in Tabelle 4.10-29 aufgeführten Maßnahmen abgeleitet, die in Szenariorechnungen hinsichtlich ihrer potenziellen Wirkungen geprüft wurden. Ein übergeordnetes Ziel ist die bessere Nährstoffversorgung als Grundlage für Ertragssteigerungen im Pflanzenbau.

Tabelle 4.10-29: Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 71

Bereich	Maßnahmen	Ziele
Szenario 1		
Nährstoffversorgung und Nährstoffkreislauf	– Ausbau der Futter-Mist-Kooperation – überbetriebliches Nährstoffrecycling: Lieferung von Futter in Ökobetriebe und verstärkter Einsatz von Hühnertrockenkot und Gärresten aus diesen Betrieben (regionale Stoffströme)	– N-Kreislauf intensivieren – bessere N- und P-Versorgung als Grundlage für Ertragssteigerungen (insbesondere bei Getreide)
Anbaustruktur und Fruchtfolge	– Veränderung der Anbaustruktur und Fruchtfolge: 4 ha Körnermais anstelle von Körnerleguminosen, Mais-Düngung mit Hühnertrockenkot – Management (Aussaat, Pflege, Ernte) durch Lohnunternehmen	– Steigerung der Marktproduktion
Futterbau	– Intensivierung der Luzerne-Klee gras-Nutzung: Düngung mit Schwefel und Kalk – 1. Nutzung: Silage (Kooperation Milchviehbetrieb) – 2. Nutzung: Silage (Kooperation Milchviehbetrieb) – 3. Nutzung: Mulch auf Getreidestoppel – 4. Nutzung: Weide (Schafe)	– Höhere Futtererträge und Futterqualitäten
Szenario 2		
Ertragsbildung	– Mittelfristige Durchführung aller in Szenario 1 aufgeführten Maßnahmen	– Ertragsstabilisierung auf höherem Ertragsniveau
Anbaustruktur und Fruchtfolge	– Veränderung der Anbaustruktur und Fruchtfolge: 8 ha Verkaufsgetreide anstelle von Getreideganzpflanzensilage	– Steigerung der Marktleistung und der Verkaufserlöse

4.10.3.5.4 Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien

Der Stickstoffkreislauf nach Szenario 1 zeigt moderate Verbesserungen gegenüber der Ausgangsvariante. Höhere N-Inputs führen zu höheren N-Entzügen durch die Ertragssteigerung. Allerdings reichen die erhöhten N-Zufuhren nicht aus, den N-Saldo auszugleichen. Anhand des N-Kreislaufs (Abbildung 4.10-

28) ist zu schlussfolgern, dass die Maßnahmen nicht genügen, um den N-Kreislauf deutlich zu intensivieren und das Ertragsniveau wesentlich anzuheben.

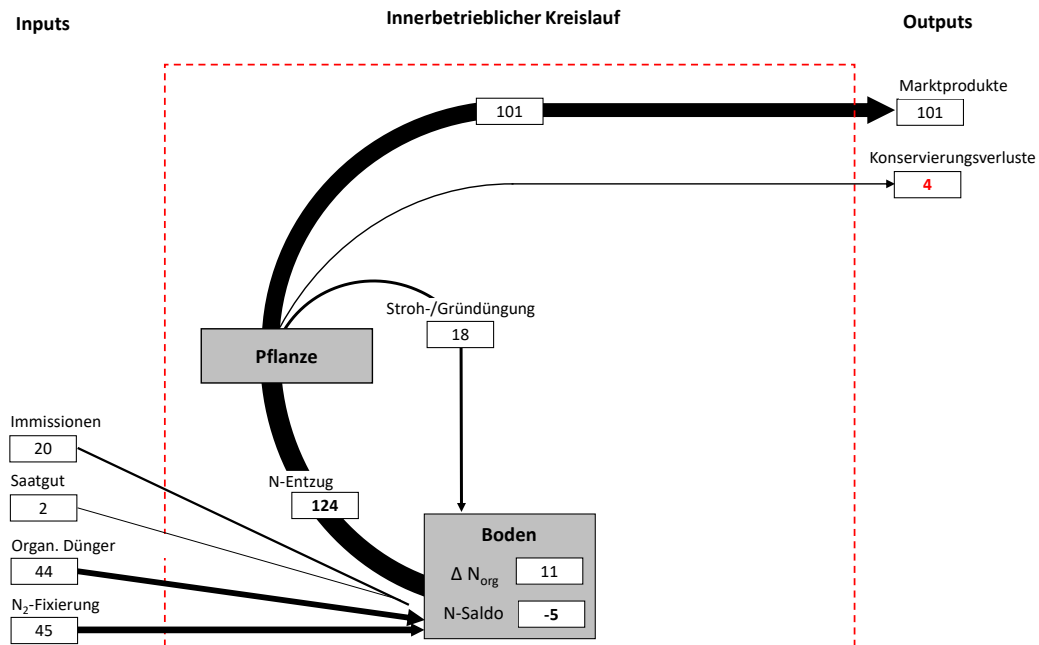


Abbildung 4.10-28: Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 71, Ergebnis der Szenario 1.

Die Gesamtdarstellung der zu erwartenden ökologischen Wirkungen (Abbildung 4.10-29) zeigt Verbesserungen bei den Indikatoren „Ertragsleistung“, „Energiebindung“ und „Humusversorgung“. Alle übrigen Indikatoren bleiben im Optimalbereich, d.h. bei der Umsetzung der Szenarien kommt es nicht zu Zielkonflikten.

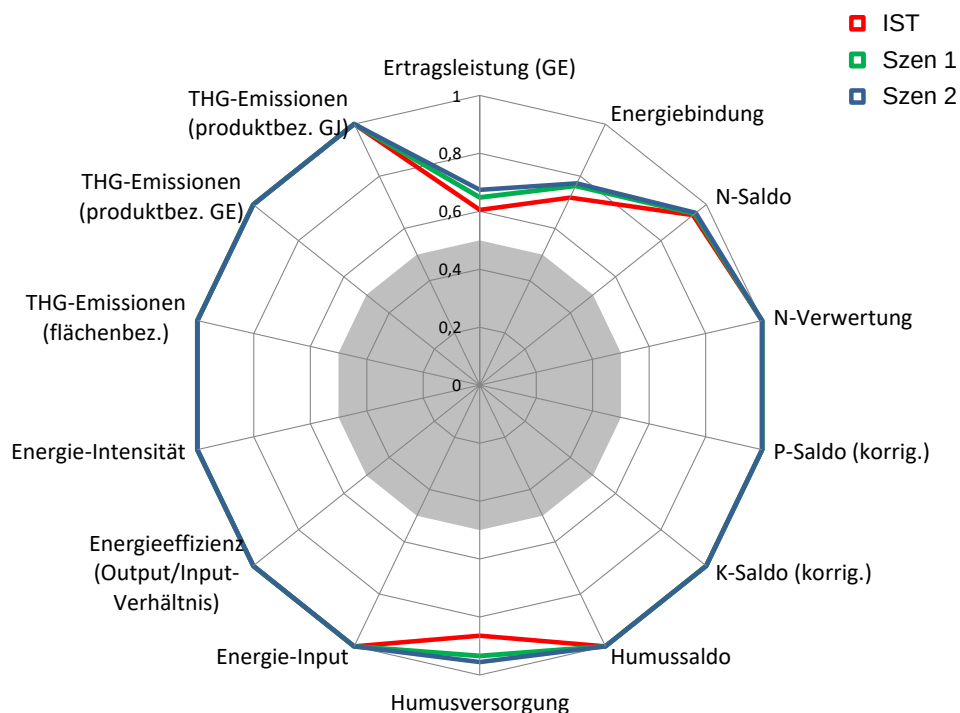


Abbildung 4.10-29: Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 71, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

Ökonomische Auswirkungen

Aus einer ökonomischen Perspektive sind insbesondere zwei Effekte zu beleuchten. Die Reduktion der Ackerbohnenfläche und der Anbau von Körnermais sowie die Einführung einer Zwischenfrucht haben zur Folge, dass das Anbauverhältnis von Kulturen mit unterschiedlichen Deckungsbeiträge verändert wird. Da insbesondere in Folge des relativ niedrigen Preisniveaus der Deckungsbeitrag der Ackerbohne mit 205 € ha⁻¹ deutlich unter dem Deckungsbeitrag für Körnermais (inkl. Zwischenfruchtanbau) mit 1.182 € ha⁻¹ liegt, ergeben sich durch die Anpassung der Fruchtfolge deutliche ökonomische Vorteile.

Gleiches gilt auch für das veränderte Düngemanagement. Der Ausbau der Futter-Mist-Kooperation, die zusätzliche Kalkung und das zusätzliche Mulchen führen zwar zu höheren Düngekosten (25 € ha⁻¹); gleichzeitig führen die höheren Erträge aber auch zu höhere Erlösen (100 € ha⁻¹) und somit zu einem weiteren positiven Nettoeffekt. Insgesamt kann der Betrieb in der Szenario-Berechnung durch die Maßnahmen seinen Gewinn um 110 € ha⁻¹ steigern. Vergleichbare Änderungen können auch erwartet werden, wenn die Winterweizen-Anbaufläche um 8 ha ausgedehnt und der Wickroggen und die Ganzpflanzensilage entsprechend reduziert werden.

4.10.3.6 Pilotbetrieb PB 40, Region West

4.10.3.6.1 Kennzeichnung des Betriebes

Der konventionelle Marktfruchtbetrieb PP 40 (Tabelle 4.10-30) liegt in der Region West (Ost-Westfalen) 107 m über NN. Die vom Betrieb genutzten Lößböden zeichnen sich durch eine hohe natürliche Bodenfruchtbarkeit (hohe Bodenwertzahlen) aus. Der Standort ist prädestiniert für den intensiven Marktfruchtbaubau.

Tabelle 4.10-30: Standortbedingungen, Betriebsstruktur u. Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 40 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 40
Standortbedingungen		
Region		Ost-Westfalen, Soester Börde
Höhenlage	m NN	107
Niederschlag	mm a ⁻¹	702
Jahresdurchschnittstemperatur	°C	9,7
Bodenart		sL bis L
Bodenwertzahl		70 (63 – 78)
Betriebsstruktur		
Landbau		konventionell
Betriebsform		Marktfruchtbaubau
Tierbesatz	GV ha ⁻¹	0
Nutzfläche (LN)	ha	125
Ackerland (AL)	% der AL	100
Getreide	% des AL	50
Luzerne-Kleegras, Ackergras	% des AL	5
Hackfrüchte	% des AL	33
Ölfrüchte	% des AL	10
Zwischenfrüchte	% des AL	14
Fruchtartendiversität	Index	2,51
Erträge und Leistungen		
Getreideeinheiten-Ertrag	GE ha ⁻¹ LN	99
Energiebindung	GJ ha ⁻¹ LN	179
Winterweizen	dt FM ha ⁻¹	97
Winterraps	dt FM ha ⁻¹	45
Zuckerrüben	dt FM ha ⁻¹	850
Kartoffeln	dt FM ha ⁻¹	570
Möhren	dt FM ha ⁻¹	600
Silomais	dt FM ha ⁻¹	570

Die Anbaustruktur weist einen Anteil von 50 % Getreide, 33 % Hackfrüchte, und 10 % Ölfrüchte (Winter-raps) des Ackerlandes aus. Es findet somit eine sehr intensive ackerbauliche Nutzung statt. Die Erträge

der einzelnen Fruchtarten, der GE-Ertrag der Fruchtfolge sowie die Energiebindung im Pflanzenbau belegen das sehr hohe Ertragsniveau des Betriebes. Das Luzerne-Klee gras dient dem Humusaufbau und der Bodenverbesserung; der Aufwuchs wird als Silage abgefahren und – zusammen mit dem angebauten Silomais – über eine Substrat-Gärrest-Kooperation verwertet. Zusammen mit Zuckerrüben, Kartoffeln und Möhren werden ca. ein Drittel der Fläche mit Hackfrüchten bestellt. Die Ackerflächen (ausgenommen zur Einarbeitung des Roggenstrohs) werden pfluglos (mit konservierender Bodenbearbeitung) genutzt. Die vielfältigen Fruchtfolgen mit Zwischenfrüchten und Mulchsaaten gewährleisten eine nahezu ständige Bodenbedeckung.

Betriebswirtschaftliche Kennzahlen des Betriebes PB 40 sind der Tabelle 4.10-31 zu entnehmen. Zu den wesentlichen Betriebszielen zählen eine hohe Wirtschaftlichkeit und gesichertes Einkommen sowie die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit durch eine nachhaltige Flächennutzung. Durch unterschiedliche Produktionsrichtungen und Vermarktungswege erfolgt eine Diversifizierung im Pflanzenbau.

Tabelle 4.10-31: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 40 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 40
Arbeitskräfte		
Familien-AK (nicht entlohnt)	AK	1,0
Abhängig Beschäftigte	AK	0,1
Nichtlandwirtschaftlicher Bereich		Lohnarbeit (< 50 % des Einkommens)
Umsatz und Erlöse Landwirtschaft		
Getreide	%	42
Möhren	%	15
Kartoffeln	%	13
Mais	%	12
Zuckerrüben	%	10
Winterraps	%	8
Rahmenbedingungen		Keine Hofnachfolge, Zeithorizont bei Investitionen
Betriebsziele		
– Nachhaltige Bewirtschaftung – Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit – Hohe Wirtschaftlichkeit und gesichertes Einkommen		
Betriebsstrategie		
– Diversifizierung im Pflanzenbau durch hohe Fruchtartenvielfalt (Getreide, Möhren, Kartoffeln, Zuckerrüben, Raps, Mais) – Vielfältige Fruchtfolgen mit Zwischenfruchtanbau – Bodenschonende, konservierende Bodenbearbeitung		

4.10.3.6.2 Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen

Pflanzenbau und Ressourceneffizienz

Der konventionelle Pilotbetrieb PB 40 erzielt in der Ausgangssituation sehr gute Bewertungen bei den ertrags- und produktbezogenen Indikatoren „Ertragsleistung“, „Energiebindung“, „produktbezogene THG-Emissionen“ sowie bei den Effizienzkriterien „Stickstoffeffizienz“ und „Energieeffizienz“ (Abbildung 4.10-30). Auch die N-Salden sind im optimalen Bereich. Dem Betrieb kann somit bescheinigt werden, dass er eine sehr hohe Produktivität und Effizienz erzielt und die standortbezogenen Ertragspotenziale ausschöpft.

Größere Defizite zeigen sich hingegen bei der Humusversorgung der Ackerböden und dem Humussaldo – hier besteht Optimierungsbedarf. Weitere Schwachstellen sind der hohe flächenbezogene Einsatz fossiler Energie (dies ist Ausdruck der hohen Bewirtschaftungsintensität des Betriebes) sowie die damit verbundenen hohen flächenbezogenen THG-Emissionen.

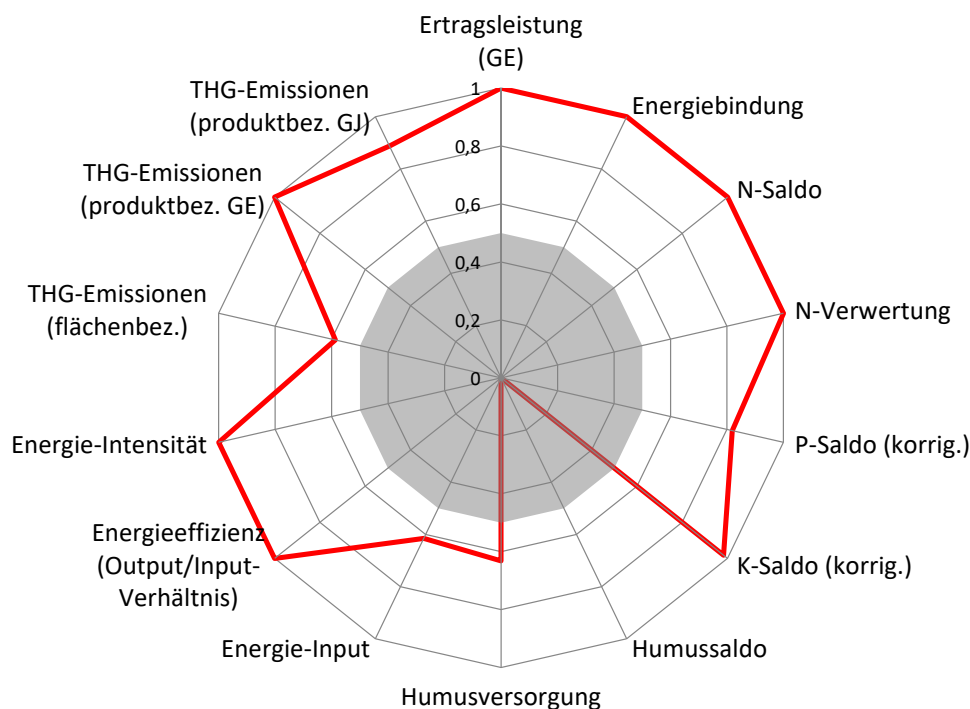


Abbildung 4.10-30: Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 40 (2009 – 2015).

Der betriebliche N-Kreislauf (Abbildung 4.10-31) kennzeichnet die Ausgangssituation. Der Betrieb setzt im Rahmen einer Substrat-Gärrest-Kooperation Gärreste eines benachbarten Betriebes ein (ca. 44 kg N ha⁻¹ a⁻¹). Der Mineral-N-Einsatz ist mit ca. 100 kg ha⁻¹ a⁻¹ auf moderatem Niveau.

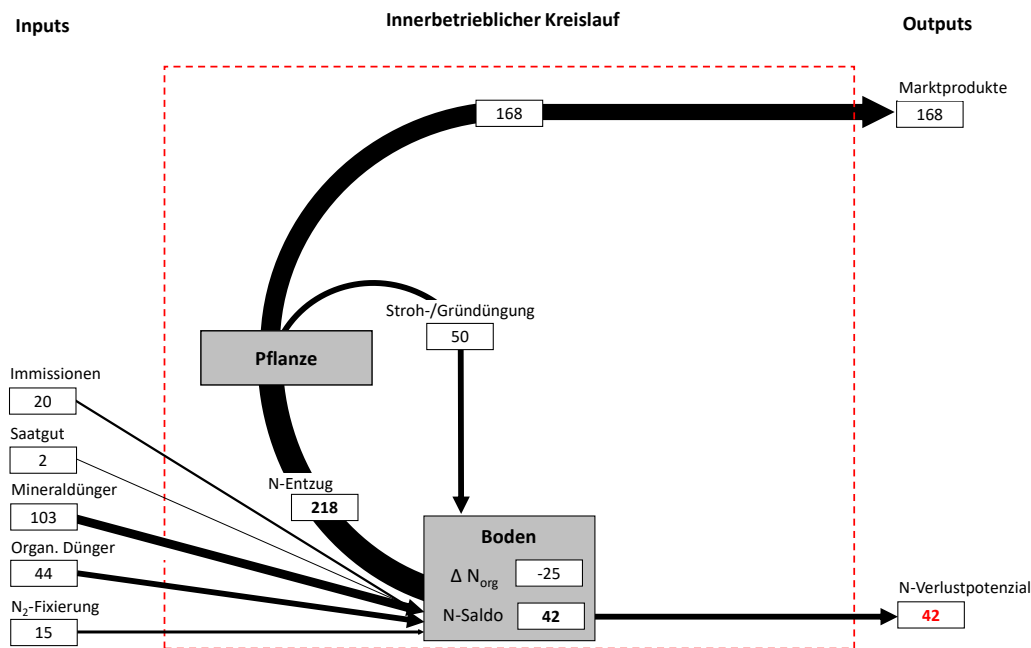


Abbildung 4.10-31: Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 40 (2009 – 2015).

Der relativ geringe N-Saldo von $42 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ($17 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ohne Boden-N_{org}-Vorratsänderung) sowie die hohe N-Effizienz von 93 % sind auf ein sehr gutes N-Management zurückzuführen. Die Mineral-N-Düngung ist dem Ertragsniveau und N-Bedarf der Kulturpflanzen optimal angepasst.

Kritisch zu bewerten ist hingegen die zu erwartende Abnahme des Boden-N_{org}-Vorrates aufgrund der negativen Humusbilanz (berechnet mit der dynamischen Humuseinheitenmethode, Tabelle 4.10-32). Daher ist langfristig mit einer Abnahme der Humus- und Nährstoffvorräte zu rechnen, was den Betriebszielen „Nachhaltige Bewirtschaftung“ und „Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit“ widerspricht (vgl. Tabelle 4.10-31).

Auch die P-Bilanzsalden ($-17 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) und K-Bilanzsalden ($-52 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) sind negativ. Die Nährstoffgehalte der Dauertestflächen befinden sich bei P und K in der Gehaltsklasse C (optimaler Gehalt, Düngung nach Entzug). Somit sind zumindest kurz- bis mittelfristig auch negative Bilanzsalden tolerierbar.

Tabelle 4.10-32: Humusbilanz (dynamische Humuseinheitenmethode), Angaben in kg Humus-C je ha Ackerland, Pilotbetrieb PB 40 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 40
Humusbedarf	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	-773
Humusersatzleistung	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	508
Humusmehrerleistung	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	79
Zufuhr organischer Dünger	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	429
Strohdüngung	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	261
Gründüngung	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	72
Gülle	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	96
Humussaldo	kg ha ⁻¹ a ⁻¹	-264
Versorgungsgrad	%	66
Versorgungsstufe		A

Der Humussaldo weist eine bewirtschaftungsbedingte Abnahme des Humus-C-Vorrats in Höhe von 264 kg ha⁻¹ a⁻¹ aus, was der Versorgungsstufe A entspricht. Nach VDLUFA (2014) ist in Versorgungsstufe A mit einer „ungünstigen Beeinflussung von Bodenfunktionen und Ertragsleistungen“ zu rechnen; empfohlen wird eine „Änderung der Fruchtartenwahl und/oder Erhöhung der Zufuhr organischer Dünger“.

Der negative Humussaldo ist eine Folge des sehr hohen Humusbedarfs durch den umfangreichen Anbau von Hackfrüchten und Feldgemüse. Die Humusmehrerleistung von Leguminosen spielt in der Ausgangssituation eine untergeordnete Rolle. Die Humusreproduktion basiert im Wesentlichen auf der Stroh- und Gründüngung, die trotz hoher Biomasseerträge nicht ausreicht, den Humusbedarf zu decken (66 % Versorgungsgrad).

4.10.3.6.3 Gesamtbetriebliches Optimierungsszenario zur Verbesserung der Ressourceneffizienz

Zusammenfassend sind in Tabelle 4.10-33 Schwachstellen dargestellt, die die gesamtbetriebliche Ressourceneffizienz und ökologische Nachhaltigkeit negativ beeinflussen.

Tabelle 4.10-33: Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 40

Humus- und Nährstoffbilanzen	– negativer Humussaldo, unzureichende Humusversorgung – negativer P-Saldo und K-Saldo (kurz- bis mittelfristig tolerierbar)
Energie- und Treibhausgasbilanz	– hoher Energieinput – hohe flächenbezogene THG-Emissionen

Im Dialog mit dem Betriebsleiter wurden die in Tabelle 4.10-34 aufgelisteten Maßnahmen und Strategien abgeleitet, die in Szenariorechnungen hinsichtlich ihrer potenziellen Wirkungen geprüft wurden.

Im Zentrum der Maßnahmen stehen (a) die bessere Humus- und Nährstoffversorgung der Böden als Grundlage für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit und (b) die Minderung des Einsatzes fossiler Energie und der flächenbezogenen THG-Emissionen.

Tabelle 4.10-34: Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 40

Bereich	Maßnahmen	Ziele
Szenario 1	– Ausdehnung der Anbaufläche von Zwischenfrüchten → Zwischenfruchtanbau vor allen Sommerungen	– Bodenbedeckung und Bodenschutz – Zusätzliche Biomasseproduktion – Verbesserung der Humusbilanz und Nährstoffkonservierung – Verbesserung der THG-Bilanz durch geringeren Humusabbau
	– Futter-Gärrest-Kooperation – → Anbau von 5 ha Wickroggen (statt Winterroggen), Ausbau der Substrat-Gärrest-Kooperation mit Rückführung von äquivalenten Nährstoffmengen – Roggenstroh wird (wie bisher) abgegeben	– Verbesserung der Humus- und Nährstoffbilanz (Makro- und Mikronährstoffe) – geringerer Energieinput und geringere Emissionen – Erhöhung der organischen Düngung und Einsparung von Mineraldünger
Szenario 2 (zusätzlich)	– Anbau von zusätzl. 5 ha Wickroggen (statt Winterroggen), weiteren Ausbau der Substrat-Gärrest-Kooperation mit Rückführung von äquivalenten Nährstoffmengen – restl. Roggenstroh (ca. 10 ha) verbleibt zur Strohdüngung auf Betrieb – Einarbeitung mit Pflug	– Weitere Verbesserung der Humus- und Nährstoffversorgung – geringerer Energieinput und geringere Emissionen – Erhöhung der organischen Düngung und Einsparung von Mineraldünger

4.10.3.6.4 Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien

Die Gesamtdarstellung der zu erwartenden ökologischen Wirkungen (Abbildung 4.10-32) zeigt deutliche Verbesserungen bei den Indikatoren „Humusversorgung“ und „Humussaldo“. Die Humusversorgung erzielt in den Szenarien bereits die maximale Bewertung, während der Indikator „Humussaldo“ immer noch ein Verbesserungspotenzial ausweist. Auch der Indikator „P-Saldo“ zeigt eine verbesserte P-Versorgung an, wenngleich die P-Bilanz immer noch negativ ist.

Der N-Saldo ($40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ in Szenario 1, $39 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ in Szenario 2) bleibt nahezu unverändert. Insgesamt kann das primäre Ziel des Betriebsleiters – Verbesserung der Humus- und Nährstoffversorgung der Böden – erreicht werden.

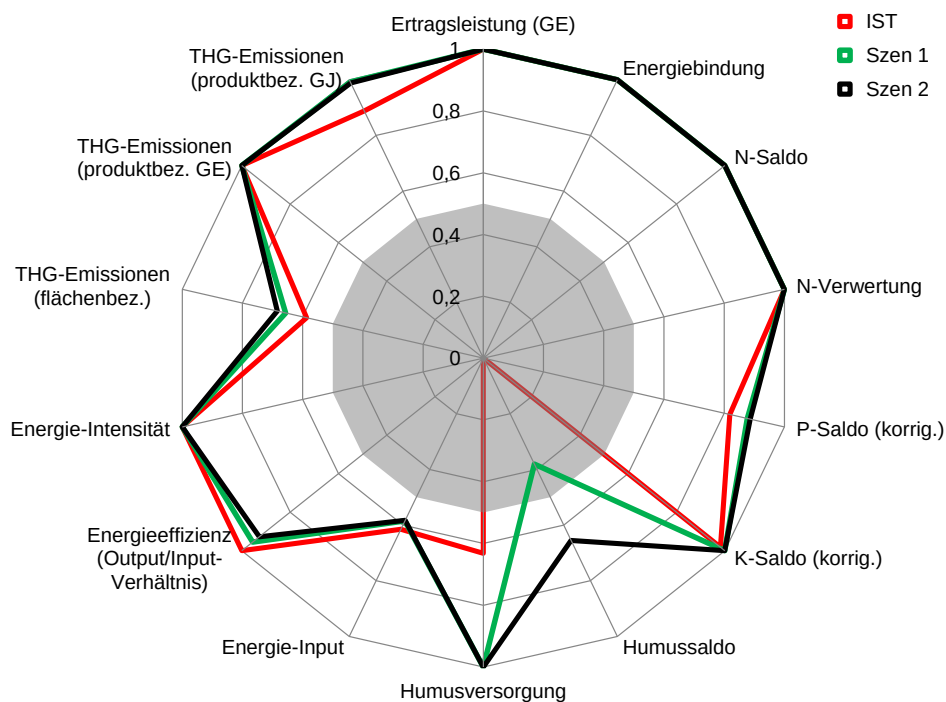


Abbildung 4.10-32: Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 40, Vergleich der Ausgangssituation mit den Szenarien 1 und 2.

Bei einigen Indikatoren wurden negative Effekte berechnet. So ist ein Anstieg des Energieinputs von 12,7 auf 13,3 GJ ha⁻¹ a⁻¹ zu erwarten (u. a. durch mehr Transporte von Biomasse und Gärresten, zusätzlichen Aufwand durch verstärkten Zwischenfruchtanbau, Pflugeinsatz bei der Einarbeitung von Roggenstroh), wodurch die Energieeffizienz etwas sinkt (von 15,1 auf 13,5). Es bestehen also Zielkonflikte zwischen Humus- und Nährstoffversorgung auf der einen Seite und der Einsparung fossiler Energie auf der anderen Seite.

Bei den flächen- und produktbezogenen THG-Emissionen sind nach den Modellberechnungen positive Effekte zu erwarten, vor allem durch die geringere Abnahme des Bodenkohlenstoffvorrates.

Ökonomische Auswirkungen

Um die Humusbilanz zu verbessern und die THG-Emissionen auf dem Betrieb zu vermindern, ist im Optimierungs-Szenario der Ausbau der Zwischenfrüchte von 27 auf 40 ha vorgesehen. Diese Maßnahme führt zu zusätzlichen Saatgut- und Maschinenkosten und damit zu einer Erhöhung der Produktionskosten in Höhe von 184 € ha⁻¹ je Hektar Zwischenfrucht. Die zweite Maßnahme des Szenarios hat zur Folge, dass durch die Verminderung des Roggenanbaus eine erlösstarke Kultur mit einem Deckungsbeitrag von 832 € ha⁻¹ reduziert wird. Der vorgesehene Anbau von Wickroggen für die Biogasproduktion bzw. Erzeugung von Gärresten hat zwar zur Folge, dass dadurch weniger Düngemittel zugekauft und somit Düngerkosten eingespart werden können; diese Reduktion kann jedoch die verminderten Roggenerlöse nicht

vollständig kompensieren. Gesamthaft führen die beiden Veränderungen zu einem Gewinnrückgang von 59 € ha⁻¹. Dabei ist allerdings zu beachten, dass in der Szenario-Analyse keine positiven Ertragseffekte angenommen wurden.

Eine bessere Humus- und Nährstoffversorgung ist jedoch eine Grundvoraussetzung für die Erhaltung des hohen Ertragsniveaus und eine wichtige Anpassungsmaßnahme an zu erwartende Klimaänderungen. In Verbindung mit der konservierenden Bodenbearbeitung kann die optimierte Humusversorgung der Ackerböden das Bodengefüge verbessern, die Wasserinfiltration und Wasserspeicherfähigkeit erhöhen sowie die Wasserverdunstung vermindern. Der verbesserte Bodenwasserhaushalt kann in Trockenperioden dazu beitragen, die Pflanzenbestände länger mit Wasser zu versorgen und dadurch die Ertragsstabilität erhöhen (klimaresilienter Pflanzenbau). Diese Effekte wirken sich positiv auf die Ertragsstabilisierung und damit auch auf die Wirtschaftlichkeit aus. Sie lassen sich jedoch nur schwer quantifizieren, weshalb sie in der Analyse nicht berücksichtigt wurden.

4.10.4 Diskussion der Betriebsoptimierung

4.10.4.1 Methodendiskussion

Gesamtbetriebliche Optimierung

Die Fallstudien der Pilotbetriebe zeigen, dass betriebliche Optimierungspotenziale bestimmt werden können, wenn die Ausgangssituation mit leistungsfähigen Instrumenten (REPRO, HUNTER, Welfare Quality® Protocol) analysiert und bewertet wurde. Im Dialog mit den Betriebsleitern wurden unter Beachtung der Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen Optimierungsstrategien entwickelt und mit Einzelmaßnahmen untersetzt. Die potenziellen Wirkungen dieser Maßnahmen wurden mit o.g. Modellen ermittelt. Abschließend wurden Ausgangsvarianten und Optimierungsszenarien gegenübergestellt.

In den Pilotbetrieben wurden vielfältige Maßnahmen abgeleitet. In den Optimierungsworkshops wurde ein zielorientierter Ansatz verfolgt. Zunächst wurden gemeinsam mit den Betriebsleitern Ziele definiert, z. B. das Erreichen einer positiven Humusbilanz, die Verbesserung der Phosphorversorgung, die Minimierung von Stickstoffverlusten, die Verbesserung des Tierwohls und der Tiergesundheit. Ausgehend von diesen Zielen ergab sich in der Diskussion meist ein Spektrum von Maßnahmen, aus denen gewählt wurde. So bestehen beispielsweise für die Verbesserung der Humusversorgung von Ackerböden unterschiedliche Optionen, und die jeweils richtige kann nur im betrieblichen Kontext gefunden werden.

Bei der Ableitung von Optimierungsmaßnahmen kommt den Betriebsleitern die entscheidende Funktion zu. Berater können Schwachstellen und Handlungsoptionen aufzeigen, die Auswahl der richtigen Maßnahmen können aber nur die Betriebsleiter treffen. Sie tragen das wirtschaftliche Risiko und besitzen die erforderlichen Detailkenntnisse der Standortpotenziale, der Technik- und Personalausstattung. Bei der Auswahl und Umsetzung von Optimierungsstrategien spielen auch die fachliche Qualifikation und persönliche Präferenzen eine wichtige Rolle.

Als ein Fazit der Optimierungs-Workshops ist einzuschätzen, dass alle beteiligten Betriebsleiter sehr interessiert waren an der Diskussion über Verbesserungspotenziale in den Bereichen Tierwohl, Ressourceneffizienz, Umwelt- und Klimaschutz. Sie waren offen für Anregungen und den „Blick von außen“ auf

das Betriebsgeschehen. Sie werden Tierwohl-, Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen aber nur umsetzen, wenn Sie von den positiven Effekten überzeugt sind und die Maßnahmen wirtschaftlich tragfähig sind. Hierzu müssen die Optimierungsszenarien die notwendige fachliche Tiefe erreichen und mit ökonomischen Bewertungen verbunden sein. In den Pilotbetrieben war dies mit einem hohen Datenerfassungsaufwand und den Einsatz hochqualifizierter Mitarbeiter/innen zu erreichen. Wichtig ist aber, dass diese neuen Beratungsansätze und -methoden schnell Eingang in die breite Beratungspraxis finden.

Die Entwicklung neuer praxisanwendbarer Tools – ausgehend von den im Projekt verwendeten wissenschaftlichen Modellen – soll diesen Transferprozess unterstützen. So wurde im Netzwerk der Pilotbetriebe das neue Beratungsmodell HUNTER auf der Grundlage des Modells REPRO entwickelt und getestet. Im Excel-Tool HUNTER können Bewirtschaftungsdaten erfasst und Humus-, Nährstoff-, Treibhausgas- und Energiebilanzen des Pflanzenbaus berechnet werden (vgl. Kapitel 4.2). Das neue „Tierwohl-Tool Milchvieh“ kann als einfaches, selbsterklärendes Excel-Werkzeug verwendet werden, um in kurzer Zeit eine erste Einschätzung des Tierwohls bei Milchkühen vorzunehmen (vgl. Kapitel 4.9; Seith et al., 2019). Beide Tools sind frei verfügbar und unter www.pilotbetriebe.de/wissenstransfer abrufbar.

Als besondere Herausforderung erwies sich in den Optimierungs-Workshops die Komplexität der Fragestellungen mit der Verknüpfung unterschiedlicher Themenbereiche wie Treibhausgasemissionen und Haltungsbedingungen in der Milchproduktion. Andererseits bestand bei den Betriebsleitern zunehmendes Interesse an dieser Systemoptimierung. Hieraus sind folgende Schlussfolgerungen zu ziehen:

- Die Weiterentwicklung ökologischer Betriebe kann durch neue gesamtbetriebliche Beratungsansätze unterstützt werden. Eine Betriebsberatung, die Aspekte des Umwelt- und Klimaschutzes mit Tierwohl- und Haltungsbedingungen verbindet, sollte die bisherigen Beratung, die überwiegend auf Produktionstechnik und einzelne Betriebszweige ausgerichtet ist, ergänzen.
- Nachhaltigkeitsmanagement und gesamtbetriebliche Optimierung werden weiter an Bedeutung gewinnen. Das betrifft nicht nur die Primärproduktion (also die landwirtschaftlichen Betriebe, die im Netzwerk der Pilotbetriebe im Fokus standen), sondern gesamte Prozess- und Wertschöpfungskette bis zur Vermarktung. Das gesellschaftliche Interesse an den Themen Tierwohl, Umwelt- und Klimawirkungen ist in den vergangenen 10 Jahren (während der Projektlaufzeit) kontinuierlich gestiegen. Zu Projektbeginn waren dies eher Themen für speziell interessierte Landwirte und Verbraucher. Inzwischen sind diese Themen mitten in der Gesellschaft und der öffentlichen Diskussion angekommen, zum Teil sind es bereits entscheidende Kaufkriterien.
- Die Zukunft der Nutztierhaltung wird wesentlich davon abhängen, wie es gelingt, hohe Umwelt- und Klimaschutzleistungen zu erreichen, nachzuweisen und zu kommunizieren. Nicht wenige Verbraucher sehen Milchprodukte aufgrund der Klimabilanz kritisch und greifen zu Produkten auf pflanzlicher Basis. Es gibt einige lokale Initiativen, die auf Klimaschutz in der Milchviehhaltung und nachhaltiges Grünlandmanagement ausgerichtet sind, z. B. KUHproKLIMA im Oberallgäu (www.kuhproklima.de) oder die Initiative „KlimaBauer“ der Andechser Biomolkerei (www.klimabauer.de).
- Im Rahmen des Projektes wurden leistungsfähige Tools zur Nährstoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzierung (Kapitel 4.2) und zur Beurteilung des Tierwohls der Milchkühe (Kapitel 4.9) entwickelt und in den Pilotbetrieben bei der Betriebsanalyse, -bewertung und -optimierung getestet.

Diese Tools erfordern Spezialwissen in der Anwendung. Für einen breiten Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis und Beratung müssen diese Systeme weiter angepasst und vereinfacht werden.

Indikatoren, Zielwerte und Bewertungsfunktionen

Die Schwachstellenanalyse und Bewertung erfolgt mit Indikatoren, Zielwerten und Bewertungsfunktionen. Die darauf basierenden Netzdiagramme veranschaulichen, in welchen Bereichen Optimierungsbedarf besteht bzw. zeigen die Effekte der geprüften Szenarien im Vergleich zur Ausgangssituation.

Die im Netzwerk der Pilotbetriebe verwendeten Zielwerte und Funktionen zur Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit (Beispiel in Abbildung 4.10-2) basieren auf früheren wissenschaftlichen Arbeiten (Hülsbergen, 2003) sowie auf Abstimmungen in Expertengremien, z. B. der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG, Schaffner und Hövelmann, 2009).

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Boden- und Klimabedingungen der Pilotbetriebe unterschiedlich sind, die Zielwerte aber einheitlich verwendet werden. Es gelten auf allen Standorten gleiche Bewertungsfunktionen. Eine Differenzierung nach Boden- und Klimabedingungen wäre prinzipiell möglich. So könnte die Bewertungsfunktion der Stickstoffsalden (Abbildung 4.10-2) dem standörtlichen Nitrataustragsrisiko und der Sickerwasserrate angepasst werden. Auf auswaschungsgefährdeten Standorten könnte der Optimalbereich (0 bis 50 kg ha⁻¹) auf 0 bis 25 kg ha⁻¹ angepasst werden. Auch bei den Zielwerten zur Ertragsbewertung könnte nach standörtlichen Ertragspotenzialen (z. B. Bodenwertzahlen) differenziert werden. Dies würde aber bedeuten, dass die Betriebe mit unterschiedlichen Maßstäben bewertet werden, wodurch das Bewertungssystem komplexer und weniger transparent wäre. Auch in anderen Bewertungssystemen, z. B. dem DLG-Nachhaltigkeitsstandard (Schaffner und Packeiser, 2009), gelten die Bewertungsfunktionen standortunabhängig.

Für ökologische und konventionelle Betriebe wurden überwiegend gleiche Bewertungsfunktionen und Zielwerte verwendet. Abweichungen gibt es in Anlehnung an VDLUFA (2014) bei der Bewertung der Humussalden, wonach im ökologischen Landbau höhere Humussalden und eine bessere Humusversorgung anzustreben sind (vgl. auch Leithold et al., 2015).

Auch bei den Zielwerten für GE-Erträge und Energiebindung wurde zwischen ökologischem und konventionellem Landbau differenziert (Tabelle 4.10-1). Bei gleichen (konventionellen) Zielerträgen wären die systembedingten Unterschiede im Ertragsniveau ökologischer und konventioneller Betriebssysteme deutlicher hervorgetreten. Vieles spricht dafür, gleiche Zielerträge anzunehmen, vor allem beim Systemvergleich ökologischer und konventioneller Betriebe (Kapitel 4.1). Geht es aber um den Vergleich ökologischer Betriebe untereinander oder den Vergleich von Ausgangs- und Zielvarianten eines ökologischen Betriebes (wie in den Optimierungsszenarien) ist die Vorgabe konventioneller Zielerträge eher ungeeignet.

Das Bewertungsproblem bei Erträgen ist methodisch noch nicht zufriedenstellend gelöst. Relativ einfach ist die Bewertung auf der Ebene von Fruchtarten, also z. B. der Vergleich ökologischer und konventioneller Weizenerträge. Hierzu gibt es zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen in unterschiedlichen Boden-/Klimaregionen sowie darauf basierende Metastudien. Meist werden Ertragsrelationen (öko/konv)

berechnet (Badgley et al., 2007; De Ponte, 2012; Seuffert et al., 2012). Für die Bewertung von Fruchtfolgen und Betriebssystemen sind aber Aggregationsmaßstäbe erforderlich, z. B. die in den Pilotbetrieben verwendete Getreideeinheit und die Energiebindung je Hektar. Die Bewertung auf Fruchtfolgeebene ergibt andere Resultate als die auf Fruchtartenebene, denn bei der Systembewertung einer kompletten Fruchtfolge werden auch die Ertragsverwendung (z. B. Klee gras-Mulch vs. Klee grassschnitt, Strohdüngung vs. Strohernte, etc.), die unterschiedlichen Ertragspotenziale der Fruchtarten, Vorfruchteffekte, etc. einbezogen (Bryzinski, 2020). Einen noch weitergehenden Bewertungsansatz schlugen Lin und Hülsbergen (2017) vor, bei dem zusätzlich die Produktqualität, z. B. der Proteingehalt, und die standörtlichen Ertragspotenziale in die Bewertung einbezogen wurden. Ein anderer Ansatz ist die Bewertung der erzeugten Nahrungsenergie, um Menschen zu ernähren (Cassidy et al., 2013). Aber auch dieser Bewertungsmaßstab ist umstritten und hat sich bisher nicht durchgesetzt, denn der Bewertungsaufwand ist hoch und schließt die nachgelagerten Bereiche (Verarbeitung, Lebensmittelherstellung) ein.

4.10.4.2 Ergebnisdiskussion und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der ökologischen Pilotbetriebe zeigen, dass oftmals bereits in der Ausgangssituation hohe Bewertungen der ökologischen Leistungen erreicht werden, z. B. in den Betrieben PB 33, PB 73, PB 71. Systembedingte Vorteile ökologischer Betriebe bei den Umwelt- und Klimaleistungen belegen viele wissenschaftliche Untersuchungen und aktuelle Metastudien, z. B. Sanders und Heß (2019). Andere Autoren verweisen darauf, dass die Vorteile der ökologischen Betriebe bei den Umweltleistungen oftmals nur bei flächenbezogener Betrachtung (z. B. flächenbezogenen Treibhausgasemissionen), aufgrund geringer Erträge aber nicht bei produktbezogener Betrachtung (z. B. produktbezogenen Treibhausgasemissionen) nachweisbar sind (Meemken und Quaim, 2017).

Aus den Optimierungsszenarien geht hervor, dass es auch in den ökologischen Betrieben Verbesserungspotenziale gibt. Defizite wurden zum Teil bei der Nährstoffversorgung (insbesondere Phosphor) und aufgrund extensiver Bewirtschaftung bei den Ertragsleistungen und der Energiebindung identifiziert. Eine der größten Herausforderungen der ökologischen Landwirtschaft ist es, die Erträge nachhaltig zu steigern und die Ertragsdifferenz zu konventionellen Systemen zu verringern. Neben dem hier verfolgten Ansatz der innerbetrieblichen Optimierung kommen zur Ertrags- und Leistungssteigerung weitere Strategien infrage, u. a. die Züchtung ertragsreicher und optimal an den ökologischen Landbau angepasster Sorten, Innovationen im biologischen Pflanzenschutz, verfahrenstechnische Optimierungen (Fortschritte bei der mechanischen Unkrautregulierung, Einsatz digitaler Systeme und Robotik), die Verbesserung der Haltebedingungen in der Nutztierhaltung (Hamm et al., 2017).

Die Betriebsszenarien zeigen, dass es schwierig ist, die Nährstoffkreisläufe so zu intensivieren, dass nachhaltige Ertragssteigerungen erreicht werden können. Als eine der wichtigsten und oft direkt umsetzbaren Maßnahmen hat sich der überbetriebliche Nährstofftransfer (Futter-Mist-Kooperationen, Nutzung von Biogas-Gärresten) erwiesen. Es gibt auch Ökobetriebe (PB 71), die eine naturschutzbetonte und extensive Bewirtschaftung bevorzugen und auf die Ausschöpfung der Ertragspotenziale verzichten. Auch diese Wirtschaftsweise kann ökonomisch tragfähig sein, da der Personal- und Kostenaufwand gering ist, und die Förderung durch Agrarumweltprogramme einen finanziellen Ausgleich schafft. Andererseits waren einige Betriebsleiter nicht mit den erreichten Erträgen im Pflanzenbau und den Leistungen in der Milch-

viehhaltung zufrieden. Leistungssteigerungen, z. B. eine Erhöhung der Milchleistung, können eine Strategie sein, die produktbezogenen Treibhausgasemissionen zu reduzieren (Betrieb PB 33, Abbildung 4.10-7).

In den konventionellen Betrieben wurde zum Teil dringender Optimierungsbedarf bei den Kriterien Stickstoffsaldo, Humusversorgung, Energieinput, flächen- und produktbezogene Treibhausgasemissionen festgestellt. Bei anderen Indikatoren (Energiebindung, Ertragsleistungen) wurde die Höchstbewertung erzielt. Ein Schlüsselfaktor ist die Optimierung des Stickstoffkreislaufs zur Erhöhung der Stickstoffeffizienz, was zugleich eine wichtige Treibhausgas-Minderungsstrategie darstellt. Flächenbezogene Stickstoffsalden von weit über 100 kg ha^{-1} (PB 85) dürften bei Einhaltung der Vorgaben der Düngeverordnung eigentlich nicht auftreten, sie sind aber Realität in vielen konventionellen Betrieben (Forster und Hülsbergen, 2017). Eine der wichtigsten Maßnahmen im konventionellen Landbau ist die Minderung des Mineraldüngerstickstoffeinsatzes und die Anpassung der Düngergaben an den tatsächlichen Düngbedarf. Neue digitale Systeme zur satelliten- oder sensorgestützten N-Düngebedarfsermittlung und N-Bilanzierung bieten ein hohes Stickstoffreduktionspotenzial (Mittermayer et al., 2021). Aber auch die Systemoptimierung auf Betriebsebene – Anpassung der Fruchtfolge und Zwischenfruchtanbau, optimale Integration der Nutztierhaltung in betriebliche Stoffkreisläufe bietet enormes Potenzial zur Lösung des Stickstoff- und Nitratproblems der Landwirtschaft.

Die betrieblichen Optimierungsszenarien sind moderat gewählt, ohne extreme Varianten oder radikale Umstellungen der Betriebsorganisation. Daher sind die mit den Modellen berechneten Effekte zum Teil relativ gering (PB 71, PB 73) im Vergleich zur einzelbetrieblichen Variabilität (Abbildung 4.10-33, Abbildung 4.10-34). In anderen Betrieben mit hohen N-Salden in der Ausgangssituation (PB 85) wurden deutlich höhere N-Minderungspotenziale ausgewiesen.

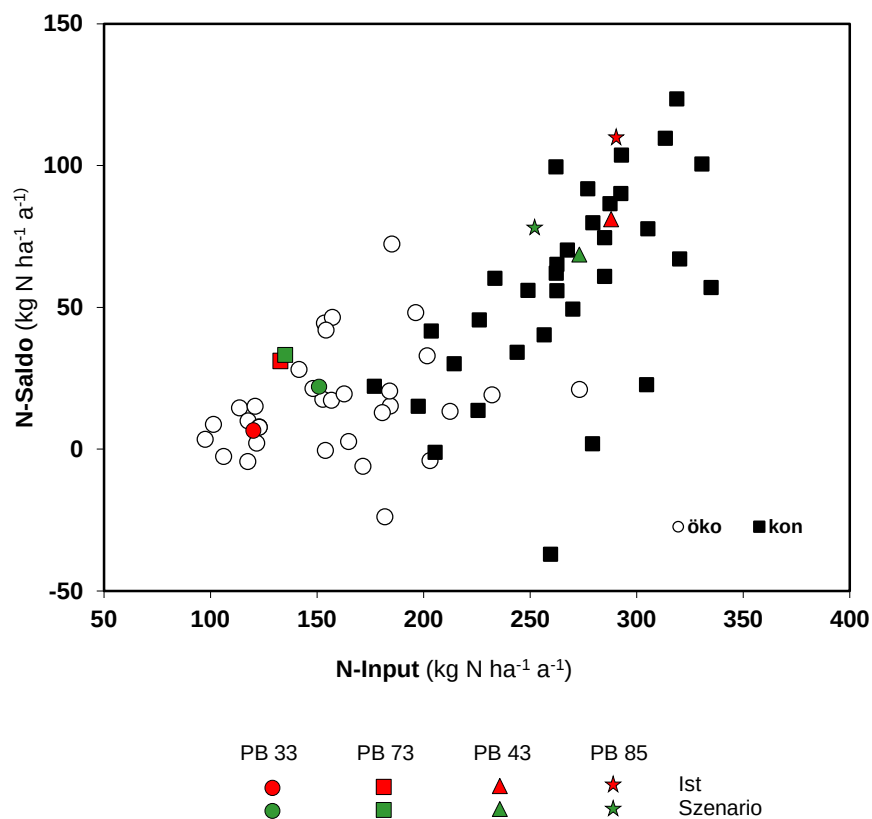


Abbildung 4.10-33: Beziehung zwischen N-Input und N-Saldo im Pflanzenbau der Milchviehbetriebe. Die Optimierungsbetriebe sind farbig gekennzeichnet.

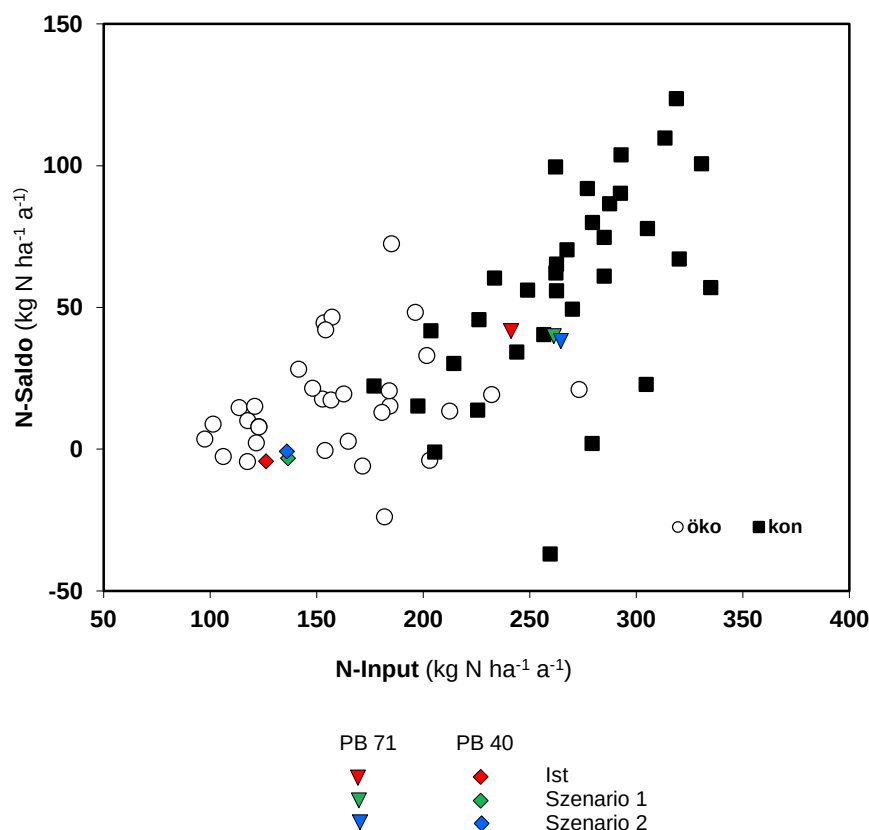


Abbildung 4.10-34: Beziehung zwischen N-Input und N-Saldo im Pflanzenbau der Marktfuchtbetriebe. Die Optimierungsbetriebe sind farbig gekennzeichnet.

Als wichtiges Handlungsfeld wurde in den konventionellen Pilotbetrieben die bessere Humusversorgung identifiziert. Es zeigte sich, dass auch sehr gut gemanagte und erfolgreiche Betriebe deutlich negative Humusbilanzen aufweisen können (PB 40). Auf besonders ertragsreichen Böden (PB 40) führt eine unzureichende Humusversorgung nicht direkt und unmittelbar zu Ertragsminderungen. Dennoch ist langfristig mit negativen Effekten auf ertragsrelevante Bodeneigenschaften und -prozesse zu rechnen. Der Leiter des Betriebes PB 40 war sich der unzureichenden Humusversorgung (Versorgungsstufe A, Tabelle 4.10-32) seiner Ackerflächen nicht bewusst und hat nach Vorliegen der Humusbilanzen sofort mit Maßnahmen (Klee-gras- und Zwischenfruchtanbau, verstärkte organische Düngung) reagiert.

Generell hat das Interesse der Landwirte am Humusaufbau und einer nachhaltigen Humuswirtschaft in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen. Auch die 4-Promille-Initiative der französischen Regierung während der Weltklimaverhandlungen im Dezember 2015 in Paris (COP21) hat eine intensive Diskussion über theoretische und technische Potenziale der Humus- und Kohlenstoffanreicherung in Böden als Klimaschutzstrategie ausgelöst (van Groenigen, 2017; Don et al., 2018). Im Humusaufbau wird eine mögliche Anpassungsstrategie an den Klimawandel gesehen, denn humusreiche Böden können Wasser besser infiltrieren und speichern. Zudem gilt der Bodenhumusaufbau als relevante Treibhausgasminierungsstrategie, die auch als ökologische Leistung honoriert werden kann (z. B. über CO₂-Zertifikate). Der Zusammenhang zwischen Humusaufbau, Kohlenstoffbindung in Böden und Treibhausgasminierung wird in dem gewählten Bilanzierungsansatz der Pilotbetriebe berücksichtigt (vgl. PB 40, Abbildung 4.10-

32). Hierbei geht es nicht immer um Humusaufbau, sondern auch die Verminderung des Humusabbaus und die Erhaltung der Bodenkohlenstoffvorräte kann eine wichtige Strategie sein. So geht aus den Erhebungen zum Bodenzustand und darauf basierenden Modellrechnungen hervor, dass auf vielen Standorten in Deutschland in den kommenden Jahren mit abnehmenden Humusgehalten zu rechnen ist (Jacobs et al., 2018).

Die Untersuchungen zu Haltungsbedingungen, Tiergesundheit und Tierwohl zeigen zum Teil deutliche Defizite und dringenden Handlungsbedarf – sowohl in den ökologischen als auch in den konventionellen Betrieben. Einige Probleme sind leicht zu beheben, wie die bessere Tränkwasserversorgung. Andere grundlegende Haltungsprobleme lassen sich nur über massive Investitionen oder sogar Stallneubau zu beheben oder erfordern ein verändertes Management. Bessere Haltungsbedingungen, die zu mehr Tierwohl und gesunden Kühen beitragen, sind eine der wesentlichen Strategien, um die produktbezogenen Treibhausgasemissionen der Milchviehhaltung zu vermindern. Die Erhöhung der Laktationszahl, Lebensdauer und Lebensleistung der Kühe ist unter diesem Aspekt zielführender als die Maximierung der Jahresmilchleistung, zumal ab einer bestimmten Milchleistung keine weitere THG-Minderung mehr eintritt (Abbildung 4.10-7).

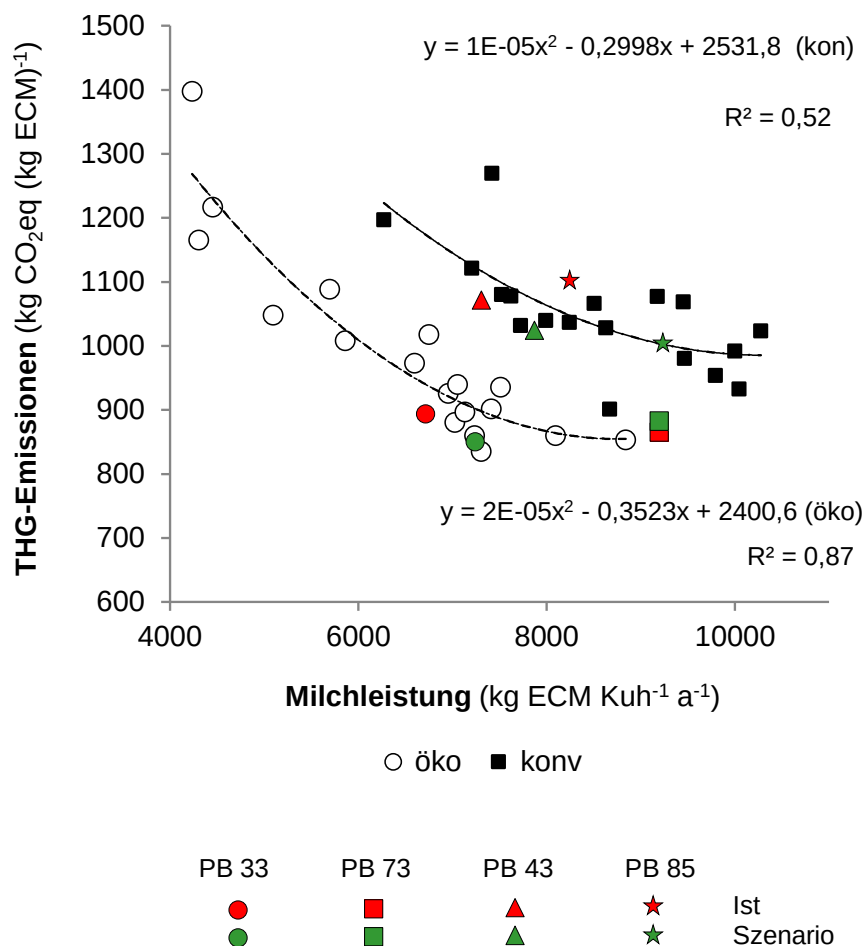


Abbildung 4.10-35: Beziehung zwischen der Milchleistung pro Kuh und den produktspezifischen THG-Emissionen. Die Optimierungsbetriebe sind farbig gekennzeichnet.

Die zu erwartenden Effekte der Optimierungsstrategien auf die THG-Emissionen in der Milchviehhaltung sind in Abbildung 4.10-35 dargestellt. Die Beispiele zeigen, dass die Wirkungen (Minderung der produktbezogenen CO_{2eq}-Emissionen) relativ gering sind. Allerdings waren die primären Ziele der Optimierungsstrategien auch auf andere Bereiche (vor allem Haltungsbedingungen, Fütterungsoptimierung, Leistungssteigerung) ausgerichtet.

Bei der Umsetzung betrieblicher Entwicklungs- und Optimierungsstrategien sind die ökonomische Effekte oftmals ausschlaggebend. Wenn beispielsweise zwei unterschiedliche Maßnahmen zur Verfügung stehen, die sich hinsichtlich der Ressourceneffizienz nicht wesentlich unterscheiden, wird die Maßnahme mit den geringeren Kosten bzw. höheren Erlösen bevorzugt. Deshalb ist es wichtig, die Effizienzbewertung um ökonomische Analysen zu ergänzen.

Um eine stärkere Verbreitung ressourceneffizienter Bewirtschaftungsmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Praxis zu erreichen, kommt es darauf an, dass die Politik geeignete Anreizsysteme implementiert.

Ohne eine agrarpolitische Lenkung ist unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen nicht davon auszugehen, dass es zu einer weiteren nennenswerten Verbreitung ressourceneffizienter Maßnahmen kommt bzw. es zu lange dauert, bis neue effizientere Techniken in die Praxis umgesetzt werden (OECD 2012). Grundsätzlich gilt, dass ein finanzieller Förderschwerpunkt auf Maßnahmen gelegt werden sollte, die zur größten Ressourceneinsparung und zu den geringsten Kosten führen und die zugleich umwelt- und tiergerecht sind.

4.10.5 Literatur

Badgley C, Moghtader J, Quintero E, Zakem E, Chappell MJ, Avilés-Vázquez K, Samulon A, Perfecto I (2007) Organic agriculture and the global food supply. *Renew. Agric. Food Syst.* 22:86-108

Banwart S (2011) Save our soils. *Nature* (474):151-152

Busch G, Spiller A (2018) Consumer acceptance of livestock farming around the globe, *Animal Frontiers*, 8:1-3, <https://doi.org/10.1093/af/vfx005>

Broom DM (2019) Animal welfare complementing or conflicting with other sustainability issues. *Appl Anim Behav Sci* 219:104829, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.06.010>

Bryzinski T (2020) Erträge, Energieeffizienz und Treibhausgasemissionen ökologischer und konventioneller Pflanzenbausysteme – methodische Einflüsse und feldexperimentelle Ergebnisse. Dissertation. Technische Universität München

Cassidy ES, West PC, Gerber JS, Foley JA (2013) Redefining agricultural yields: from tonnes to people nourished per hectare. *Environ. Res. Lett.* 8,034015

DAFA (2012) Fachforum Nutztiere. Strategie der Deutschen Agrarforschungsallianz (DAFA). Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut Braunschweig DAFA 2012

De PONTI T, RIJK B, VAN ITTERSUM MK (2012) The crop yield gap between organic and conventional agriculture. In: *Agricultural Systems* 108:1-9. DOI: 10.1016/j.agsy.2011.12.004

Don A, Flessa H, Marx K, Poeplau C, Tiemeyer B, Osterburg B (2018) Die 4-Promille-Initiative „Böden für Ernährungssicherung und Klima“ – Wissenschaftliche Bewertung und Diskussion möglicher Beiträge in Deutschland. Thünen Working Paper 112. Johann Heinrich von Thünen-Institut. DOI:10.3220/WP1543840339000. urn:nbn:de:gbv:253-201812-dn060523-5

Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, Mueller ND, O'Connell C, Ray DK, West PC, Balzer C, Bennett EM, Carpenter SR, Hill J, Monfreda C, Polasky S, Rockstrom J, Sheehan J, Siebert S, Tilman D, Zaks DP (2011) Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478:337-342

Forster F, Hülsbergen K-J (2017) Analyse des Nitratbelastungspotenzials und Nitrat-Minderungsstrategien (Teilprojekt 1). In: Hülsbergen K-J, Maidl F X, Forster F, Prücklmaier J: Minderung von Nitratausträgen in Trinkwassereinzugsgebieten durch optimiertes Stickstoffmanagement. Forschungsbericht an das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Technische Universität München, 202

Frank H, Schmid H, Hülsbergen K-J (2019) Modeling greenhouse gas emissions from organic and conventional dairy farms. *Landbauforschung: Journal of Sustainable and Organic Agricultural Systems* 69(1):37-46, doi:<http://dx.doi.org/10.3220/LBF1584375588000>

Godfray HC, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas SM, Toulmin C (2010) Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science* 327:812-818

Hamm U, Häring AM, Hülsbergen K-J, Isermeyer F, Lange S, Niggli U, Rahmann G, Horn S (2017) Research strategy of the German Agricultural Research Alliance (DAFA) for the development of the organic farming and food sector in Germany. *Organic Agriculture*, 7:225-242

Herzog A, Winckler C, Zollitsch W (2018) In pursuit of sustainability in dairy farming: A review of interdependent effects of animal welfare improvement and environmental impact mitigation. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 267:174-187, doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.029>

Hülsbergen K-J, Feil B, Biermann S, Rathke G-W, Kalk W-D, Diepenbrock W (2001) A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 86:303-321

Hülsbergen K-J, Feil B, Diepenbrock W (2002) Rates of nitrogen application required to achieve maximum energy efficiency for various crops: results of a long-term experiment. *Field Crops Research* 77:61-76

Hülsbergen K-J, Schmid H, Frank H (2013) Ressourcenschonung in der Pflanzen- und Milchproduktion. Ansätze für die Betriebsoptimierung - Untersuchungen zur Nachhaltigkeit von ökologischen und konventionellen Betrieben. Deutsche-Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG). Tagungsband der DLG-Wintertagung 2013 in Berlin. Archiv der DLG, Band 107:43-60

Hülsbergen K-J (2003) Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Aachen: Shaker-Verlag

Jacobs A, Flessa H, Don A, Heidkamp A, Prietz R, Dechow R, Gensior A, Poeplau C, Riggers C, Schneider F, Tiemeyer B, Vos C, Wittnebel M, Müller T, Saurich A, Fahrion-Nitschke A, Gebbert S, Jaconi A, Kolata H, Laggner A, et al. (2018) Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland - Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 316 p, Thünen Rep 64, DOI:10.3220/REP1542818391000

Meemken E-M, Quaim M (2017) Organic Agriculture, Food Security, and the Environment. Annual Review of Resource Economics Vol. 10:39-63, doi/10.1146/annurev-resource-100517-023252

Landert J, Pfeifer C, Carolus JF, Schwarz G, Albanito F, Muller A, Smith P, Sanders J, Schader C, Vanni F, Prazan J, Baumgart L, Blockeel J, Weissshaidinger R, Bartel-Kratochvil R, Hollaus A, Mayer A, Hrabalová A, Helin J, Aakkula J, et al. (2020) Assessing agro-ecological practices using a combination of three sustainability assessment tools. Landbauforsch J Sustainable Organic Agric Syst 70:129-144

Leithold G, Hülsbergen K-J, Brock C (2015) Organic matter returns to soils must be higher under organic compared to conventional farming. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 178:4-12

Leopoldina (2012) Bioenergy – Chances and limits. German National Academy of Sciences Leopoldina, Halle (Saale)

Lin H-C, Huber JA, Gerl G, Hülsbergen K-J (2016) Nitrogen balances and nitrogen-use efficiency of different organic and conventional farming systems. Nutrient Cycling in Agroecosystems 105:1-23

Lin H-C, Hülsbergen K-J (2017) A new method for analyzing agricultural land-use efficiency, and its application in organic and conventional farming systems in southern Germany. European Journal of Agronomy 83:15-27

Mittermayer M, Gilg A, Maidl F-X, Nätscher L, Hülsbergen K-J (2021) Site-specific nitrogen balances based on spatially variable soil and plant properties. Precision Agriculture. <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09789-9>

OECD (2012) OECD Environmental Outlook to 2050. Paris: OECD Publishing

Place SE (2018) 4 - Animal welfare and environmental issues. In: Mench JA (ed) Advances in Agricultural Animal Welfare. Woodhead Publishing:69-89 Online: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101215-4.00004-3>

Sanders J, Hess J (eds.) (2019) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 364 p, Thünen Rep 65, DOI:10.3220/REP1547040572000

Schaffner A, Packeiser M (2009) Nachhaltigkeitszertifizierung in landwirtschaftlichen Unternehmen. Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Initiativen zum Umweltschutz 78:113-118

Schaffner A, Hövelmann L (2009) Der DLG-Nachhaltigkeitsstandard „Nachhaltige Landwirtschaft – zukunftsfähig“. In: Grimm C, Hülsbergen K-J (Hrsg.): Nachhaltige Landwirtschaft. Indikatoren – Bilanzierungsansätze, Modelle. Initiativen zum Umweltschutz 74:161-169

Schittenhelm S (2011) Wassernutzungseffizienz von Energiepflanzen. Julius Kühn-Institut. Bundesforschungsanstalt für Kulturpflanzen. Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde

Seufert V, Ramankutty N, Foley JA (2012): Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485:229-232. DOI: 10.1038/nature11069

The Royal Society (2009) Science and the sustainable intensification of global agriculture. The Royal Society, London, UK

Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S (2002) Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* (418):671-676

Tuomisto HL, Hodge ID, Riordan P, Macdonald DW (2012) Comparing energy balances, greenhouse gas balances and biodiversity impacts of contrasting farming systems with alternative land uses. *Agricultural Systems* 108:42-49

van Groenigen JW, van Kessel C, Hungate BA, Oenema O, Powlson DS, van Groenigen KJ (2017) Sequestering Soil Organic Carbon: A Nitrogen Dilemma. *Environ. Sci. Technol.* 51:4738-4739. DOI: 10.1021/acs.est.7b01427

VDLUFA (2014) VDLUFA-Standpunkt: Humusbilanzierung. Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerland. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten

VDLUFA (2018) VDLUFA-Standpunkt: Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten

Welfare Quality® (2009) Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Chapter 6: Welfare Quality® applied to dairy cows. Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands. Online: http://www.welfare-quality.net/media/1088/cattle_protocol_without_veal_calves.pdf

Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim BMEL (2015) Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten. Berlin

4.11 Praxisforschung – Feedback der Betriebsleiter aus dem Pilotbetrieбенnetzwerk

Hans Marten Paulsen

Zusammenfassung

Mittels standardisierter Fragen wurden Feedbacks für die zurückliegende 11-jährige Arbeit im Praxisforschungsnetzwerk Pilotbetriebe und die Motivation und Ideen für den Aufbau eines Referenznetzwerks für künftige Entwicklungen in der Landwirtschaft von 71 landwirtschaftlichen Betriebsleitern der Pilotbetriebe erfasst. Bei 94,4 % Antwortquote und einer spontanen Schulnotenbewertung des bisherigen Projekts von 2,3 (Mittelwert), zeigten sich 55 ökologische und konventionelle Betriebsleiter an einer Teilnahme in einem Referenznetzwerk interessiert. Klimaschutz, Fruchtfolgen, Bodenfruchtbarkeit, Tierwohl, Biodiversität, natürliche Düngung und Gewässerschutz, sowie die Annäherung von konventioneller und biologischer Landwirtschaft und deren künftige Abgrenzung werden als wichtig für die künftige Entwicklung der Landwirtschaft und für eine weitere Netzwerkarbeit angesehen. Unterschiedliche Betriebsstrukturen, Standorte, Vermarktungswege und Möglichkeiten der Digitalisierung sind dabei einzubeziehen. Für eine Weiterführung des Netzwerkes werden den Kommunikationswegen und der Außendarstellung eine hohe Bedeutung beigemessen. Die vorhandenen Langzeitdaten sollen genutzt und Forschungsthemen praxisnah, standortbezogen und mit Experimenten angegangen werden. Unvoreingenommene Bewertung und Entwicklung des richtigen Weges für die Landwirtschaft ist für die Betriebsleiter sehr wichtig. Die Herausforderung für Akteure in Praxisforschungsnetzwerken in der Landwirtschaft besteht darin, bei vielfältigen Optimierungsansprüchen akzeptable Reaktionsmuster für Betriebe, für die politische Steuerung und auch für Wissenschaft und Beratung herauszuarbeiten.

Schlüsselwörter: Landwirtschaft, Praxisforschung, Motivation, Organisation

Abstract

By means of standardised questions, feedback on the past 11 years of participatory research in the network of pilot-farms and the motivation and ideas for the establishment of a reference-network for future developments in agriculture were collected from 71 farm managers of the pilot-farms. With a 94.4% response rate and a spontaneous school grade of 2.3 (mean) for the project so far, 55 organic and conventional farm managers expressed interest in participating in a reference-network. Climate protection, crop rotations, soil fertility, animal welfare, biodiversity, natural fertilisation and water protection, as well as the convergence of conventional and organic farming and their future delimitation are seen as important for the future development of agriculture and for further networking. Different farm structures, locations, marketing channels and possibilities of digitalisation are to be included. For the continuation of the network, great importance is attached to communication channels and external presentation. The existing long-term data should be used, and research topics should be approached in a practical and site-related manner and with experiments. Unbiased assessment and development of the right path for agriculture is very important for farm managers. The challenge for actors in practical research networks in agriculture is to work out acceptable response patterns for farms, for political steering and also for science and extension in the face of diverse demands for optimisation.

Keywords: agriculture, participatory research, motivation, organisation

4.11.1 Einleitung

Problemstellung und Forschungsbedarf

Praxis-Forschungs-Netzwerke, wie das der Pilotbetriebe, leben vom Austausch zwischen Forschungs- und Beratungsinstitutionen und praktischen Landwirten (Büchler et al., 2019; Delate et al., 2017). Sie sollen in gleichberechtigter, vertrauensvoller Atmosphäre gemeinsame Weiterentwicklung und den Transfer von Praxiswissen und Forschungserkenntnissen sowie direktes Feedback ermöglichen. Der unmittelbare, durch Beratungskräfte moderierte Transfer von Erfahrungswissen von Landwirt zu Landwirt in Field Schools (FAO, 2019) und Stable Schools (Vaarts, 2007) ist ein weltweit genutzter Ansatz zur praxisnahen Weiterbildung und zur gemeinsamen Lösungssuche für die Weiterentwicklung von Agrarsystemen. Gegenseitige Besuche auf Höfen, Inspiration und Lernen vom Nachbarn sind dabei Kernelemente. Sie können und sollten mit wissenschaftlichen Experimenten und Analysen unteretzt werden. Im Projekt „Pilotbetriebe“ wurden diese Elemente der Praxis-Forschung genutzt. Neben der Erfassung von Daten für die Projektziele und dem Rückspiel der erzielten Ergebnisse direkt auf den Betrieben, wurden die Landwirte auf den Betriebspaaren zur Ergebnis- und Methodendiskussion eingeladen und dazu auch regionale Workshops veranstaltet. In Optimierungsworkshops wurden, basierend auf den Ergebnissen der wissenschaftlichen Bewertung, die für den jeweiligen Betrieb vorstellbaren Ansätze diskutiert, um die Ressourceneffizienz, den Klimaschutz, das Tierwohl und den Arzneimitteleinsatz zu verbessern. Die besprochenen Maßnahmen wurden im Nachgang modelliert und die Ergebnisse erneut, in sogenannten Rückmeldeworkshops, auf den Betrieben diskutiert. Die Beteiligung bei den verschiedenen angebotenen Kommunikationsformaten war sehr unterschiedlich. Spontane Rückmeldungen zur Arbeit, zu den Ergebnissen und zu bestehenden Erwartungen und offenen Fragen der Landwirte wurden auch häufig im 1:1-Gespräch bei Betriebsbesuchen, telefonisch oder am Rande der Gruppengespräche erfasst und beantwortet.

Zum Abschluss der Laufzeit des Projekts nach 11 Jahren, war es Ziel (1) ein strukturiertes Feedback zum bisherigen Projektverlauf anhand eines Fragebogens einzuholen. Auch sollten (2) die Motivation und Ideen aller Betriebsleiter für die weitere Beteiligung an einem Praxis-Forschungs-Netzwerk Pilotbetriebe als sogenanntes „Referenznetzwerk“ für die Erforschung künftiger Entwicklungen in der Landwirtschaft abgefragt werden. Die Ergebnisse sind im Folgenden dargestellt.

4.11.2 Material und Methoden

Im Zeitraum von Januar bis Dezember 2020 wurden alle noch beteiligten und einige noch adressierbare, aber aus verschiedenen Gründen in den letzten Jahren ausgeschiedene Betriebsleiter, auf verschiedenen Wegen kontaktiert: Zunächst wurde der Zugang zum Fragenkatalog in einer Online-Umfrage per Mail verschickt. Bei rückgemeldeten Zugangsproblemen wurde der Fragebogen direkt per E-Mail versandt und ausgefüllt zurückgesandt. Einzelne Betriebe ohne E-Mail Zugang erhielten den Fragebogen per Post oder Fax, ebenfalls mit der Bitte um Rücksendung. Die Betriebsleiter, die sich nicht rückgemeldet hatten, wurden telefonisch kontaktiert, die Fragen mündlich beantwortet und die Antworten stets durch den gleichen Bearbeiter in Stichworten protokolliert. Das Interview war nicht anonym, jedoch wurde in der Datenschutzvereinbarung zugesichert, dass bei Veröffentlichung die Antworten nicht direkt auf die Befragten zurückgeführt werden können. Insgesamt wurden 71 Pilotbetriebe kontaktiert. 12 Betriebe waren in der

langen Laufzeit des Projekts seit 2009 bereits aus betrieblichen und persönlichen Gründen endgültig aus dem Netzwerk ausgeschieden und wurden nicht mehr befragt. Drei der früh ausgeschiedenen Betriebe waren durch andere Betriebe ersetzt worden.

Die Umfrage bestand aus zwei Fragenblöcken zu:

- Erfahrungen aus dem bisherigen Netzwerk Pilotbetriebe mit der Bitte um Gesamtbewertung nach Schulnoten, mit vier geschlossen Fragen und einer offenen Frage
- Verstetigung zu einem „Referenznetzwerk“ Pilotbetriebe mit zwei geschlossen Fragen und sechs offenen Fragen.

Die Fragen sind in den Tabellen im Ergebnisteil aufgeführt.

Die geschlossenen Fragen konnten nur mit „Ja“ oder „Nein“ beantwortet werden. Wurden keine Antwort oder beide Antworten angekreuzt oder war die Antwort unentschieden wurde für die Auswertung „keine Angaben“ eingetragen. Bei den offenen Fragen (5 „Was lief gut? Was lief schlecht? Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie?“, 6 „Welche Themen halten sie für die Weiterentwicklung der Landwirtschaft bzw. Ihre Landwirtschaft am Standort“...zukünftig... „für besonders wichtig“?, 13 „Haben Sie noch weitere Ideen und Anmerkungen zum Thema Referenznetzwerk Pilotbetriebe?“) sind die Antworten in den nachfolgenden Tabellen mit einem Code für den Betrieb versehen, so dass nachvollzogen werden kann, welche Antwort von der gleichen Person gegeben wurde. Das Vorgehen wurde gewählt, weil sich Antworten zum Teil aufeinander beziehen und damit – bei Interesse – der Gesamtkontext eingeordnet werden kann, in dem die/der Betriebsleiter/in antwortet und argumentiert. Die Anordnung der Zeilen erlaubt jedoch bewusst keine Zuordnung zu Regionen oder Einzelbetrieben. Die Zeilen, in denen „keine Angaben“ gemacht wurden, wurden gelöscht.

4.11.3 Ergebnisse

Beteiligung an der Umfrage und Datengrundlage

Von den 71 angefragten Betriebsleiter beantworteten den 35 den Fragebogen per Telefon, 24 online, 9 per E-Mail oder Post (94,4 % der Betriebe). Drei konnten nicht mehr erreicht werden oder reagierten nicht, sie wurden bei der Auswertung der Umfrage nicht berücksichtigt. Ein Betriebsleiter teilte bei der Abfrage mit, dass er aufgrund seiner insgesamt hohen Arbeitsbelastung und der ohnehin vielen Dokumentationspflichten in der Landwirtschaft nicht an der Umfrage teilnimmt und aus dem Netzwerk Pilotbetriebe ausscheidet. Bei der Frage nach dem Interesse an der Fortführung des Netzwerkes wurde dieser Betrieb berücksichtigt (n=67), bei den übrigen Fragen nicht (n=66).

Antworten zu den Erfahrungen aus dem bisherigen Netzwerk Pilotbetriebe

Das Projekt wurde auf die einleitende Frage vorab „Bitte vergeben Sie spontan eine Schulnote für das Projekt“ von den Betriebsleitern mit einer Durchschnittsnote von 2,3 bewertet (Abbildung 4.11-1).

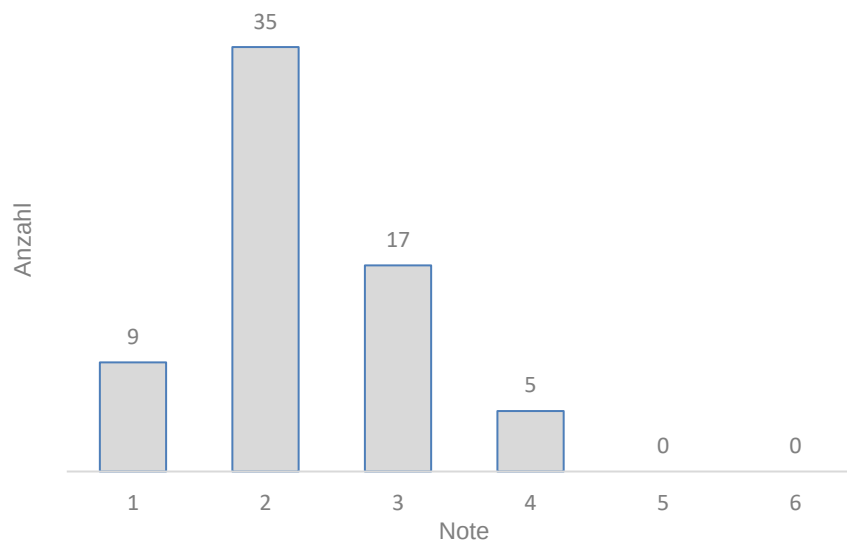


Abbildung 4.11-1: Schulnotenbewertung des Projekts Pilotbetriebe durch die beteiligten Betriebsleiter (n=66).

Die Fragen zu Ergebnissrücklauf (Frage 1), zur Relevanz der Projektergebnisse für das eigene Betriebsmanagement (Frage 2) und zur möglichen Ausstrahlung des Projekts (Frage 4) wurden weit überwiegend positiv beantwortet. Jedoch fühlten sich auch jeweils 15 % der Betriebsleiter nicht gut über die Projektergebnisse informiert oder gaben an, dass die Ergebnisse nicht für ihr betriebliches Management interessant waren. 8 bzw. 12 % der Befragten machten zu diesen Punkten keine Angaben. Managementänderungen im eigenen Betrieb durch die Projektergebnisse wurden immerhin auf 47 % der Betriebe ausgelöst (Frage 3). 52 Betriebsleiter gaben zur offenen Frage 5, zum Verlauf des Projekts, Feedback und/oder brachten Verbesserungsvorschläge ein (Tabelle 4.11.1).

Tabelle 4.11-1: Antworten der Betriebsleiter zu ihren Erfahrungen aus dem bisherigen Netzwerk Pilotbetriebe

	Ja	Nein	Keine Angaben
<u>Frage 1:</u> Sind Sie gut über die erzielten Ergebnisse im Netzwerk Pilotbetriebe informiert worden?	51	10	5
<u>Frage 2:</u> Waren die Ergebnisse und Rückmeldungen für Ihr betriebliches Management interessant?	48	10	8
<u>Frage 3:</u> Haben Sie, inspiriert durch die Ergebnisse im Netzwerk Pilotbetriebe, in Ihrem Management etwas verändert?	31	33	2
<u>Frage 4:</u> Haben Sie das Gefühl, dass Ihre Mitarbeit im Netzwerk Pilotbetriebe und die Ergebnisse die Diskussion um eine zukunftsweisende Agrarproduktion bereichert hat?	48	13	5
<u>Frage 5:</u> Wenn Sie Ihre Zeit als Pilotbetrieb bedenken: Was war aus Ihrer Sicht gut? Was lief schlecht? Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie?	52 Antworten (Tabelle 4.11-2)		

Das Projekt wurde für seine Zielrichtung, seinen umfassenden Ansatz und die Ausstrahlungskraft geschätzt. Häufig benannt wurde der Wunsch nach weiterer Ergebnisvertiefung sowie Weiternutzung der Daten und Erkenntnisse für die politische Beratung, die weitere Betriebsentwicklung und den Vergleich ökologischer und konventioneller Landwirtschaft. Die Landwirte schätzen den direkten Kontakt mit den Bearbeitern. Hoher Aufwand für die Datenerhebung, zu wenig Details über die Datenverwendung, lange Bearbeitungszeiten und zum Teil schleppender Ergebnissrücklauf waren Punkte, die von einigen Betriebsleitern kritisiert wurden. Andere waren zufrieden mit dem Rücklauf. Die Organisation und Durchführung der Workshops wurde gelobt. Zum Teil wurde methodische Kritik, z. B. zur Vergleichbarkeit von Analysemethoden und Kritik an verallgemeinerten Schlussfolgerungen beim Vergleich ökologischer und konventioneller Betriebe geäußert. Die Rückmeldungen zur Arbeit und Umgang der Bearbeiter auf den Betrieben waren, bei einigen kritischen Äußerungen, insgesamt sehr positiv. Bearbeiterwechsel fiel auf, besonders geschätzt wurde auch der Kontakt mit und der Blick in andere Betriebe (Tabelle 4.11-2).

Tabelle 4.11-2: Feedback und Verbesserungsvorschläge der befragten Betriebsleiter im Netzwerk Pilotbetriebe

Betrieb codiert	Frage 5: Wenn Sie Ihre Zeit als Pilotbetrieb bedenken: Was war aus Ihrer Sicht gut? Was lief schlecht? Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie?
ab	Gut: Ich bin sensibilisiert worden für das Thema Humus-Humusabbau und überhaupt Fragen das Klima betreffend, Schlecht: es sind viele Daten erhoben worden, deren Ergebnis ich bis heute nicht bekommen habe (Futter- und Düngemitteluntersuchungen), Verbesserungsvorschläge: mehr Besuche auf anderen Pilotbetrieben um z. B. Best-Practice zu sehen
ac	- sehr langsame Rückmeldung von Ergebnissen - am Anfang nicht klar, was das Ziel des Projektes war + Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern + Kombination Bio/Konv
ae	Ackerbauliche Aspekte und Humusbilanz waren gut, Zwischenfrüchte wurden eingeführt, Ergebnisse zum Tierwohl aus Sicht des Betriebes nichtzutreffend und Kriterien nicht geeignet.
aq	Deutungshoheit nicht der Politik überlassen, sondern den Fakten; konventionell und öko: Unterschiedsdarstellung war nicht ok und nachvollziehbar
ar	Datenaufnahme ist mit Arbeit verbunden - dies ist nicht zu ändern, neutral-OK
bp	gut: Vor-Ort-Erfassung, schlecht: zu wenig Rücklauf
by	Versuch Interaktion Praxis/Wissenschaft zu installieren gut, da ist noch Luft nach oben in der Kommunikation; Verstehen und Wertschätzen wichtig, methodisch z. T. nicht sauber (z.B. Regenwürmer zum unangebrachten Zeitpunkt untersucht)
ca	Es hat Spaß gemacht, Zahlen zu haben und Werte zu kennen. Die Daten kamen relativ spät zu uns Betrieben zurück, das war schade und hat irgendwie die Glaubwürdigkeit geschmälert. Es war ja dann immer schon länger her und das "Management" wurde nicht angepasst, weil schon lange her.
cc	Datenaufnahme: geforderte Daten sollten im Voraus bekannt sein, Dokumentation ist schwierig; Datensammlung: Zeitaufwand zu hoch, war so nicht erwartet; Ergebnisse waren nützlich
cc	Aufwand krass und zu hoch, enger Kontakt zu lokalen Partnern gewünscht, Organisation gut, Benutzung von Flugzeugen für die Betreuung ökologisch grenzwertig
co	Durch die Datenerfassung nochmaligen Überblick vom Betrieb zu bekommen. Mehrmaliger Wechsel der Datenerfasser, wobei es sehr reibungslos ging. Zeitnahe Rückmeldungen, Betriebsvergleiche auf Betriebe besser anpassen. Durch Vergleich Verbesserungspotenzial rausarbeiten.
cs	Vorhandene Daten der Landwirtschaftskammer hätten mehr genutzt werden können, Abschlussbericht zu komplex, komprimierte Daten nötig, weitere Abschlussveranstaltung wäre gut
dt	Die Ergebnisse besser im Ministerium verbreiten (siehe Frage 4)
ec	Empfehlungen aus Ergebnisberichten teilweise nicht verallgemeinerbar. Auch die allgemeinen Empfehlungen müssen betriebsspezifischer, standortabhängiger sein.
ex	zu wenig Zeit für Ergebnisstudium betrieblich bedingt; Bewusstseinsbildung/Info auf allen Ebenen wurde angefasst; Pilotbetriebe sind Leuchttürme in der Region; das Projekt erreicht auch übergeordnete Adressaten
gy	Interessanter Analyseweg, interessante Ergebnisse, mit Bewertung zum Teil nicht einverstanden: Nachhaltigkeit bezieht sich klassisch auf Stoffkreisläufe und Klima - sollte nicht mit anderen Parametern (Weide-Tierwohl) vermengt werden, klare Definitionen und Abgrenzungen von Nachhaltigkeit erforderlich - um Einzelpunkte nicht zu verwässern, aus den vorliegenden Daten kann mehr rausgeholt werden,
he	Es war immer transparent Ich hatte das Glück, durch mein öffentliches Engagement immer schnell an die Daten meines Betriebes zu kommen, andere nicht! Ich konnte die Infos aktiv im Betrieb einsetzen Viel mehr Betriebe müssten ein Feedback über ihre Wirtschaft bekommen.
hi	Ich schätze das Datenfeedback. Schade ist, dass die Biodiversitätsuntersuchungen nicht weiter fortgeführt wurden. Ich würde mir auch eine "Bodenansprache" z. B. Spatenprobe wünschen

Betrieb codiert	Frage 5: Wenn Sie Ihre Zeit als Pilotbetrieb bedenken: Was war aus Ihrer Sicht gut? Was lief schlecht? Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie?
ho	Verbindung von ökologischen und konventionellen Landwirten war gut, guter Transfer aus Forschung zu Landwirt und zurück, Wissenschaft darf nicht zu sehr abheben
hv	zu sehr ins Detail, zu viele Daten, das Wesentliche ist auf der Strecke geblieben, natürliche Schwankungen höher als Effekt des Details
ie	Proben und Überblick OK, Blick auf Nachbarn gut
ji	Mitarbeiter sehr nett und zuvorkommend
jk	Betreuung gut, eigenes Engagement des Landwirts manchmal schlecht
km	Zum Teil waren die zeitlichen Abstände etwas groß, Zwischenergebnisse wären interessant gewesen. Auf Nachfrage wurde aber reagiert. Die Auswertungstreffen vor Ort waren immer sehr gut, auch gemeinsame Treffen mit mehreren Projektbeteiligten sind immer interessant.
ks	Wenig Rückmeldung im Ackerbau - angekündigter Termin hat bisher nicht stattgefunden, freundliche Atmosphäre, Fragen schienen z. T. nicht zielführend für den Landwirt, Entschädigungszahlung war im Verhältnis zum Aufwand, Aufwand im Verhältnis zum Ertrag
kt	Förderperioden schwierig, sollte weitergeführt werden (politisch relevant)
mf	Datenerfassung hat geklappt, Austausch unter Betrieben noch intensivieren
mi	Die Studie war sehr detailliert Sie hat mir Argumente geliefert für Zusammenhänge, die ich vorher geahnt hatte (Einfluss von maritimen Klima auf Biogetreideerträge) Die Zusammenarbeit... „mit einem“ (Passage aus Datenschutzgründen redaktionell verändert)... Beratungspartner hat mich sehr geärgert („... meine“ Einschätzung, dass Biogetreideerzeugung in SH in Biomarktfuchtbetrieben auf schwerem Land besonders schwierig ist... „wurde abgetan“ (Passage redaktionell verändert)... Es war nicht möglich, inhaltlich einzusteigen und den besonderen Einfluss des maritimen Klimas (Auswaschung über Winter, mangelnde Mineralisierung im Frühsommer) zu diskutieren. Ich habe das als extrem ignorant empfunden.
nn	Austausch mit anderen Betrieben ist immer interessant, der Vergleich der Betriebe ist gut und erkenntnisreich gewesen, die gewonnenen Erkenntnisse hätte besser rübergebracht werden können, klare Aussagen und Botschaften fehlten, noch engere Zusammenarbeit mit den Landwirten
ps	Zusammenarbeit gut, Datenaufnahme gut, Ergebnisdeutung benötigt Fachwissen, zur Informationsgewinnung ggf. mehr Rückmeldung nötig, Kernaussagen zu gewinnen war schwierig - das sollte mit dem nun kompletten Datenpaket versucht werden
qc	schlecht war: (1) Zu viele abweichende Annahmen im lokalen Vergleich Beispiel: wir bauen Hanf an, der Kollege Mais, Hanf ist eine Ölfrucht wird als Lebensmittel angebaut. Der Mais eine reine Futterpflanze. Ungenaue Arbeitsweise: (2) Tiere, welche während der Trockenphase 2 Monate auf der Weide waren, wurden einfach als Weide-Tier ignoriert. (3) Die auf unserem Betrieb seit 2008 angewandte bodenschonende und im Kontext der Pilotbetriebe CO ₂ verringernde flache Bodenbearbeitung wurde in der Datenerhebung unseres Kenntnisstandes nach nicht berücksichtigt. (Fazit). Aus meiner Wahrnehmung wurden die individuellen Arbeitsweisen zu wenig berücksichtigt. (4) Das versprochene Gutachten bezüglich "der Auswertung der Gülle als nicht in der Natur vorkommendes Substrat mit seinen Auswirkungen" steht bis zum heutigen Tage noch aus. gut war: (1) Die Netzwerktreffen waren vorbildlich organisiert. (2) Die Zusammenarbeit mit den wissenschaftlichen Mitarbeitern war sehr gut (3) Das individuelle Abschlusstreffen war vom Ablauf her nicht schlecht, allerdings hätten ich mir gewünscht, die Informationen im Vorfeld zu erhalten, um mich darauf vorzubereiten Zur Verbesserung: (1) Annahmen transparent machen - nur so kann gewährleistet werden, dass Rückschlüsse der Ergebnisse zur Wahrheit möglich sind.
qn	Termine, Absprachen wurden zuverlässig eingehalten.
qw	Der Informationsfluss von Abfrage bis Auswertung und Besprechung war oft sehr zäh und langwierig. Im tierischen Bereich wurden manchmal Auswertungen gemacht, die nur an einem Stichtag waren und daraus ist es schwierig eine Herde das ganze Jahr zu beurteilen. Was aus der Ausarbeitung Ihrer Daten im Politischen umgesetzt wurde wäre mal interessant zu wissen. Die Leute, mit denen man in der ganzen Zeit in Kontakt kam waren alle sehr nett und kommunikativ. Man

Betrieb codiert	Frage 5: Wenn Sie Ihre Zeit als Pilotbetrieb bedenken: Was war aus Ihrer Sicht gut? Was lief schlecht? Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie?
	könnte durch bestimmte öffentliche geldliche Mittel versuchen, die Pilotbetriebe auch am Erfolg der ganzen Jahre teilhaben lassen und somit einen kleinen Ausgleich schaffen, um die Betriebe so zu motivieren, längerfristig mitzumachen.
rx	Der Zeitraum von der Datenerhebung bis zu den ersten Ergebnissen war sehr lang. Vielleicht geht es aber auch nicht schneller, das kann ich nicht beurteilen.
sf	Ich hatte mir als REPRO Spezialist mehr erhofft. 10 Jahre: Was ist in der Politik angekommen: inzwischen liefen auf dem Betrieb ein eigener Versuch zu Öko-N-Düngung (BMF), Klimabilanzen mit SMART und RISE: DLG Bewertung, Energiemanagement nach ISO; Bereich Nitrat: tolerable N-Salden gelten für den Standort, klimabezogen nicht; Managementfragen sind nicht gut rübergekommen, Output für Biosektor zu gering
td	ständig wechselnde Ansprechpartner war nicht gut, aus unserer Sicht ungenaue Erfassung - bzw. Daten wurde doppelt abgefragt
to	Die Datenerhebung lief gut und sollte natürlich mit möglichst geringem Zeitaufwand für die Betriebe verbunden sein, z. B. wie schon erfolgt Datenerhebung aus z. B. Schlagdatei etc.
tp	Mir hat es überhaupt nicht gefallen, dass wir jede Menge Betriebsinterna Preis geben mussten. Besser machen könnten Sie in Zukunft: Dass jeder Landwirt selber die ganzen Fragebögen ausfüllen kann, ohne das von ihnen ein Mitarbeiter dabei ist, und dass jeder Landwirt nur die Fragen ausfüllt, die er auch von sich preisgeben möchte.
tw	Habe mich bewegt: Düngerart verändert und mechanische Unkrautregulierung von den Bios übernommen
tz	deutlicher Aufwand für Datenerfassung, zeitlich unterschätzt
uw	Super Datenpool, Aufwand hoch, höhere Identifikation nötig, Ergebnisse intensiver für Weiterentwicklung der Systeme „Ökologisch“ und „Konventionell“ verwenden, da zu dünn
vq	praktische Umsetzung der Erkenntnisse hat gefehlt, mehr praktischer Input nötig
wc	Der direkte Kontakt war gut. Was alles an Ergebnissen und Berechnungen gemacht wurde, weiß ich nicht. Da könnte mehr kommen.
wg	abruptes Ende der Auswertungen. Veränderungen auswerten passiert nicht mehr. Feinjustierung der Betriebe wäre möglich (Nährstofflösungen, Maschineneinsatz, Erosion, Bodenverdichtungen)
wo	Workshops gut, langer Zeitraum gut, war fundiert und gründlich, Fragen waren wichtig für Agrarpolitik, schlecht lief nichts, ggf. 1x mehr Zwischenbericht wäre gut gewesen, Bodenprobenergebnisse nicht angekommen, zum Teil Bodenanalysemethoden nicht passend zu den langjährigen Daten und zu anderen Projekten-Vergleichbarkeit, Wunsch nach öko-spezifischen Bodenanalysen
ww	nicht schlecht
xc	insgesamt OK, z. T. nicht individuell genug diskutiert/Auffassungsunterschiede (z. B. Tränkesituation der Tiere), Aufwand für beide Seiten hoch
ya	objektive Betrachtung gut, begleitende Wissenschaftler waren sehr neutral-andere weniger, Unklarheit über Ergebnisverwendung, Wie geht es weiter?
zd	Rückfluss von Ergebnissen viel zu langsam - z. B. Ergebnisse von Boden- und Silageproben nicht mehr aktuell und nutzbar, mehr "Kurz und Knackig", freundliche Mitarbeiter
zk	nur positiv
zv	Mitarbeiter schienen strukturiert und zielorientiert. Projekt gefühlt manchmal stiefmütterlich behandelt, in Vergessenheit geraten, oft wechselnde Mitarbeiter des Projektes

Antworten zu Fragen in Zusammenhang mit einer Verstetigung zu einem „Referenznetzwerk“ Pilotbetriebe

Im einführenden Text zur Befragung wurde auf die bisherige Zusammenarbeit und die dabei geschaffenen guten Vorkenntnisse (langjährige Daten) verweisen. Zudem wurde die Chance, weitere Veränderungsprozesse in der Landwirtschaft durch Fortführung der Zusammenarbeit praxisnah zu begleiten und mit den Pilotbetrieben als Referenz für andere Betriebe zu dienen, angesprochen. Mit den Fragen sollte die Motivation der Betriebsleiter, weiter mitzumachen und Einschätzungen zu ihrem Engagement und dem möglichen Umfang der künftigen Einbindung und Tätigkeiten, erfasst werden.

Als wichtige Zukunftsthemen bei einer Fortführung des Projekts wurden besonders häufig Bodenfruchtbarkeit, Humusaufbau und Bodenbearbeitung, Fruchtfolgen, Klimabilanz, Klimaanpassung, Nährstoffmanagement bei Verringerung der Mineraldüngung und Biodiversität angesehen. Themen aus dem Bereich der Tierproduktion waren Tierwohl und sinnvolle Gestaltung der Haltung und des Weideganges. Aber auch aktuelle Themen, wie CO₂-Zertifizierung, Klimalabel, Tierwohl- und Weidmilchlabel sowie die Anpassung des Managements an die Düngeverordnung und bei Glyphosatverzicht wurden genannt. Auch die Themen Betriebsstruktur und künftige Betriebsausrichtung groß – klein, konventionell – ökologisch – regenerativ – regional, betriebswirtschaftliche Aspekte und Politikgestaltung wurden als wichtig für die Weiterentwicklung der Landwirtschaft erachtet. Der wahre Preis der Produktion, gerechte Entlohnung, die Annäherung von konventioneller und biologischer Landwirtschaft und die künftige Abgrenzung, der Begriff regenerative Landwirtschaft waren Themen, die den künftigen Weg der Anpassung der Landwirtschaft aufzeigen und welche die Betriebsleiter für besonders wichtig halten. Digitalisierung und Automatisierung im Datenmanagement, auch bei den Agraranträgen, und in der praktischen Arbeit (Tier- und Pflanzenproduktion), neue standortbezogene Landnutzungssysteme, wie Streifenanbau, Agroforstwirtschaft und für die Nutzung von Moorböden, sowie die stringente Einbindung wissenschaftlich-technischen Fortschritts (Pflanzenzucht, Pflanzenschutzmitteleinsatz, Stallbau) für die Weiterentwicklung der Landwirtschaft werden als besonders wichtig angesehen (Tabelle 4.11-3).

Tabelle 4.11-3: Durch die Betriebsleiter genannte Themen für eine Fortführung des Netzwerks Pilotbetriebe

Betrieb codiert	Frage 6: Denken wir über eine Fortführung des Netzwerkes mit neuen aktuellen Fragen nach: Welche Themen halten Sie für die Weiterentwicklung der Landwirtschaft bzw. Ihrer Landwirtschaft am Standort für besonders wichtig? Bitte geben Sie uns einige Stichworte?
ab	Energieeffizienz, Agroforst, Kreisläufe schließen
ac	(wir sind Biobetrieb) Wie können wir diese Energie- und Nährstoffflüsse jetzt umsetzen, bzw. ins positivere verändern. Nicht einfach nur Dünger (Nährstoffe) zukaufen, sondern in Form von Bodenaufbau, Bodenbearbeitung, Bodenleben. Also mehr was Praktisches.
ae	Tierwohl auch in Verbindung mit Stallbau nach wie vor interessant, ackerbaulich ist am Standort aus Flächenmangel kaum noch etwas zu verändern, Wirtschaftlichkeit sehr wichtig
aq	Bodenfruchtbarkeit weiter wichtig, direktkostenfreie Erträge, Fruchtfolgegestaltung für konventionell und öko weiter wichtig
ar	konventionelle Landwirtschaft können wir nicht verlassen, höchster technisch-wissenschaftlicher Fortschritt muss in Landwirtschaft erhalten bleiben, nicht Ökologisierung auf Zwang, Tierproduktion wird in Frage gestellt - sollte nicht schlecht gemacht werden, Lösungen von der Wissenschaft müssen in die Politik gebracht werden
bp	pfluglose Bewirtschaftung, Glyphosatwegfall/Ausfallgetreide: Was dann?, Neue Techniken für pfluglose Wirtschaft
by	CO ₂ -Bilanzen und Humus (Nicht-Wissen und Sichtweisen aufklären); Biodiversität, Effizienz
ca	Mich treiben mehr die ackerbaulichen Fragen um und nicht so stark die gerade moderne Regenerative Landwirtschaft mit ihren "Säften" und Analysen nach Kinsey. Welche Zeigerpflanzen gibt es und wie kann ich meinem Boden Gutes tun, damit Nährstoffe erreichbar sind und aufgeschlossen werden.
cc	Kohlenstoff im Boden - Zusammenhänge unzureichend erforscht
cc	Sorten und Zucht für bessere N-Effizienz - damit Emissionsvermeidung
co	Intensiverer Vergleich von Wirtschaftszahlen von Vergleichsbetrieben und Gegenüberstellung verschiedener Produktionsverfahren
cs	CO ₂ -Bilanzen, ressourcenschonender Landbau, ökologische Vielfalt
di	Humusanreicherung (ökologisch); Anpassung der Fruchtfolge an Trockenheit
dt	Nitratmessstellen
ec	Deacarbonisierung, Anpassung an Klimawandel, Was ist die optimale Intensität?
eu	Kleinbäuerliche Landwirtschaft - strukturbedingt auf unsere Allgäuer Gegend - durch die aktuelle Düngeverordnungspolitik für meinen Betrieb nicht mehr zukunftsfähig.
ex	In der Öffentlichkeitsarbeit wird Regionalität heute wichtiger als Bio, Abgrenzung von Bio wichtig; Gesetzgebung: konventioneller Landbau wird biologisiert, Unterschied zu Bio verschwindet, Bio muss sich positionieren
fb	Politikgestaltung, Agraranträge praktischer machen, Streifenanbau
gy	Nährstoffmineralisation und Treibhausgase in moorigen Böden, Mineralisierung und Emissionen aus organischen Materialien
hi	Auch wenn es ein blödes Wort ist, aber die "regenerative" Landwirtschaft treibt mich sehr um. Mein Ziel ist es, möglichst wenig Leistung "von außen" zu benötigen damit die Wertschöpfung wieder im Betrieb ist
ho	Der Weg öko und konventionell zusammenzubringen ist die Zukunft; Lagerdenken aufbrechen; PSM wichtig, sie müssen aber noch gezielter angewandt werden, das muss in die Praxis und in die Kammerberatung gebracht werden, ohne PSM ist das Modell nicht durchführbar
hv	Humus sehr wichtig, Bodenbearbeitung
ie	N-Management, wann wirkt was, Mineralisation bis unten durch
ih	Landwirtschaft im Klimawandel
ji	Klimaanpassung, Verbraucherwartungen, Tierwohl

Betrieb codiert	Frage 6: Denken wir über eine Fortführung des Netzwerkes mit neuen aktuellen Fragen nach: Welche Themen halten Sie für die Weiterentwicklung der Landwirtschaft bzw. Ihrer Landwirtschaft am Standort für besonders wichtig? Bitte geben Sie uns einige Stichworte?
jk	Mangelnde Wertschätzung von Arbeit und Produkten, viel Arbeit wenig Geld trotz Traumjob, Ökoförderung zum Überleben notwendig-warum? Diskrepanz zwischen geäußertem und tatsächlichem Verbraucherverhalten, wahrer Preis der Produktion wichtig
km	Anpassung der Bewirtschaftung an aktuelle Herausforderungen: Wassermanagement, neue Arten, regionale Subsistenz (stärkere Vernetzung)
ks	Zukunftsweisende Landwirtschaft, mein Sohn hat Lust weiter im Netzwerk mitzumachen
kt	Wasserschonende Bearbeitung; N-Dynamik und Humusreproduktion im Klimawandel
mf	CO ₂ -Zertifikate (incl. Hintergründe, z.B. über Molkerei, dabei Vorleistungen berücksichtigen)
mi	Das Prinzip Ökolandbau geht vom Gemischtsystem aus, aber prallt vor Ort auf spezialisierte Strukturen. Möglichkeiten, diesen Widerspruch zu lösen - und das bezogen auf die standörtlichen Gegebenheiten.
ni	Aufbau von Humus im Boden; Aufzeigen von Alternativen zur reinen mineralischen Düngung und zu Rohphosphaten; Dürremanagement
nn	Vergleich öko und konventionelle Landwirtschaft Nährstoffeinträge, Nitratbelastung
ps	Fruchtfolgegestaltung, Nährstoffmanagement – v. A. in Öko Fruchtfolgen mit Weizen, Wechselwirkungen zwischen Kulturpflanzen und auch Zwischenfrüchten
pw	CO ₂ -Fußabdruck, je kg Milch/Getreide; Nitratverlagerung ins Grundwasser; Verlustarme Ausbringung von Wirtschaftsdüngern; Biodiversität kontra wirtschaftliche Nahrungsmittelproduktion (Eiweißproduktion auf Grünland häufiges Mähen); Tierwohl
qc	(1) Nachhaltigkeit im Sinne von den Wert der menschlichen Arbeit im Vergleich der angestrebten Automatisierung in der Arbeitsablauf in der Landwirtschaft (2) Diversifizierung und Artenschutz: Effektivität und Flexibilität kleiner Strukturen im Vergleich zu Großflächen (3) Zum lokalen Standort Unterallgäu als intensivster Rinderhaltungsstandort in der BRD: Auswertung der unterschiedlichen Betriebsarten extensiv und vielfältig versus intensiv und spezialisiert.
qn	ressourcenschonende Erzeugung.
qw	Landwirtschaft in 10 Jahren in Regionen, die durch Gelände, Bodenbedingungen, Wasserschutz etc. beim Erhalt der Kulturlandschaft benachteiligt sind. Artgerechte Haltung. Sinnvoll ja, aber um welchen Preis, wenn die Erlöse nicht beim Landwirt ankommen. Ich bekomme beim Schlachten oder für die Milch nicht mehr, obwohl ich alle Tiere artgerecht auf Stroh halte. Bodenproben: Warum werden Bodenproben nicht von einem außenstehenden Institut gezogen, um realistische Einstufungen der Betriebe und Regionen zu bekommen? Biogas: Aus Mist und Gülle Strom erzeugen und umweltfreundlicheres Düngen muss mehr gefördert werden.
rx	Mögliche Energieeinsparungen im landwirtschaftlichen Ökobetrieb (Strom, Diesel, Heizöl) Leguminosenmüdigkeit, Anbaupausen Pflügen oder pfluglos Düngung, organisch, anorganisch
sf	1: tolerierbare N-Salden tatsächlich zeigen, was mit 30-40 kg N/ha in ökologischer und konventioneller Landwirtschaft geht; 2: Wasser (Anbausysteme); 3: Artenschutz; 4: Vermarktung von mehr Öko, wie? Geringe Preise behindern Entwicklung in der Landwirtschaft/nicht attraktiv 5: Fokus wo die Unterscheidungsmerkmale zwischen Öko und Konventionell, echte Ergebnisse von Betriebsvergleichen sind unerlässlich
to	N-Düngung Systeme mit weniger Pflanzenschutzinsatz, bei uns droht das Verbot von bestimmten Pflanzenschutzmitteln, da wir in einem Schutzgebiet liegen.
tp	Abwägung zwischen Bio und Konventioneller Landwirtschaft: Pro und Kontra und was benötigt man zur Umstellung
tv	Klimabilanz am wichtigsten, Molkereien sind schon dabei
tw	Kreislaufwirtschaft

Betrieb codiert	Frage 6: Denken wir über eine Fortführung des Netzwerkes mit neuen aktuellen Fragen nach: Welche Themen halten Sie für die Weiterentwicklung der Landwirtschaft bzw. Ihrer Landwirtschaft am Standort für besonders wichtig? Bitte geben Sie uns einige Stichworte?
tz	Schnittstellen zu Ackerschlagdateien entwickeln; zukunftsfähige nachhaltige Landwirtschaft, gesellschaftliche Ansprüche müssen aus der Landwirtschaft heraus adressiert werden, Praxisforschung: fachliche Interpretationshoheit bei der Landwirtschaft
uw	CO ₂ -Rückbindung und Wege, Klimagase zu reduzieren; Klimapositive Landwirtschaft (Pflanzkohle, Agroforst); Klimagase Tierhaltung (neue Haltungssysteme: am Wesen der Tiere orientiert); Lebensqualität
vq	Politik zu sehr auf ökologische Fragen ausgerichtet, klein strukturierte konventionelle Landwirtschaft wird vernachlässigt
vv	CO ₂ -Problematik - Intensität und Ertrag der Produktion
wc	Gewichtsreduktion wegen dem Unterbodenschutz / Bioporenschutz: dafür passende Fruchtfolgen.
we	Boden insgesamt, Auswirkungen der Trockenheit, Digitalisierung (haben schon zwei Roboter, Rüben)
wg	Nährstofflösungen, Fruchtfolge, Kohlenstoffanreicherung im Boden
wo	Thema Boden, Bodenfruchtbarkeit, Wetterextreme, kuhgebundene Aufzucht, Weidesysteme, Verbraucheraufklärung, effiziente Weideführung
ww	Tierwohl - Entwicklung und neue Anforderungen-Stallbau-Ökologisierung-Weidegang bei Großbetrieben-Verbraucherrolle und -erwartungen
xc	Verlebendigung der Böden und Humuswirtschaft; Öko für die Welt: Wie?; Qualitätsfrage und Mengen analysieren; Regionalität und Nahrungsmittelversorgung
ya	DüngeVO-Sinnhaftigkeit, Weidemilchlabel: objektive Bewertung nach Tierwohl und Ansprüchen der Tiere sowie nach Gegebenheiten vor Ort - 6h Limit zu starr - Rolle von Stallungen mit freiem Zugang
zd	Gegenüberstellung Öko-konventionell hat sich überholt, z.B. Fragen zur Verbesserung Bodenökologie sind im konventionellen Landbau besonders gut und effektiv zu adressieren, private Initiativen sind oft schon viel weiter und schneller als Wissenschaft, Zusammenspiel und Kreislauf von Pflanzenbau mit Viehhaltung unbedingt berücksichtigen
zk	ackerbauliche Zukunft der Fruchtfolge, Alternativen für konventionelle Ackerbaubetriebe (Sommergetreide überzeugt nicht)
zv	Ressourcenschonung, öffentliches Bild der Landwirtschaft,

82 % der Befragten sind bereit, weiter mit ihrem Betrieb in einem Referenznetzwerk teilzunehmen (55 Betriebe: 33 ökologische (ö), 22 konventionelle (k) bzw. 25 Milchviehbetriebe (18ö, 7k), 30 Marktfruchtbetriebe (15ö, 15k); Abbildung 4.11-2). Die Fragen 8 und 9 zur möglichen Eigenleistung der Betriebsleiter (ausprobieren, beobachten, beproben, dokumentieren) wurde häufig kritisch gesehen und verneint (Tabelle 4.11-4). Im Interview wurde als Begründung dafür häufig Zeitmangel benannt, aber auch darauf verwiesen, dass es hier natürlich darauf ankommt, was in welchem Umfang gemacht werden soll. 33 % der Betriebsleiter legen Wert auf Anonymität, 50 % sind hier jedoch offen (Frage 10). Bei Frage nach der Außenwirkung, und Kommunikation (Frage 11) geben 80 % der Betriebsleiter an, dass es sie reizt, neue Verfahren zu entwickeln, zu diskutieren und Impulse nach außen zu geben. Ebenso ist die Mehrzahl bereit, auch mit andere Forschungseinrichtungen zu kooperieren (79 %, Frage 12, Tabelle 4.11-4). 25 Betriebsleiter gaben noch weitere Impulse zur Fortführung eines Referenznetzwerks mit den Pilotbetrieben (Frage 13, Tabelle 4.11-4 und 4.11-5).

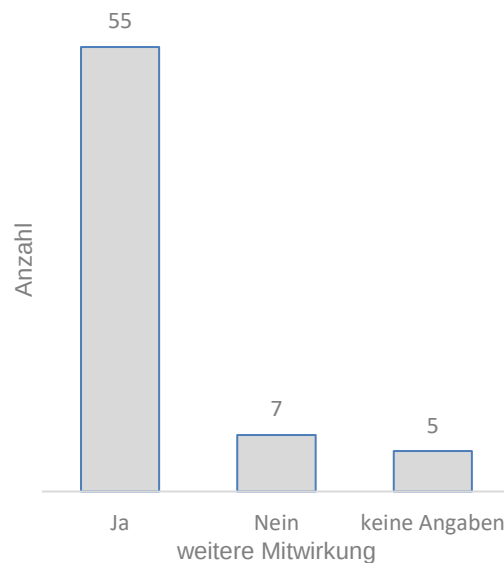


Abbildung 4.11-2: Bereitschaft der Betriebsleiter zur weiteren Mitwirkung einem Referenznetzwerk, Antworten auf Frage 7: Können Sie sich vorstellen, auch weiterhin mit Datenlieferungen und Ideen zu einem Referenznetzwerk Pilotbetriebe beizutragen, welches Entwicklungen in der praktischen Landwirtschaft aufzeigt? (n=67).

Tabelle 4.11-4: Antworten der Betriebsleiter zu ihrer Motivation, zu möglichen Aktivitäten und Einsatz und zu weiteren Ideen bei einer Fortführung des Netzwerks Pilotbetriebe als Referenznetzwerk

	Ja	Nein	Keine Angaben
<u>Frage 8:</u> Wären Sie bereit, in kleinem Maßstab neue Verfahren auszuprobieren?	52	9	5
<u>Frage 9:</u> Wären Sie bereit, dabei in abgestimmter Form Beobachtungen anzustellen, Proben zu gewinnen und dies zu dokumentieren?	44	16	6
<u>Frage 10:</u> Würden Sie stets anonym bleiben wollen?	22	37	7
<u>Frage 11:</u> Reizt es Sie, neue Verfahren und Optimierungsmöglichkeiten mit Berufskollegen, Beratern und Wissenschaftlern zu diskutieren, neue Ideen zu entwickeln und Impulse zu geben?	53	9	4
<u>Frage 12:</u> Wären Sie bereit auch bei weiteren, über uns vermittelten Forschungsprojekten anderer Einrichtungen, mit Ihrem Betrieb mitzuwirken?	52	10	4
<u>Frage 13:</u> Haben Sie noch weitere Ideen, Anmerkungen zum Thema Referenznetzwerk Pilotbetriebe?	25 Antworten (Tabelle 4.11-5)		

Die weiteren Ideen zur Fortführung des Netzwerkes auf Frage 13 umfassten inhaltliche Themenvorschläge, ähnlich den zu Frage 6 genannten Impulsen, aber auch Anregungen für Kommunikationsformate, den Wunsch nach engerer Einbindung der Betriebsleiter, nach Einbindung von weiteren Forschungspartnern, nach weiterhin neutralem Vergleich von konventioneller und ökologischer Landwirtschaft und gemeinsamer Weiterentwicklung in Richtung einer „authentischen Nachhaltigkeit“ sowie nach verbesserter Außendarstellung und Weiternutzung der bereits gewonnen Daten. Auch der richtige Weg,

ob Spezialisierung oder Gemischtbetriebe sowie die Berücksichtigung verschiedener Betriebsgrößen und bei Bewirtschaftungsauflagen soll weiter erforscht werden (Tabelle 4.11-5).

Tabelle 4.11-5: Ideen und Anmerkungen der Betriebsleiter zum Thema Referenznetzwerk Pilotbetriebe

Betrieb codiert	Frage 13: Haben Sie noch weitere Ideen, Anmerkungen zum Thema Referenznetzwerk Pilotbetriebe?
aq	Transparenz und Unvoreingenommenheit gewährleisten; Deutungshoheit nicht dem Mainstream überlassen, objektive Berichterstattung
by	neue Kommunikationsmittel nutzen
ca	Anonymität und weitere Forschungsvorhaben.... das kommt drauf an, gerne ansprechen, ein Pflanzenschutzinsatz oder Flüssigdüngereinsatz mit der Spritze scheiden für mich eigentlich aus, dafür bin ich zu alt und stur. Da ich bewusst versuche, bzw. es durchführe, viehlos zu wirtschaften, fände ich diese Thematik wichtig zu betrachten, auch im Hinblick auf Klimafreundlichkeit, da keine Tiernahrung produziert werden muss und bestimmte Klimaauswirkungen nicht stattfinden.
cc	Videokonferenzen für Sitzungen und Kontakte
cs	vorhandene Daten nutzen, lokale Berater und Kammerberater mehr einbinden, da sie die Betriebe kennen; politische Diskussion "öko/konventionell was ist besser" ist wichtig; valide Datengrundlage wichtig; Diskussion zu 100% Bio auf Gemeindeebene
eu	Aktuelle Düngeverordnungspolitik - Tierhalterverordnung - Vogelschutzgebiet -dadurch kostendeckende Bewirtschaftung meines Betriebes nicht möglich.
ex	Daten weiter nutzen wichtig
gy	Back to the roots: Klimaneutralität bleibt weiter wichtig - hier ist noch sehr viel offen
ho	Außendarstellung verstärken, Pressestelle einrichten
hv	Wassermangel
jk	scheide aus Landwirtschaft aus Dürre, Pacht
kt	Datentransfer und Aktualität verbessern, jährliches/kurzfristiges Feedback und Benchmarking; CO ₂ und pfluglose Bewirtschaftung
mi	Das Problem ist, dass auch bei noch so kleiner Teilnehmergruppe die Bedingungen und damit mögliche Lösungsansätze dennoch immer extrem unterschiedlich sind; und Standortunterschiede lassen sich einfach nicht verbal transportieren.
qc	Anmerkung Die Punkte 7 - 12 je nach verfügbarer Zeit und entsprechendem Ausgleich. Das Interesse der Betriebsleitung ... ist es eine authentische Nachhaltigkeit in einer effizienten Kreislaufwirtschaft zu kommunizieren und weiter zu entwickeln. Eine spezialisierte Milchviehhaltung im Ökolandbau sieht der Betriebsleiter als nicht effizient.
qw	Es wird Zeit das in der Politik basierte Auswertungen und wissenschaftliche Erkenntnisse diskutiert werden und nicht Ideologien von NGO's hinterhergelaufen wird.
rx	Im obigen Text habe ich einige Fragen mit "nein" angekreuzt. Der Grund ist der Zeitmangel für die vielen interessanten Dinge durch das zu bewältigende Tagesgeschäft. D.h. bei neuen Forschungsvorhaben oder auch Forschungsvorhaben anderer Einrichtungen kommt es darauf an wieviel Zeit von mir/uns abverlangt wird. Daten und Flächen können wir gerne bereitstellen. Forschungsarbeit schaffen wir aber nebenbei nicht.
sf	deutliche Einbindung von FIBL, Einladung des Betriebs zu Diskussionen
tv	Klimawirkung mit Tierhaltung, Bilanzen in der Milchgewinnung, Herdenleistung und Klimawirkung; Erhaltung der Fruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit der Milchviehherden: Fütterungsstrategien, Zucht, ökologischer Gesamtzuchtwert (Zweite Ökolinie aus bewährten Kühen und Bullen, leistungsangepasst und gesund), ökologische Fleckviehzucht; genomische Selektionsverfahren kritisch, da jährliche Abschreibungen im Zuchtwert alte Zuchttiere benachteiligen (ohne Praxisdaten)

Betrieb codiert	Frage 13: Haben Sie noch weitere Ideen, Anmerkungen zum Thema Referenznetzwerk Pilotbetriebe?
tz	Praktikanten auf Betriebe für Datenerfassung, Datenerfassung auf Betrieben optimieren, Langzeitversuche notwendig, Trockengebiete und rote Gebiete: N-Bilanz über die Zeit notwendig
uw	Betriebsleiter intensiver einbinden, Arbeiten zum Teil durch Betriebe und besser zu erledigen; Ideen, wie Praxis, Beratung und Forschung enger vernetzt werden können, z.B. Biostiftung CH: Bauern zu Forschern machen: 10-12.000 € an Betriebe um Bodenfruchtbarkeit aufzubauen incl. Begleitung und Vernetzung; Bio-Landbau am Wendepunkt mit super Qualitäten und Erfolg; Lösung vom konventionellen System steht an, losgelöst von Zwängen neue Systeme entwickeln: z.B. Spritzung der Äpfel, gemeinsam mit Wissenschaft völlig neuen Stall bauen
vq	Darstellung, dass ökologische Betriebe die Heilsbringer sind ist überzogen, Stärken und Schwächen beider Systeme sollten neutral dargestellt werden
vv	Regionalität, große und kleine Betriebe, Leistungsfähigkeit und Betriebsgröße
wc	CO ₂ -Speicher als Humusaufbau und Einkommenslieferant?
wo	Die Regionen sollten weiterhin abgebildet sein, telefonische Seminare werden gut angenommen-sichern Teilnahme-sparen Zeit und verringern Umweltauswirkungen
ya	QM-Zertifizierung, Pilotbetriebe/Thünen-Institut erkennbarer machen, unvoreingenommene Bewertung sehr positiv

4.11.4 Diskussion

Im Netzwerk Projekt Pilotbetriebe waren seit 2009 insgesamt 83 Betriebe mit ihren Betriebsleitern tätig. 94,4 % Rücklauf bei der Befragung von den bis zuletzt beteiligten und aktiven 71 Betriebsleitern waren hoch. Der hohe Anteil der Telefonbefragung weist aber auf Verbesserungspotential bei der Kommunikation, um unmittelbaren Austausch zu gewährleisten. Dies ist sicher auch ein Effekt der häufigen Laufzeitverlängerungen und der unklaren Zukunft des Projekts, die den Aufbau klarer Perspektiven für das Netzwerk und das Aufrechterhalten der Kommunikation behindern. Die im Projekt für die Analyse gewählte komplexe Thematik wurde von den Landwirten als fordernd, aber angemessen angesehen. (Die Themen der Forschung in den Pilotbetrieben waren: Klimabilanz und Ressourceneffizienz auf Basis der Modellierung ganzer Betriebe, Analysen des Tierwohls in der Milchviehhaltung bei Verknüpfungen der Werte mit Management und Landbewirtschaftung der Betriebe sowie Studien zum Arzneimitteleinsatz. Die Analysen wurden unteretzt mit Ernteermittlungen, Boden-, Futtermittel- und Wirtschaftsdüngeranalysen, praktischer Tierwohlbeurteilung, Studien zur Biodiversität und Einschätzungen zur ökonomischen Situation der Betriebe. Dabei wurden ökologische und konventionelle Betriebssysteme in verschiedenen Klima- und Bodenregionen Deutschlands verglichen. Zusätzlich wurden Beratungstools für die ganzheitliche Bewertung von Betriebssystemen in ihrer Klimawirkung, Nachhaltigkeit, Energie- und Nährstoffeffizienz sowie beim Tierwohl in der Milchviehhaltung entwickelt und erprobt.)

Die spontane gute Bewertung (Schulnote 2,3) des Projekts zeigt, dass Thema, Herausforderungen und Umsetzung der Arbeiten positiv gesehen wurden, aber noch Luft nach oben besteht. Die meisten Betriebsleiter fühlten sich gut informiert, fanden das Projekt interessant und zukunftsweisend. Fast die Hälfte reagierten mit Managementänderungen auf Projekterkenntnisse. 15 % äußerten Enttäuschung, z. B. zum Rücklauf und zur Umsetzung und Wirkung des Projekts im Betrieb und nach außen. Dies macht zusammen mit den Schulnoten (Spannweite 1-4) deutlich, dass z. B. die Rückkoppelung zu den Akteuren in der Praxisforschung besonders wichtig ist und eine stete Herausforderung für das Projektmanagement darstellt (Hintergrund: Fragen 1-4).

Das hohe Interesse, die Daten aus der Praxisforschung für die Politikgestaltung, die Betriebsentwicklung und den Vergleich ökologischer und konventioneller Betriebe zu verwenden, zeigt den Gestaltungswillen und Offenheit der Landwirte, ihren Betrieb anzupassen. Es besteht der Wunsch der Praxis objektiv und standortbezogen beurteilt und begleitet zu werden. Dabei soll das Netzwerk Pilotbetriebe als Leuchtturm mit sichtbarem Output für die Weiterentwicklung im genannten, weiten Themenbereich dienen. Zudem sind direkter Rücklauf der Daten und Erkenntnisse bei optimierter Datenerhebung dabei für die Betriebsentwicklung der Einzelbetriebe anzustreben. Diese sind generell eine wichtige Managementfrage für Praxisforschungsnetzwerke (Hintergrund: Frage 5).

Insgesamt gab es 59 Rückmeldungen zu Themen, die für die Entwicklung der Landwirtschaft als besonders wichtig angesehen und in einem Referenznetzwerk angegangen werden sollten. Dies zeigt den Willen der Betriebsleiter, Lösungen aus der Praxis heraus und auf wissenschaftlicher Grundlage zu entwickeln. Herausforderungen waren dabei weiterhin Klimaschutz, Biodiversität, Gewässerschutz und Tierwohl. Die Annäherung von konventioneller und biologischer Landwirtschaft und deren künftige Abgrenzung, angepasste Fruchtfolgen und Bodenbewirtschaftung für den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und der Einsatz und Ersatz von Mineraldünger und Pflanzenschutz, bei guter biologischer Nährstoffversorgung wurden als wichtig für die Entwicklung der Landwirtschaft und für eine weitere Netzwerkarbeit angesehen. Dabei sind unterschiedliche Betriebsstrukturen, Standorte, Vermarktungswege und Möglichkeiten der Digitalisierung einzubeziehen. Die genannten Themen sind angesichts der aktuellen Diskussionen um die Landwirtschaft nicht überraschend und waren zum Teil bereits Hintergrund und Analyseobjekt des Projekts Pilotbetriebe. Jedoch wird anhand der Antworten deutlich, dass akzeptable Reaktionsmuster in Betrieben, in der politischen Steuerung und auch in der Wissenschaft und Beratung auf bereits langjährig existierende Problemlagen noch nicht gefunden wurden. Hier besteht eine große Chance und Aufgabe für Praxisforschungsnetzwerke, sie können und müssen gemeinsame, mögliche (Aus)Wege aufzeigen und Akzeptanz und Veränderung bewirken (Hintergrund: Frage 6).

83 % (55 Betriebe und zusätzlich weitere fünf mit offener Entscheidung) würden weiter in einem „Referenznetzwerk“ mitmachen. Dies würde eine gute Basis für den Start und gezielte Ergänzung oder Vernetzung mit anderen Betrieben ermöglichen. Die Pilot-Betriebsleiter sind im Sinne der Praxisforschung weit überwiegend bereit, aktive Rollen zu übernehmen (Proben, Verfahren, Außendarstellung). Jedoch zeigen ihre zurückhaltenden Antworten zur Wahrung der Anonymität, dass diese sensibel gehandhabt und Außendarstellungen und Botschaften gut besprochen werden müssten. Dies ist eine weitere Aufgabe für das professionelle Management und die Kommunikation in der Praxisforschung (Hintergrund: Fragen 7-12).

In den 25 weiteren Anmerkungen wurde den Themen Kommunikationswege und Außendarstellung bei einem potentiellen Referenznetzwerk folgerichtig hohe Bedeutung beigemessen. Die umfangreichen inhaltlichen Themenblöcke sollen unter Nutzung der Langzeitdaten und mit zusätzlicher Einbindung von anderen und regionalen Akteuren, praxisnah, standortbezogen und mit Experimenten untersetzt angegangen werden. Es besteht der Wunsch nach weiterhin unvoreingenommener Bewertung und Entwicklung des richtigen Weges für die Landwirtschaft (Hintergrund: Frage 13).

Insgesamt ergibt sich aus der Befragung eine hohe Bereitschaft der Leiter der Pilotbetriebe, weiterhin in der Praxisforschung und in einem Referenznetzwerk aktiv zu sein. Unbedingt erforderlich ist dabei ein verlässliches Management mit guter Rückkoppelung zu allem Akteuren und dichter Kommunikation in die Betriebe und gemeinsam mit den Landwirten nach außen.

4.11.5 Literatur

Büchler D, Siegmeier T, Haase T, Möller D (2019) Praxisforschungsnetzwerke - Eine explorative Studie mit Akteuren der ökologischen Landwirtschaft in Hessen. In: Mühlrath D, Albrecht J, Finckh MR, Hamm, U, Heß J, Knierim U, Möller D (Hrsg.) Innovatives Denken für eine nachhaltige Land- und Ernährungswirtschaft. Beiträge zur 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 5. bis 8. März 2019, Verlag Dr. Köster, Berlin. https://orgprints.org/36246/1/Beitrag_322_final_a.pdf

Delate K, Canali S, Turnbull R, Tan R, Colombo L (2017) Participatory organic research in the USA and Italy: Across a continuum of farmer–researcher partner-ships. *Renewable Agriculture and Food Systems* 32(4):331–348. <https://doi.org/10.1017/S1742170516000247>

FAO (2019) Farmers taking the lead - Thirty years of farmer field schools. Rome. <http://www.fao.org/3/ca5131en/ca5131en.pdf>

Vaarst M, Nissen TB, Østergaard S, Klaas IC, Bennedsgaard TW, Christensen J (2007) Danish Stable Schools for Experiential Common Learning in Groups of Organic Dairy Farmers. *Journal of Dairy Science* 90(5):2543-2554, doi:10.3168/jds.2006-607

4.12 Einfluss von Standort und Bewirtschaftung auf die Humus- und Nährstoffgehalte von Acker- und Grünlandböden

Lucie Chmelíková, Harald Schmid und Kurt-Jürgen Hülsbergen

Zusammenfassung

In den Jahren 2009-2011 wurden auf 343 georeferenzierten Acker- und Grünlandflächen, in den Jahren 2015-2017 auf 253 Acker- und Grünlandflächen in ökologischen und konventionellen Marktfrucht- und Milchviehbetrieben in vier Region Deutschlands Bodenproben genommen. Im Labor wurden bodenchemische (C_t , N_t , C_{org} , P , K , pH , C_{hwl} , N_{hwl}), bodenbiologische (C_{mik}) und bodenphysikalische Untersuchungen (Lagerungsdichte) durchgeführt. Die Untersuchungsflächen und -regionen der Pilotbetriebe unterschieden sich hinsichtlich der klimatischen Bedingungen, der untersuchten Böden (Bodentextur), der Bewirtschaftung (ökologisch, konventionell), der Fruchtfolge und Düngung.

Es wurde geprüft, ob bei den Bodenparametern signifikante Unterschiede zwischen den Regionen, den Marktfrucht- und Milchviehbetrieben sowie den ökologischen und konventionellen Betrieben bestehen. Zwischen den Regionen wurden bei allen untersuchten Bodenparametern, mit der Ausnahme des P-Gehaltes, signifikante Unterschiede festgestellt. Unterschiedliches Klima und Management in den Regionen hat zu unterschiedlichen C_{org} -Gehalten geführt und die Humusqualität beeinflusst. Die höchsten C_{org} - und N_t -Gehalte wurden in der Region Süd und die niedrigsten in der Region Ost festgestellt. Obwohl ein signifikant höherer N_t -Gehalt in den Milchviehbetrieben gemessen wurde, wurde kein signifikanter Unterschied in den C_{org} -Gehalten festgestellt. Dies ist wahrscheinlich durch die große Heterogenität der Daten und Standorteinflüsse verursacht.

Die festgestellten höheren P- und K-Gehalte in den konventionellen Betrieben sind durch den höheren Mineraldüngereinsatz und die P-Bilanzen zu erklären.

Schlüsselwörter: Bodenuntersuchung, Ackerland, Grünland, Humus, Kohlenstoff, Stickstoff, pH, Phosphor, Kalium

Abstract

During the period 2009-2011, soil samples were taken in 343 geo-referenced arable and grassland areas and, during the period 2015-2017, in 253 arable and grassland areas on organic and conventional arable and dairy farms in four German regions. Analysis of soil chemical (C_t , N_t , C_{org} , P , K , pH , C_{hws} , N_{hws}), biological (C_{mic}) and physical parameters (bulk density) were carried out in the laboratory. The pilot farm study areas and regions differed in terms of climate conditions, the soil type (soil texture), management (organic, conventional), crop rotation and fertilization.

The soil parameters were analysed to determine if there were significant differences between regions, arable farms and dairy farms, and organic and conventional farms. Significant differences were found between the regions for all soil parameters, with the exception of the P content. Different climates and

management in the regions led to different C_{org} contents and influenced humus quality. The highest levels of C_{org} and N_t were found in the southern region and the lowest in the eastern region.

Although a significantly higher N_t content was measured on the dairy farms, no significant difference in the C_{org} content was found. This was probably due to the large heterogeneity of the data and the influence of site conditions.

The higher P and K contents found on conventional farms can be explained by the higher use of mineral fertilizers and the P budgets.

Keywords: soil analysis, arable land, grassland, humus, carbon, nitrogen, pH, phosphorus, potassium

4.12.1 Einleitung

Optimale Humus- und Nährstoffgehalte sind von wesentlicher Bedeutung für zahlreiche Bodenprozesse und -funktionen, für die langfristige Ertragsfähigkeit der Böden, die Nährstoffverfügbarkeit, ein stabiles Bodengefüge sowie für Ökosystemleistungen und die Regulierung von Treibhausgasemissionen. Ein Ziel der landwirtschaftlichen Bodennutzung besteht darin, Nährstoffverluste (z. B. Nitrat ins Grundwasser, Lachgasemissionen und Phosphatverluste im Bodenabtrag durch Erosionsprozesse usw.) zu vermeiden und eine unerwünscht hohe Anreicherung von Nährstoffen im Boden zu verhindern. Die Kenntnis der Nährstoffgehalte von landwirtschaftlichen Nutzflächen ist für eine optimale und umweltschonende Düngung wichtig. Mehrere Studien zeigen, dass der ökologische Landbau aufgrund vielseitiger Fruchtfolgen, reduzierter Anwendung mineralischer Nährstoffe und des Fehlens von synthetischen Pflanzenschutzmitteln zu einer höheren Bodenqualität mit höherer mikrobiologischer Aktivität als der konventionelle Landbau führt (Hansen et al., 2001; Shannon et al., 2002). Drinkwater et al. (1995) berichteten über ein höheres organisches C- und N-Mineralisierungspotential sowie eine höhere Häufigkeit und Diversität von Actinomyceten auf ökologischen Flächen als auf konventionellen.

Humus stellt eine langsam fließende Nährstoffquelle für die Pflanzen dar. Durch mikrobiellen Abbau der Humusbestandteile werden organisch gebundene Elemente in pflanzenverfügbare Formen umgewandelt. Humus kann Wasser speichern, was auch im Hinblick auf die Klimaerwärmung von großer Bedeutung ist. Aufgrund des Anstiegs der CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre wächst das Interesse an einer Erhöhung der Kohlenstoffspeicherung im Boden. Viele Studien (Ajwa und Tabatabai, 1994; Gregorich et al., 1994; Körschens et al., 1998; Wiseman und Püttmann, 2005) betrachten den Boden als potenzielle Senke für atmosphärischen Kohlenstoff und weisen gleichzeitig auf mangelndes Wissen über die Mechanismen der Sequestrierung von organischem Kohlenstoff und seine standortspezifischen Eigenschaften hin. Der organische Kohlenstoff des Bodens gilt seit langem als Schlüsselfaktor für die Erhaltung der physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften des Bodens. Das Verständnis und die Quantifizierung der C-Flüsse in Agrarökosystemen ist daher eine der wichtigsten Voraussetzungen für eine effiziente und nachhaltige Landnutzung.

Die Entwicklung und Zersetzung von organischer Substanz ist ein komplexer Prozess. Humus ist das Ergebnis bodenbiologischer Prozesse in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung, der Art der Düngung und des Klimas. Die Beziehung zwischen den klimatischen Bedingungen und der Menge an organischem Kohlenstoff im Boden ist bekannt. Nach Chaplot et al. (2010) korreliert der C_{org} -Gehalt mit dem Jahresniederschlag, wird aber auch durch die Landnutzung beeinflusst. Arrouays et al. (2001) haben Landnut-

zung, Bodentyp (v. a. Tongehalt) und klimatische Bedingungen (Höhenlage) als Hauptfaktoren der Kohlenstoffvorräte identifiziert. Zu den klimatischen Bedingungen zählen die Temperatur und die Bodenfeuchtigkeit (Conant et al., 2011). Die Temperatur ist ein wichtiger Faktor für die Steuerung des C_{org} -Umsatzes (Haddix et al., 2011). Weiterhin zeigen Körschens et al. (1998), dass in Ostdeutschland zunehmender Gehalt an Ton mit zunehmendem Bodenkohlenstoff verbunden ist. Nach Körschens et al. (1998) ist der inerte C somit sehr eng mit dem Tongehalt korreliert. Körschens et al. (1998) weisen darauf hin, dass Veränderungen (0,2 bis 0,6 % C, bzw. 0,02 bis 0,06 % N) in der organischen Bodensubstanz ausschließlich im umsetzbaren Anteil (C_{hwl} , N_{hwl}) stattfinden. Die jährlichen Veränderungen im C_{org} -Gehalt betragen max. nur etwa 0,01 % C_{org} oder 500 kg ha⁻¹.

Die Steigerung der C_{org} -Vorräte von Böden im ökologischen Landbau ist Gegenstand der Forschung (Gattinger et al., 2012, 2013; Leifeld et al., 2013). Ökologisch bewirtschaftete Böden zeigen häufig eine Tendenz zu höheren organischen Kohlenstoffgehalten (Marinari et al., 2006; Capriel, 2010; Mäder et al., 2012). Dennoch wurden diese Vorteile des ökologischen Landbaus nicht an allen Orten und unter allen Managementsystemen festgestellt (Rigby und Cáceres, 2001). Die Managementansätze in der konventionellen Landwirtschaft können jedoch auch den C_{org} -Gehalt verbessern, z. B. durch Anwendung organischer Dünger (Dorado et al., 2003), enge Nährstoffkreisläufe mit Rückführung von Pflanzenresten (Gattinger et al., 2012), Verzicht auf Bodenbearbeitung, konservierende oder reduzierte Bodenbearbeitung (Scharlemann et al., 2014), mehrjährige Pflanzen (Eichler-Löbermann et al., 2008), das Management der Ernterückstände (Freibauer et al., 2004) und die Deckfrucht.

Änderungen der Inputs wie Düngemittel und Ernterückstände, die die mikrobielle Aktivität des Bodens und die Mineralisierungsraten regulieren, werden sich letztendlich im C_{org} -Gehalt widerspiegeln (Gregorich et al., 2014). Sowohl die Anwendung von Hofdünger als auch von anorganischen Düngemitteln fördert die Erträge und erhöht dadurch die Rückführung von Ernterückständen in den Boden (Liang et al., 2011). So erhöhte die bodenverbessernde Wirkung höherer C_{org} -Gehalte den Ernteertrag auf lehmigen und sandigen Böden um etwa 5 bis 10% (Körschens et al. 1998). Der höhere Ertrag hatte wiederum Auswirkungen auf C_{org} -Gehalte, da eine höhere oberirdische Biomasse der Pflanzen höhere Ernterückstände und Wurzelbiomasse erzeugt (Chmelíková et al., 2015).

Anhand der Literatur ist festzuhalten, dass es einen Mangel gibt an Informationen über den Status Quo und die Entwicklung von organischem Kohlenstoff in landwirtschaftlichen Böden in Abhängigkeit von den Standortbedingungen und der Flächennutzung. Viele der o.g. Studien verweisen auf die mangelnde Verfügbarkeit von Daten zur organischen Bodensubstanz. Messdaten zu Humusgehalten und -vorräten wurden nicht einheitlichen Methoden erhoben; z. B. Beprobung unterschiedlicher Bodentiefen, Nichtberücksichtigung der Trockenrohdichte, etc.). Um eine nachhaltige Landnutzung zu erreichen, ist es wichtig, die Einflüsse der Landwirtschaft auf biologische, chemische und physikalische Bodeneigenschaften zu verstehen. Im Rahmen des Projektes wurden daher die Auswirkungen des ökologischen und konventionellen Landbaus auf die Nährstoffgehalte und organische Bodensubstanz in vier Regionen (Ost, Süd, West und Nord) Deutschlands untersucht. Ziel der vorliegenden Studie war es, die Nährstoffgehalte und die organische Substanz in den Regionen, in den Marktfrucht- und Milchviehbetrieben und zwischen den ökologischen und konventionellen Betrieben zu vergleichen.

Ein wesentliches Projektziel bestand im Erhalt und der Weiterentwicklung der Forschungsstruktur „Netzwerk von Pilotbetrieben“ mit 40 ökologischen und 40 konventionellen Betrieben. Das Netzwerk der Pilotbetriebe wurde im Vorprojekt (siehe Projektbericht, Hülsbergen und Rahmann, 2013) aufgebaut. Hier

wurden auch wesentliche methodische Festlegungen zur Auswahl der Betriebe, zu den Untersuchungsmethoden, zum Datentransfer und Informationsaustausch getroffen. Diese grundlegenden Untersuchungsmethoden und -prinzipien wurden beibehalten, aber durch neue Untersuchungs- und Forschungsansätze ergänzt. Nachfolgend wird der methodische Ansatz beschrieben.

4.12.2 Material und Methoden

Die Auswahl der Testflächen ist in Kapitel 3.2.1 ausführlich beschrieben.

4.12.2.1 Probenahme und Analytik

Zur Charakterisierung der Standorte und der Ausgangssituation wurden in den Jahren 2009 - 2011 auf den ausgewiesenen Flächen Bodenproben genommen. Diese Bodenbeprobung wurde während der Jahre 2015 – 2017 wiederholt. Bestandteil der Bodenuntersuchungen waren bodenchemische, bodenbiologische und bodenphysikalische Untersuchungen.

Die verwendeten Analysemethoden für die Untersuchung von Boden-, Pflanzen-, Futter- und Düngerproben sind im Forschungsbericht 2013 (Hülsbergen und Rahmann 2013) detailliert beschrieben und werden in Tabelle 4.12-1 kurz aufgelistet.

Tabelle 4.12-1: Parameter der bodenphysikalischen Analysen

Parameter	Verfahren	Quelle
Bodenart	Gestörte Bodenproben, Fingerprobe	VDLUFA (1997) Methode D 2.1
Lagerungsdichte	Stechzylinder, Trocknung bei 105 °C	VDLUFA (2016) Methode C 1.3.1
pH	pH Elektrode, 0,01 M CaCl ₂ , Verhältnis Boden : Lösung (1:2,5)	VDLUFA (2016) Methode A 5.1.1
C _{org}	Verbrennungsverfahren nach Dumas	VDLUFA (2016) Methode A 4.1.3.2
N _t	Verbrennungsverfahren nach Dumas	DIN ISO 10694
P _{CAL}	Extraktion mit CAL, photometrisch Ammoniummolybdat, Kaliumantimonoxidtartrat und Ascorbinsäure	VDLUFA (1991) Methode A 6.2.1.1
K _{CAL}	Extraktion mit CAL, Flammenphotometer	VDLUFA (1991) Methode A 6.2.1.1
C _{HWL}	Hydrolisat durch 1-stündiges Erhitzen (100 °C), Verhältnis Boden : dest. Wasser = 1:5, katalysatorgestützten Pyrolyse (800 °C)	VDLUFA (2004) Methode A 4.3.2
N _{HWL}	Hydrolisat durch 1-stündiges Erhitzen (100 °C), Verhältnis Boden : dest. Wasser = 1:5, thermokatalytisch Oxidation, Chemolumineszenzdetektor	VDLUFA (2004) Methode A 4.3.2
C _{MIK}	substratinduzierten Respiration, Heinemeyer-Apparatur	Heinemeyer et al. (1989), Alef (1991), DIN ISO 16072

4.12.2.2 Klimabedingungen

Mit den Pilotbetrieben wird in den vier Untersuchungsregionen ein breites Spektrum von Standortbedingungen abgedeckt (Tabelle 4.12-2). So gibt es große Unterschiede zwischen den Regionen (und auch den Betrieben in den Regionen) in der Höhenlage, in der Niederschlagssumme und der Durchschnittstemperatur.

Tabelle 4.12-2: Klimadaten der einzelnen Regionen. In Klammern stehen die minimalen und maximalen Werte

Region	Höhenlage (m ü NN)	Niederschlagssumme (mm)	Durchschnittstemperatur (°C)
Süden	567 (448 - 780)	1022 (785 - 1507)	7,6 (6,9 - 8,3)
Westen	129 (25 - 380)	780 (641 - 1090)	9,4 (7,3 - 10,8)
Osten	102 (28 - 279)	533 (451 - 589)	8,8 (8,6 - 9,1)
Norden	24 (0 - 68)	676 (536 - 768)	8,6 (8,2 - 8,8)

4.12.3 Ergebnisse und Diskussion

Die Bodenbeprobungen wurden in den Jahren 2009 – 2011 und 2015 – 2017 auf Acker- und Grünlandflächen in ökologischen und konventionellen Marktfrucht- und Milchviehbetrieben in vier Regionen Deutschlands durchgeführt. Es wurden 343 bzw. 253 Flächen beprobt und untersucht.

In der Abbildung 4.12-1 sind die Bodenarten der ökologischen (Ls2, Ls3, Lt2, Lt3, Lu, SI2, SI3, SI4, Slu, Ss, St2, Su3, Tu3, Uls, Ut3, Ut4) und der konventionellen (Ls2, Ls3, Ls4, Lt2, Lu, SI2, SI3, SI4, Slu, Su2, Uls, Ut3, Ut4) Flächen in 4 Regionen dargestellt.

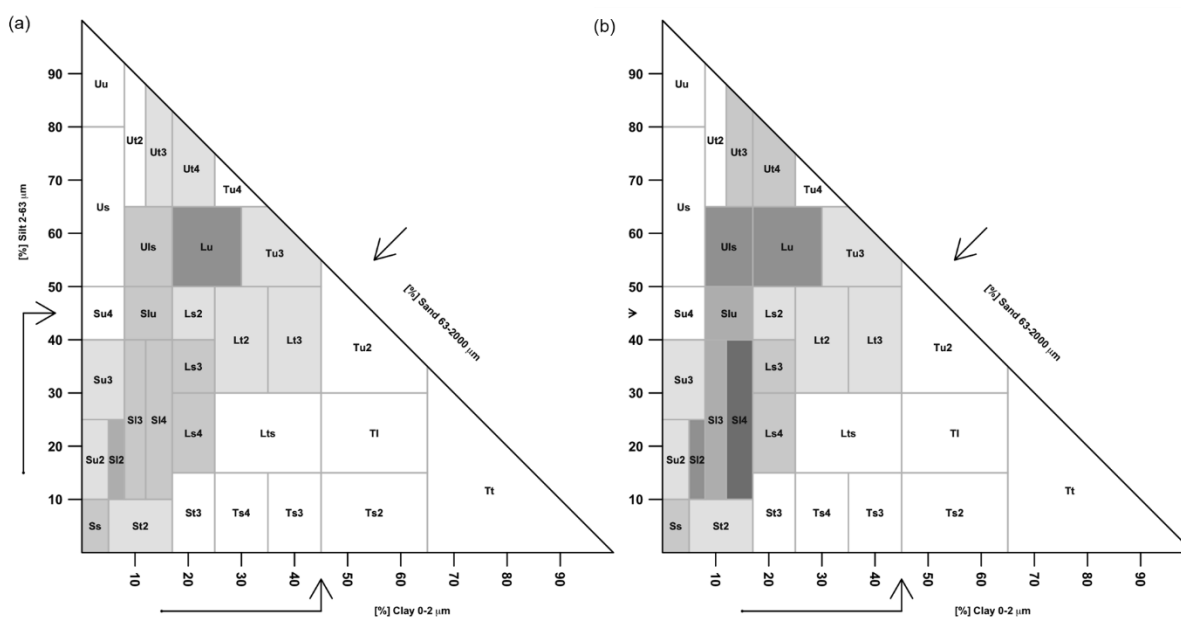


Abbildung 4.12-1: Bodenartendiagramm der Bodenuntergruppen des Feinbodens. Die Graustufen stellen die Häufigkeit der jeweiligen Bodentextur der Beprobungsflächen dar (hell=selten; dunkel=häufig).

4.12.3.1 Unterschiede zwischen den Regionen

In Jahren 2015 – 2017 wurden im Ackerland (Tiefe 0 - 30 cm) 46 Flächen in der Region Süd, 53 Flächen in der Region West, 48 Flächen in der Region Ost und 61 Flächen in der Region Nord untersucht. Zwischen den Regionen wurden bei allen untersuchten Bodenparametern, mit der Ausnahme des P-Gehaltes, signifikante Unterschiede festgestellt. Unterschiedliches Klima in den Regionen hat zu unterschiedlichen C_{org} -Gehalten geführt und die Humusqualität beeinflusst. Die höchsten C_{org} - und N_t -Gehalte wurden in der Region Süd und die niedrigsten in der Region Ost festgestellt. Signifikant engere C:N-Verhältnisse wurden in den Regionen Süd und Nord festgestellt. Weiter wurden für die Region Süd signifikant höhere C_{mik} -, N_t -, C_{hwl} - und N_{hwl} -Werte im Vergleich zu anderen Regionen gemessen (Tabelle 4.12-3) sowie hohe C_{org} -Vorräte ermittelt (Abbildung 4.12-2).

Unterschiedliche Einflussfaktoren wirken sich auf den C_{org} -Gehalt im Boden aus. Mehrere Autoren (z. B. Powlson et al., 2012) weisen darauf hin, dass das Humusgehalt im Boden von vielen Faktoren, wie dem Klima, der Bodentextur und den Bewirtschaftungsfaktoren abhängt. Anhand der Ergebnisse aus Dauerversuchen in Mitteleuropa hat das Klima bzw. die Witterung mit über 50 % den größten Einfluss, die Bodeneigenschaften mit 20 - 30 % sowie die Bewirtschaftungsmaßnahmen mit 5-30 % aber einen ebenfalls bedeutenden Einfluss auf den C_{org} -Gehalt (Kolbe, 2012).

Die Regionen unterschieden sich in den Niederschlagsmengen und auch in der Durchschnittstemperatur. Die Region Süden hatte die höchste Niederschlagssumme und auch die höchsten C_{org} -Gehalte. Die Region Osten hatte dafür die niedrigsten Werte. Diese Ergebnisse sind im Einklang mit Ergebnissen von Wiesmeier et al. (2013), die steigende SOC- und N-Vorräte mit zunehmender Niederschlagsmenge für Acker- und Grünlandstandorte erfasst haben.

Tabelle 4.12-3: Vergleich der Regionen, Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus den Jahren 2015-2017 im Ackerland in Bodentiefe 0-30 cm, Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA) ergänzt mit Post-hoc-Tukey-HSD-Test

Parameter	ME	Süden (n = 46)	Westen (n = 53)	Osten (n = 48)	Norden (n = 61)	F	P
P	kg ha ⁻¹	255,74	292,35	243,90	245,72	1,14	0,334
K	kg ha ⁻¹	566,46 ^a	441,08 ^b	423,00 ^b	523,42 ^{ab}	4,32	0,006
C_{org}	t ha ⁻¹	83,26 ^a	64,15 ^b	55,35 ^b	57,64 ^b	12,94	< 0,001
N_t	t ha ⁻¹	8,13 ^a	5,31 ^b	4,60 ^b	5,31 ^b	22,60	< 0,001
C:N		10,22 ^a	12,48 ^b	12,28 ^b	10,60 ^a	25,78	< 0,001
C_{mik}	mg kg ⁻¹	839,75 ^a	513,09 ^b	451,98 ^b	480,52 ^b	46,82	< 0,001
C_{mik}	% C_{org}	4,16 ^a	3,31 ^b	3,65 ^{ab}	3,91 ^a	5,01	0,002
C_{mik}	% C_{hwl}	111,89 ^a	96,86 ^b	87,11 ^b	99,52 ^b	5,90	< 0,001
pH		6,51 ^c	5,86 ^a	6,22 ^{bc}	6,05 ^{ab}	9,62	< 0,001
C_{hwl}	mg kg ⁻¹	798,78 ^a	547,61 ^b	520,92 ^b	506,38 ^b	22,67	< 0,001
N_{hwl}	mg kg ⁻¹	103,75 ^a	65,63 ^b	59,34 ^b	59,98 ^b	27,78	< 0,001
C_{hwl}	% C_{org}	3,74 ^{ab}	3,44 ^a	4,29 ^c	3,95 ^b	14,53	< 0,001
N_{hwl}	% N_t	4,83 ^a	5,06 ^a	6,01 ^b	5,03 ^a	9,86	< 0,001

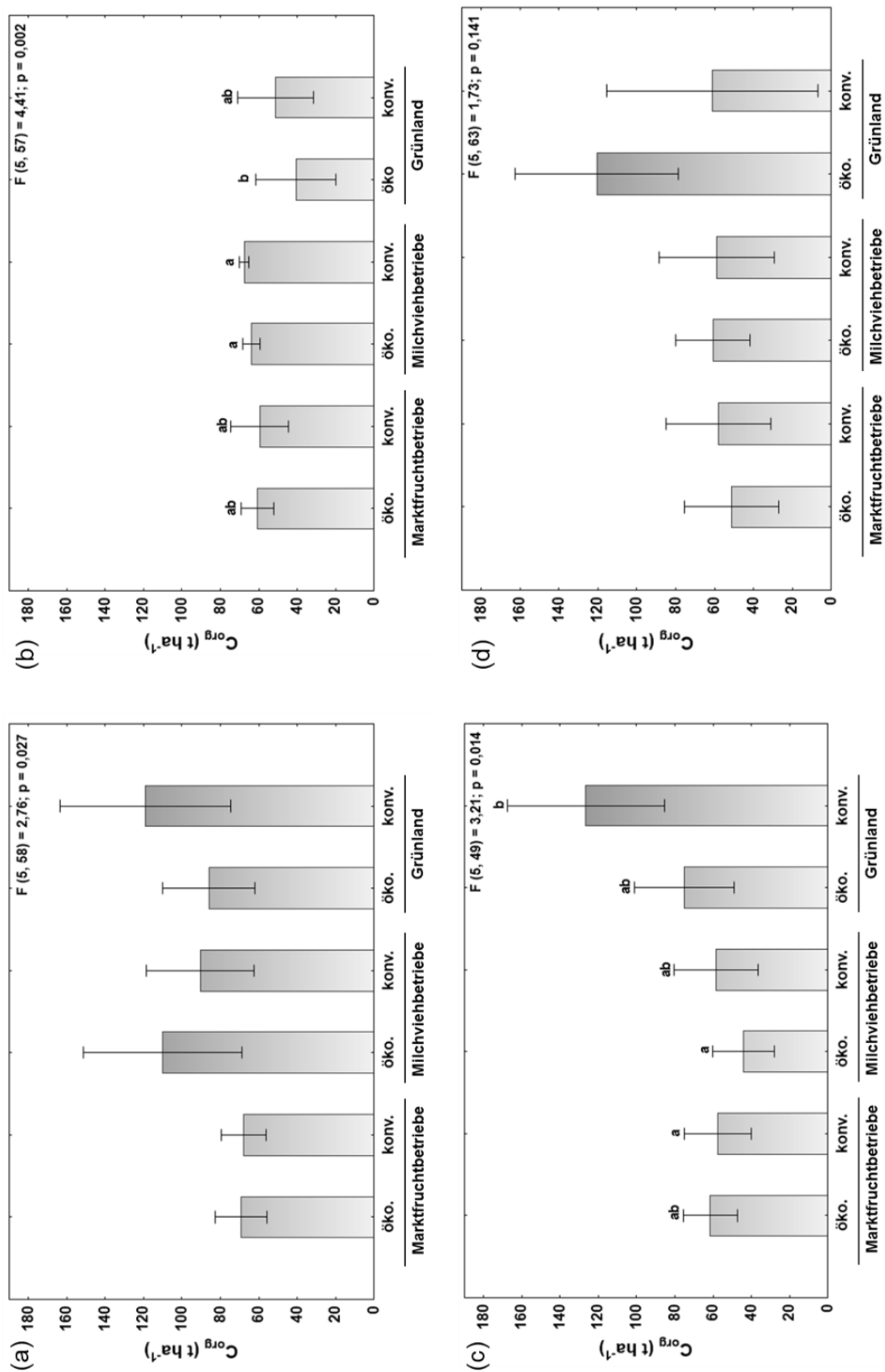


Abbildung 4.12-2: $C_{org} (t ha^{-1})$ in der Region (a) Süd, (b) West, (c) Ost, (d) Nord, Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA) ergänzt mit Post-hoc-Tukey-HSD-Test.

In Deutschland liegen die C_{org} -Vorräte in Mineralböden im Ackerland bei durchschnittlich 96 t ha^{-1} bis 100 cm Tiefe (Flessa et al., 2018). Wiesmeier et al. (2013) haben in einer umfangreichen Erhebung für Bayern C_{org} -Vorräte im Oberboden von $52,0 - 115,4 \text{ t ha}^{-1}$ und im Grünland von $53,0 - 95,7 \text{ t ha}^{-1}$ (je nach der landwirtschaftlichen Region) festgestellt. Die N_t -Vorräte betrugen im Ackerland $4,6 - 11,4 \text{ t ha}^{-1}$ und im Grünland $4,9-10,4 \text{ t ha}^{-1}$ im Oberboden.

In Jahren 2015 – 2017 wurden im Grünland in zwei Tiefe ($0 - 10 \text{ cm}$ und $10 - 30 \text{ cm}$) 18 Flächen in der Region Süd, 10 Flächen in der Region West, 7 Flächen in der Region Ost und 8 Flächen in der Region Nord untersucht. In den obersten $0-10 \text{ cm}$ wurden signifikante Unterschiede zwischen den Regionen bei C_{mik} -, pH -, C_{hwl} - und N_{hwl} -Werten festgestellt (Tabelle 4.12-4). Bei den gleichen Parametern wurden signifikante Unterschiede auch in der Tiefe $10-30 \text{ cm}$ gefunden. Zusätzlich gab es signifikante Unterschiede in dieser Bodentiefe auch für das C:N-Verhältnis (Tabelle 4.12-5).

Tabelle 4.12-4: Vergleich der Regionen, Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus den Jahren 2015-2017 im Grünland in Bodentiefe $0-10 \text{ cm}$, Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA) ergänzt mit Post-hoc-Tukey-HSD-Test

Parameter	ME	Süden (n = 18)	Westen (n = 10)	Osten (n = 7)	Norden (n = 8)	F	P
P	kg ha^{-1}	54,13	61,61	74,47	78,10	1,27	0,297
K	kg ha^{-1}	138,68	114,54	262,81	150,36	2,07	0,120
C_{org}	t ha^{-1}	68,43	39,35	62,58	60,76	1,32	0,283
N_t	t ha^{-1}	6,46	3,68	5,36	5,55	1,52	0,223
C:N		10,43 ^a	10,93 ^{ab}	11,99 ^b	10,62 ^{ab}	3,53	0,023
C_{mik}	mg kg^{-1}	2721,11 ^a	1362,00 ^b	1192,57 ^b	1172,75 ^b	5,52	0,003
C_{mik}	% C_{org}	4,49	3,95	2,74	3,15	1,08	0,368
C_{mik}	% C_{hwl}	100,86	91,59	60,08	68,62	1,60	0,205
pH		6,27 ^b	5,68 ^a	5,64 ^{ab}	5,14 ^a	8,67	< 0,001
C_{hwl}	mg kg^{-1}	2847,31 ^b	1533,14 ^a	2323,54 ^{ab}	1911,41 ^{ab}	4,17	0,012
N_{hwl}	mg kg^{-1}	370,51 ^b	190,30 ^a	226,19 ^a	250,62 ^{ab}	6,17	0,002
C_{hwl}	% C_{org}	4,29	4,39	4,64	4,52	0,29	0,830
N_{hwl}	% N_t	5,97	5,98	5,27	6,17	0,65	0,589

Die C_{org} - und N_t -Vorräte der Ackerflächen waren um 26 % bzw. 27 % niedriger als bei Grünlandböden (Wiesmeier et al. 2013). Dieser Unterschied kann durch die Bodenbearbeitung, die die Bodenmakroaggregate zerstört und zu einer anschließenden Mineralisierung der freigesetzten organischen Substanz führt (Post und Kwon, 2000; Six et al., 2000), eine Verschlechterung der Mikroaggregatbildung (Six et al., 1999) und das Management der Ernterückstände erklärt werden.

Tabelle 4.12-5: Vergleich der Regionen, Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus den Jahren 2015-2017 im Grünland in Bodentiefe 10-30 cm, Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA) ergänzt mit Post-hoc- Tukey-HSD-Test

Parameter	ME	Süden (n = 18)	Westen (n = 10)	Osten (n = 7)	Norden (n = 8)	F	P
P	kg ha ⁻¹	86,45	64,40	102,08	115,04	0,99	0,408
K	kg ha ⁻¹	172,66	100,90	291,46	259,38	1,68	0,187
C _{org}	t ha ⁻¹	122,28	51,36	103,46	116,97	1,30	0,289
N _t	t ha ⁻¹	11,41	4,59	8,70	10,21	1,68	0,188
C:N		10,48	11,47	12,33	10,81	2,42	0,081
C _{mik}	mg kg ⁻¹	1768,78 ^b	507,10 ^a	702,29 ^a	755,63 ^a	12,70	< 0,001
C _{mik}	% C _{org}	3,59	2,89	2,33	2,89	1,54	0,219
C _{mik}	% C _{hwf}	88,92	77,25	58,34	69,43	2,13	0,112
pH		6,34 ^b	5,75 ^a	5,55 ^a	5,26 ^a	9,99	< 0,001
C _{hwf}	mg kg ⁻¹	2036,47 ^b	715,45 ^a	1626,96 ^{ab}	1357,61 ^{ab}	3,58	0,022
N _{hwf}	mg kg ⁻¹	265,31 ^b	80,54 ^a	137,99 ^{ab}	160,84 ^{ab}	5,83	0,002
C _{hwf}	% C _{org}	3,98	3,77	4,08	4,09	0,26	0,857
N _{hwf}	% N _t	5,46	4,81	4,29	5,06	2,27	0,096

Die Klimafaktoren wirken sich auf die C_{org}-Speicherung im Ackerland und Grünland aber unterschiedlich aus. Goidts et al. (2009) beschreiben einen stärker ausgeprägten Einfluss des Klimas auf die SOC-Speicherung im Oberboden in Grünlandböden als in Ackerböden.

Die organische Substanz im Boden wird somit durch viele Faktoren beeinflusst, u. a. auch vom Relief. Durch das Relief entstehen Unterschiede in der Temperatur, der Verdunstung, der Erosion und auch der biologischen Aktivität, die den C_{org}-Gehalt beeinflussen. Da die untersuchten Flächen mit einem genauen GPS-Gerät eingemessen wurden, konnten den Flächen in der Region Süden die Werte des Topographic Position Index (TPI) zugeordnet werden, der aus dem digitalen Höhenmodell EU-DEM v1.1 der Region in SAGA GIS 4.0.0 abgeleitet wurde. Flächen mit positiven TPI Werten liegen höher als ihre Umgebung (Berge/Hügel). Flächen, die tiefer als ihre Umgebung (Täler/Senken) liegen, haben einen negativen TPI. Im Allgemeinen lag auf den Ackerflächen (TPI zwischen -2,33 und 1,15) der Mittelwert von C_{org} bei 2,57%, im Grünland (TPI zwischen -1,71 und 1,58) lag er in der Tiefe 0-10 cm bei 4,38 % und in der Tiefe 10-30 cm bei 3,52% (Abbildung 4.12-3). Der stärkste Zusammenhang zwischen C_{org} und TPI (Korrelationskoeffizienten $r = -0,485$) wurde auf Grünland in der Tiefe 10-30 cm festgestellt. Flächen mit höheren TPI-Werten hatten einen niedrigeren Anteil an C_{org} und Flächen mit niedrigeren TPI-Werten einen höheren Anteil an C_{org}. Die Korrelation von C_{org} und TPI auf Grünland in der Tiefe 0-10 cm war schwächer ($r = -0,467$). Auf Ackerland konnte keine Korrelation festgestellt werden. Ein starker Einfluss der Höhenlage auf die C_{org}-Vorräte wurde auch für landwirtschaftlich genutzte Böden in der Schweiz und in Baden-Württemberg gezeigt (Leifeld et al., 2005, Neufeldt, 2005).

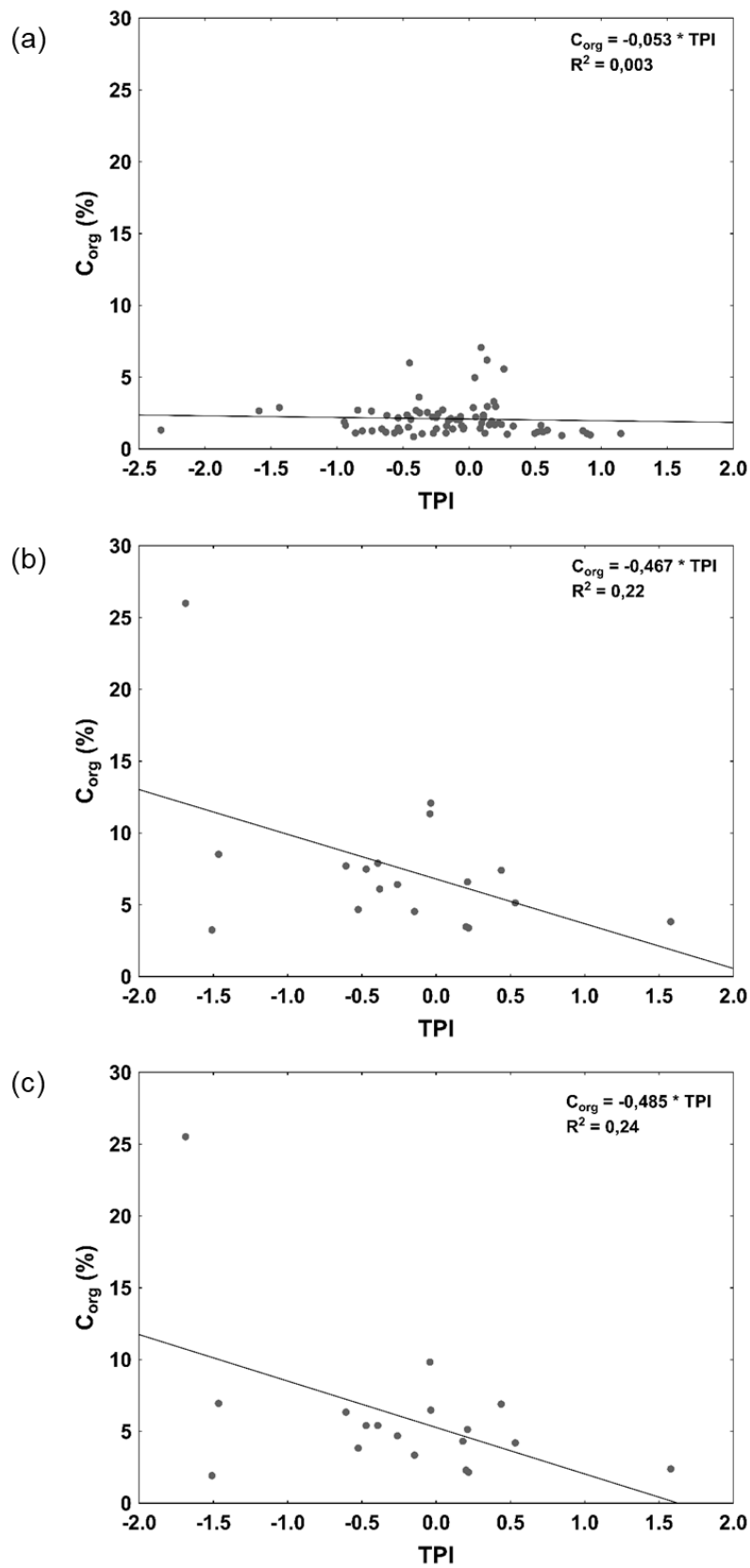


Abbildung 4.12-3: C_{org}-Gehalte im Zusammenhang mit TPI der Flächen (a) im Ackerland in Tiefe 0-30 cm, und im Grünland in Tiefen (b) 0-10 cm, (c) 10-30 cm.

4.12.3.2 Unterschiede zwischen Marktfrucht- und Milchviehbetrieben

In den Jahren 2015-2017 wurden im Ackerland (Tiefe 0-30 cm) 95 Flächen von Marktfruchtbetrieben und 113 Flächen von Milchbetrieben untersucht. Signifikante Unterschiede zwischen den Betriebstypen wurden bei K-, N_t-, C_{mik} (% C_{hwl})-, pH-, C_{hwl}- und N_{hwl}-Gehalten festgestellt (Tabelle 4.12-6).

Obwohl ein signifikant höherer N_t-Gehalt in den Milchviehbetrieben gemessen wurde, wurde kein signifikanter Unterschied in den C_{org}-Gehalten festgestellt. Dies sind wahrscheinlich durch die große Heterogenität der Daten und die Standorteinflüsse verursacht. Die Humusbilanzen der Pilotbetriebe (Kapitel 4.1) zeigen eine höhere Humusversorgung (höherer C-Input) und höhere Humussalden der Milchviehbetriebe im Vergleich zu den Marktfruchtbetrieben.

In der Literatur gibt es viele Studien, die den Einfluss unterschiedlicher Betriebssysteme, Anbaustrukturen, Fruchtfolgen und organischer Düngung auf die Humusvorräte belegen. Es besteht eine große Variabilität bei den Ernterückständen und Wurzelrückständen (Rhizodeposition) in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Fruchtarten (Getreide, einjährige und mehrjährige Futterpflanze, Stoppelkultur, Untersaat) in den Fruchtfolgen der Milchvieh- und Marktfruchtbetriebe (Klimanek, 1997; Engels et Körschens, 2010; Nguyen, 2003; Johnson et al., 2006; Wichern et al., 2008). Bei Dauerversuchen in Rothamsted konnte bei einer jährlichen Düngung mit Stallmist über 140 Jahre ein kontinuierlicher und anhaltender Anstieg des C_{org}-Vorrats im Oberboden festgestellt werden. Über diesen Zeitraum hat sich der C_{org}-Vorrat ungefähr verdreifacht (Jenkinson et al., 1990).

Die konventionellen Flächen hatten einen signifikant höheren pH-Wert. Die Nährstoffverfügbarkeit ist u. a. vom Boden-pH-Wert abhängig. Die Pufferkapazität der Böden ist abhängig vom Standort und den Bodeneigenschaften. Mineralische Düngung kann je nach eingesetzten Düngemitteln zu einer mittel- oder langfristig stärkeren Versauerung des Bodens als im ökologischen Landbau führen (Fließbach et al., 2007; Wortman et al., 2012; Jung und Schmidtke, 2019). Andererseits werden im Ökolandbau mehr Leguminosen angebaut, deren symbiotische N₂-Fixierung zu einer Versauerung des Bodens beitragen könnte.

Tabelle 4.12-6: Vergleich der Marktfrucht- und Milchviehbetriebe, Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus den Jahren 2015-2017 im Ackerland in Bodentiefe 0-30 cm, Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA)

Parameter	ME	Marktfruchtbetriebe (n = 95)	Milchviehbetriebe (n = 113)	F	P
P	kg ha ⁻¹	276,06	245,80	2,00	0,158
K	kg ha ⁻¹	547,91	439,07	11,70	0,001
C _{org}	t ha ⁻¹	60,66	67,62	3,62	0,058
N _t	t ha ⁻¹	5,40	6,15	4,45	0,036
C:N		11,46	11,31	0,31	0,581
C _{mik}	mg kg ⁻¹	556,11	566,36	0,10	0,755
C _{mik}	% C _{org}	3,93	3,61	3,76	0,054
C _{mik}	% C _{hwl}	105,41	93,09	9,19	0,003
pH		6,35	5,97	17,47	< 0,001
C _{hwl}	mg kg ⁻¹	534,61	627,19	8,63	0,004
N _{hwl}	mg kg ⁻¹	62,75	77,85	11,45	0,001
C _{hwl}	% C _{org}	3,77	3,92	2,25	0,135
N _{hwl}	% N _t	5,04	5,37	3,75	0,054

In den Jahren 2015-2017 wurden im Grünland in zwei Tiefe (0-10 cm und 10-30 cm) vier Flächen in Marktfruchtbetrieben und 39 Flächen im Milchviehbetrieben untersucht. Mittelwerte aller gemessenen Bodenparameter sind in der Tabelle 4.12-7 erfasst. Statistische Tests wurden aufgrund der stark ungleichen Anzahl an Flächen nicht durchgeführt.

Tabelle 4.12-7: Vergleich der Marktfrucht- und Milchviehbetriebe, Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus den Jahren 2015-2017 im Grünland in Bodentiefen 0-10 cm und 10-30 cm

Parameter	ME	Marktfruchtbetriebe (n = 4)		Milchviehbetriebe (n = 39)	
		0-10 cm	10-30 cm	0-10 cm	10-30 cm
P	kg ha ⁻¹	89,06	80,49	61,03	105,30
K	kg ha ⁻¹	299,31	433,78	140,70	168,32
C _{org}	t ha ⁻¹	48,65	80,49	60,38	105,30
N _t	t ha ⁻¹	4,21	6,65	5,60	9,54
C:N		11,95	13,12	10,73	10,86
C _{mik}	mg kg ⁻¹	1305,00	823,25	1925,90	1143,00
C _{mik}	% C _{org}	2,99	2,38	3,92	3,16
C _{mik}	% C _{hwl}	78,36	68,07	86,84	78,58
pH		6,15	6,19	5,79	5,84
C _{hwl}	mg kg ⁻¹	1921,75	1161,70	2320,20	1574,71
N _{hwl}	mg kg ⁻¹	209,24	129,21	290,35	187,61
C _{hwl}	% C _{org}	4,25	3,61	4,43	4,00
N _{hwl}	% N _t	5,16	4,76	5,97	5,07

4.12.3.3 Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben

In den Jahren 2015-2017 wurden im Ackerland (Tiefe 0-30 cm) 130 Flächen in ökologisch und 78 in konventionell bewirtschafteten Betrieben untersucht. Signifikante Unterschiede wurden zwischen den Bewirtschaftungen in K- und P-Gehalten festgestellt (Tabelle 4.12-8). Signifikante höhere Gehalte wurden in den konventionellen Betrieben gemessen.

In ökologischen Betrieben erfolgt die P-Zufuhr auf den Ackerflächen über Wirtschaftsdüngemittel (Stallmist, Gülle), Sekundärrohstoffdünger (Biogut- und Grüngutkomposte) oder Handelsdünger (Mehle tierischer Herkunft, Schrote aus Leguminosen, Vinasse aus pflanzlicher Herkunft). Rohphosphate sind zwar als Düngemittel im Ökolandbau zugelassen, diese sind aber nur schwer löslich. Die weltweiten Rohphosphatvorräte sind begrenzt; Phosphor sollte daher nachhaltig eingesetzt werden.

Es wurden in den Pilotbetrieben negative P- und K-Salden ermittelt (Kapitel 4.1). In verschiedenen Studien (Tagmann et al., 2001; Kolbe, 2010, 2012; Schuster et al., 2015; Ohm et al., 2017) wurden bei ökologischer Bewirtschaftung in Deutschland leicht negative P-Bilanzen gefunden. In einer Metaanalyse zum Vergleich der ökologischen und konventionellen Bewirtschaftung (Jung und Schmidtke, 2019) wurden in den europäischen Studien niedrigere P-Gehalte im Ökolandbau festgestellt.

Tabelle 4.12-8: Vergleich der ökologischen und konventionellen Betriebe, Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus den Jahren 2015-2017 im Ackerland in Bodentiefe 0-30 cm, Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA)

Parameter	ME	Ökologisch (n = 130)	Konventionell (n = 78)	F	P
P	kg ha ⁻¹	236,63	297,92	7,99	0,005
K	kg ha ⁻¹	453,97	546,80	7,90	0,005
C _{org}	t ha ⁻¹	64,07	65,05	0,07	0,785
N _t	t ha ⁻¹	5,74	5,92	0,25	0,616
C:N		11,27	11,45	0,45	0,503
C _{mik}	mg kg ⁻¹	567,48	552,02	0,21	0,647
C _{mik}	% C _{org}	3,87	3,56	3,21	0,075
C _{mik}	% C _{hwl}	101,72	93,70	3,58	0,060
pH		6,11	6,20	0,81	0,369
C _{hwl}	mg kg ⁻¹	577,53	597,20	0,35	0,553
N _{hwl}	mg kg ⁻¹	69,41	73,53	0,76	0,383
C _{hwl}	% C _{org}	3,85	3,85	< 0,01	0,992
N _{hwl}	% N _t	5,19	5,26	3,75	0,054

Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass der Vorrat an organischer Bodensubstanz bei ökologischer Bewirtschaftung im Vergleich zur konventionellen Bewirtschaftung im Ackerland erhöht ist (Siegrist et al., 1998; Mäder et al., 2002; Gattinger et al., 2012). In mehreren Metaanalysen mit paarweisen Vergleichen (Levin et al., 2019; Jung und Schmidtke, 2019; Weckenbrock et al., 2019) wurden höhere C_{org}-Gehalte auf

den Flächen mit der ökologischen Bewirtschaftung festgestellt. Dies kann durch die für den Ökolandbau typische Kreislaufwirtschaft unter Einsatz von Wirtschaftsdüngern und Komposten sowie den Leguminosenanbau und die Gründüngung erklärt werden. Weiter könnte ein höherer Anteil Feldfutterbau im ökologischen Landbau auch zu einer Erhaltung oder Erhöhung des C_{org} -Gehalts beitragen. Höhere Erträge in der konventionellen Landwirtschaft und dadurch auch höhere Ernte- und Wurzelrückstände können dazu führen, dass der C_{org} -Gehalt erhöht wird. Unterschiedliche Rückstände werden auch durch unterschiedliche Fruchtfolgen verursacht. Barbieri et al. (2017) haben im ökologischen Ackerbau signifikant höhere Anteile an Hülsenfrüchten in den Fruchtfolgen und dagegen signifikant höhere Anteile an Ölfrüchten im konventionellen Anbau ermittelt. Deutliche Unterschiede in der Anbaustruktur und Fruchtfolge wurde auch in den Pilotbetrieben festgestellt (Kapitel 4.1).

Die organische Bodensubstanz wird auch durch die Bodenbearbeitung beeinflusst (Cooper et al., 2016). Die Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität (z. B. der Verzicht auf eine wendende Bearbeitung oder Reduzierung der Bearbeitungstiefe) kann zur Steigerung des organischen C_{org} -Gehaltes führen. Dadurch können aber auch weitere physikalische und biologische Bodeneigenschaften beeinflusst werden. Pfluglose Bodenbewirtschaftung mit Ernterückständen verbesserte signifikant die mikrobielle Biomasse im Boden im Vergleich zur Bodenbearbeitung mit Pflug (Don et al., 2009).

Die Rückführung der Wirtschaftsdünger und der Anbau von humusmehrenden Kulturen führen zur Aktivierung des Bodenlebens (Lori et al., 2017), zur Steigerung des Humusgehaltes und zur Erhöhung der C-Speicherung (Gattinger et al., 2012; Aguilera et al. 2013; Weckenbrock et al., 2019). In der Studie von Lori et al. (2017) wurden im ökologischen Ackerland höhere C_{mik} -Gehalte gemessen, allerdings waren die Unterschiede nicht signifikant. Die Autoren identifizierten zahlreiche positive Einflüsse des ökologischen Landbaus auf die meisten der in der Studie untersuchten mikrobiellen Indikatoren (u. a. C_{mik}) im Boden. Auch weitere Studien zeigen, dass die mikrobielle Biomasse im Boden bei langjähriger ökologischer Bewirtschaftung gegenüber konventionell bewirtschafteten Flächen erhöht war (Mäder et al., 2002; Hartmann et al., 2006; Hartmann und Widmer, 2006; Birkhofer et al., 2008; Joergensen et al., 2010; Brame et al., 2016). Andererseits gibt es aber auch Studien, die diesen Unterschied nicht nachweisen konnten (Wander et al., 1995; Williams und Hedlund, 2013).

In den Jahren 2015-2017 wurden im Grünland in zwei Tiefen (0-10 cm und 10-30 cm) 23 ökologisch und 20 konventionell bewirtschaftete Flächen untersucht. Es wurden keine signifikanten Unterschiede durch die unterschiedlichen Bewirtschaftungssysteme festgestellt (Tabelle 4.12-9 und Tabelle 4.12-10).

Tabelle 4.12-9: Vergleich der ökologischen und konventionellen Betriebe, Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus den Jahren 2015-2017 im Grünland in Bodentiefe 0-10 cm, Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA)

Parameter	ME	Ökologisch (n = 23)	Konventionell (n = 20)	F	P
P	kg ha ⁻¹	66,29	60,59	0,31	0,582
K	kg ha ⁻¹	181,24	125,79	1,88	0,177
C _{org}	t ha ⁻¹	55,39	63,77	0,51	0,477
N _t	t ha ⁻¹	5,13	5,85	0,48	0,494
C:N		10,78	10,90	0,10	0,749
C _{mik}	mg kg ⁻¹	1870,30	1865,65	0,01	0,991
C _{mik}	% C _{org}	4,32	3,27	1,95	0,170
C _{mik}	% C _{hwl}	93,52	77,45	1,12	0,296
pH		5,73	5,93	0,86	0,359
C _{hwl}	mg kg ⁻¹	2047,44	2552,39	2,30	0,137
N _{hwl}	mg kg ⁻¹	259,37	309,75	1,46	0,234
C _{hwl}	% C _{org}	4,59	4,21	1,91	0,175
N _{hwl}	% N _t	6,18	5,57	2,38	0,131

Tabelle 4.12-10: Vergleich der ökologischen und konventionellen Betriebe, Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus den Jahren 2015-2017 im Grünland in Bodentiefe 10-30cm, Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA)

Parameter	ME	Ökologisch (n = 23)	Konventionell (n = 20)	F	P
P	kg ha ⁻¹	97,65	81,12	0,69	0,410
K	kg ha ⁻¹	240,96	141,50	2,78	0,103
C _{org}	t ha ⁻¹	97,16	109,29	0,18	0,675
N _t	t ha ⁻¹	8,82	9,75	0,15	0,704
C:N		10,89	11,28	0,57	0,455
C _{mik}	mg kg ⁻¹	948,70	1302,50	2,09	0,155
C _{mik}	% C _{org}	3,29	2,86	1,09	0,331
C _{mik}	% C _{hwl}	79,65	75,25	0,22	0,641
pH		5,76	6,00	1,41	0,241
C _{hwl}	mg kg ⁻¹	1291,62	1817,67	2,40	0,129
N _{hwl}	mg kg ⁻¹	156,81	211,36	1,72	0,197
C _{hwl}	% C _{org}	4,07	3,85	0,68	0,415
N _{hwl}	% N _t	4,91	5,16	0,55	0,461

Anhand des Vergleichs der Bodenparameter wurden die meisten signifikanten Unterschiede zwischen den Regionen festgestellt. Am meisten hat sich die Region Süden unterschieden. Für diese Region wurde

ein paarweiser Vergleich der benachbarten Flächen (ökologisch und konventionell) durchgeführt. In der Abbildung 4.12-4 wurde jeweils Fläche der benachbarten Betriebe verglichen. Mittelwerte oberhalb der roten gestrichelten Linien bedeuten höhere Gehalte im Ökolandbau. Diese wurden in der Region Süden bei folgenden Bodenparametern gemessen: C_{org} , C_{mik} (% C_{org}), C:N, N_t , pH und K. In der konventionellen Landwirtschaft wurden im Süden höhere Werte bei C_{mik} (% C_{hwl}) und P festgestellt.

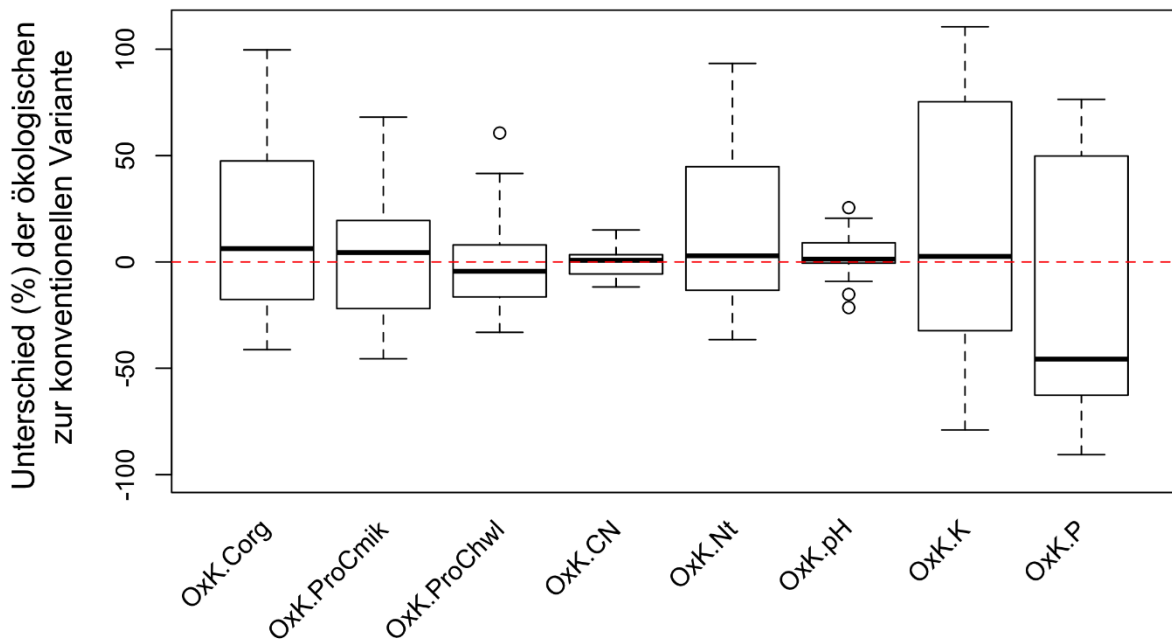


Abbildung 4.12-4: Paarweiser Vergleich der benachbarten ökologisch und konventionell bewirtschafteten Flächen in der Region Süden.

Zwischen den Regionen sind die größten Unterschiede in der organischen Bodensubstanz zu erwarten, da die Regionen durch unterschiedliche Klimabedingungen charakterisiert sind. Unterschiede in den C_{org} -Mengen zwischen den ökologisch und konventionell bewirtschafteten Flächen stellt Abbildung 4.12-5 dar.

Zusammengefasste Ergebnisse mit Unterschieden zwischen den Regionen, Bewirtschaftungssystemen und Betriebstypen wurden beispielhaft für C_{org} - und P-Mengen im Ackerland ausgearbeitet und sind in der Abbildung 4.12-6 und Abbildung 4.12-7 dargestellt.

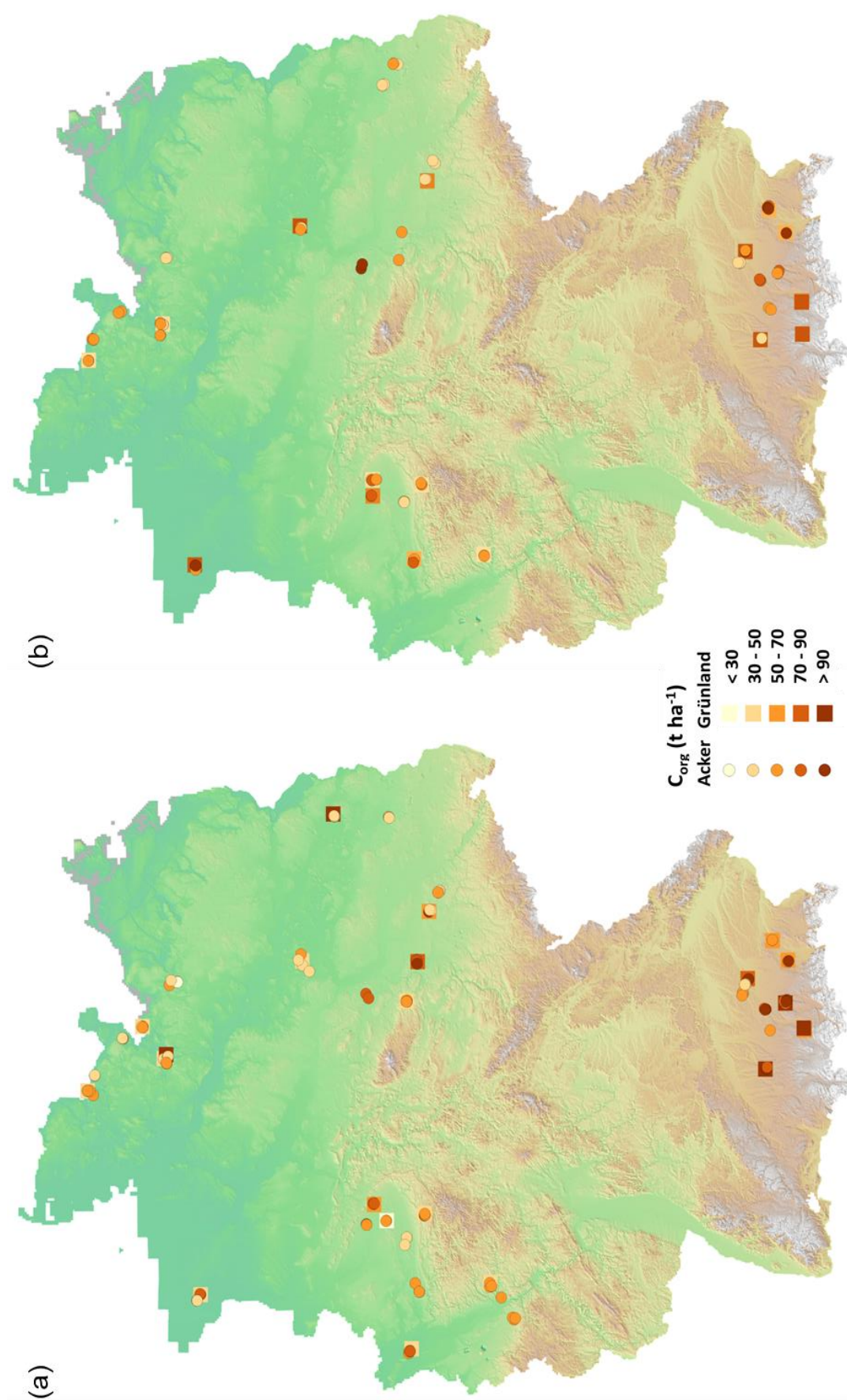


Abbildung 4.12-5: C_{org} (t ha⁻¹) auf den (a) ökologisch und (b) konventionell bewirtschafteten Flächen in der Bodentiefe 0-30 cm.

Deutschland	Öko. Betriebe 64,07 t ha ⁻¹	Konv. Betriebe 65,05 t ha ⁻¹	F=0,07; P=0,785	
	Marktfruchtbetriebe 60,66 t ha ⁻¹	Milchviehbetriebe 67,62 t ha ⁻¹	F=3,62; P=0,058	
	Öko. Marktfruchtbetriebe 60,60 t ha ⁻¹	Konv. Marktfruchtbetriebe 60,73 t ha ⁻¹	Öko. Milchviehbetriebe 66,60 t ha ⁻¹	Konv. Milchviehbetriebe 69,59 t ha ⁻¹ F=1,31; P=0,274
Süden	Öko. Marktfruchtbetriebe 69,30 t ha ⁻¹	Konv. Marktfruchtbetriebe 67,71 t ha ⁻¹	Öko. Milchviehbetriebe 110,10 t ha ⁻¹ ^b	Konv. Milchviehbetriebe 90,39 t ha ⁻¹ ^b F= 3,12; p = 0,034
Westen	Öko. Marktfruchtbetriebe 60,79 t ha ⁻¹	Konv. Marktfruchtbetriebe 59,45 t ha ⁻¹	Öko. Milchviehbetriebe 64,89 t ha ⁻¹ ^a	Konv. Milchviehbetriebe 67,63 t ha ⁻¹ ^{ab} F= 1,21; p = 0,317
Osten	Öko. Marktfruchtbetriebe 61,53 t ha ⁻¹	Konv. Marktfruchtbetriebe 57,43 t ha ⁻¹	Öko. Milchviehbetriebe 43,92 t ha ⁻¹ ^a	Konv. Milchviehbetriebe 58,27 t ha ⁻¹ ^a F= 1,12; p = 0,347
Norden	Öko. Marktfruchtbetriebe 51,32 t ha ⁻¹	Konv. Marktfruchtbetriebe 58,01 t ha ⁻¹	Öko. Milchviehbetriebe 60,88 t ha ⁻¹ ^a	Konv. Milchviehbetriebe 58,89 t ha ⁻¹ ^a F= 1,64; p = 0,193
F = 2,32; p = 0,086		F = 0,60; p = 0,619	F = 12,58; p < 0,001	F = 4,03; p = 0,015

Abbildung 4.12-6: Unterschiede in C_{org}-Vorräte (t ha⁻¹) den Regionen, Bewirtschaftungssystemen und Betriebstypen. Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA), unterschiedliche Buchstaben stellen signifikante Unterschiede dar.

Deutschland	Öko. Betriebe	Konv. Betriebe			F= 7,98; P= 0,005
	236,6 kg ha ⁻¹	297,9 kg ha ⁻¹			
	Marktfrochttbetriebe	Milchviehhbetriebe			F= 2,00; P= 0,158
	276,1 kg ha ⁻¹	245,8 kg ha ⁻¹			
Öko. Marktfrochttbetriebe	Konv. Marktfrochttbetriebe	Öko. Milchviehhbetriebe	Konv. Milchviehhbetriebe	F= 3,73; P= 0,012	
263,7 kg ha ^{-1 ab}	293,0 kg ha ^{-1 b}	216,8 kg ha ^{-1 a}	303,1 kg ha ^{-1 b}		
Süden					
Öko. Marktfrochttbetriebe	Konv. Marktfrochttbetriebe	Öko. Milchviehhbetriebe	Konv. Milchviehhbetriebe	F= 10,22; p < 0,001	
244,2 kg ha ^{-1 a}	380,1 ha ^{-1 b}	105,3 kg ha ^{-1 c a}	305,3 kg ha ^{-1 ab}		
Westen					
Öko. Marktfrochttbetriebe	Konv. Marktfrochttbetriebe	Öko. Milchviehhbetriebe	Konv. Milchviehhbetriebe	F= 0,40; p = 0,751	
256,2 t ha ⁻¹	276,7 t ha ⁻¹	291,9 kg ha ^{-1 b}	331,6 kg ha ⁻¹		
Osten					
Öko. Marktfrochttbetriebe	Konv. Marktfrochttbetriebe	Öko. Milchviehhbetriebe	Konv. Milchviehhbetriebe	F= 1,35; p = 0,272	
275,9 kg ha ⁻¹	242,1 kg ha ⁻¹	164,3 kg ha ^{-1 a}	316,8 kg ha ⁻¹		
Norden					
Öko. Marktfrochttbetriebe	Konv. Marktfrochttbetriebe	Öko. Milchviehhbetriebe	Konv. Milchviehhbetriebe	F= 1,06; p = 0,474	
272,8 kg ha ⁻¹	268,0 t ha ⁻¹	211,7 kg ha ^{-1 ab}	260,0 kg ha ⁻¹		
F = 0,10; p = 0,959	F = 2,58; p = 0,069	F = 5,58; p = 0,002	F =0,54; p = 0,658		

Abbildung 4.12-7: Unterschiede in P-Vorräte (kg ha⁻¹) den Regionen, Bewirtschaftungssystemen und Betriebstypen. Einfache Varianzanalyse (One-way ANOVA), unterschiedliche Buchstaben stellen signifikante Unterschiede dar.

4.12.4 Schlussfolgerungen

Die Untersuchungsergebnisse zeigen deutliche Unterschiede der Humus- und Nährstoffgehalte zwischen den Untersuchungsregionen, was auf unterschiedliche klimatische Bedingungen, Böden (z. B. unterschiedliche Bodentextur) und Bewirtschaftungssysteme (Tierbesatz, Fruchtfolge, Düngung) zurückzuführen ist. So wurden beispielsweise in der Region Süd die signifikant höchsten C_{org} - und N_t -Vorräte gefunden (vgl. Tabelle 4.12-3). In dieser Region sind die Niederschläge am höchsten, die Temperaturen am niedrigsten. Die Standortbedingungen in Süddeutschland (Allgäu, Voralpenraum, Tertiärhügelland) begünstigen den Futterbau (und hohe Klee gras- und Grünlanderträge) und die Milchviehhaltung (hoher Tierbesatz und Anfall organischer Dünger), so dass die relativ hohen C_{org} - und N_t -Vorräte auch bewirtschaftungsbedingt sind.

Die Karte in Abbildung 4.12-5 zeigt die C_{org} -Vorräte und die räumliche Lage der Untersuchungsflächen. Aus der Abbildung geht hervor, dass es auch innerhalb der Regionen große Unterschiede in den C_{org} - und N_t -Vorräten gibt, z. B. in der Region Ost. Diese Region umfasst Flächen mit sehr unterschiedlichen Bodenbedingungen. Beispielsweise sind hohe C_{org} - und N_t -Vorräte auf den Messflächen in der Magdeburger Börde zu finden (Lößstandorte), sehr niedrige Werte auf den Diluvialstandorten in Brandenburg. Diese Beispiele zeigen die Komplexität und die Überlagerung zahlreicher natürlicher und bewirtschaftungsbedingter Einflussfaktoren.

Die festgestellten höheren P- und K-Gehalte in den konventionellen Betrieben sind durch den höheren Mineraldüngereinsatz und die P-Bilanzen zu erklären (vgl. Kapitel 4.1). Allerdings sind auch hier viele Einflussfaktoren zu beachten, u. a. die historische Bewirtschaftung. So zeigen Untersuchungen in Ostdeutschland seit 30 Jahren sukzessiv abnehmende P-Gehalte der Ackerböden, weil der Tierbesatz zurückging und die mineralische P-Düngung vermindert wurde. In Sachsen sind mittlerweile 53 % der Ackerflächen in den P-Gehaltsklassen B und A, die Unterversorgung und Nährstoffmangel anzeigen (LfULG, 2019). Stellt ein Betrieb in dieser Region auf ökologischen Landbau um, startet er bereits mit niedrigen Nährstoffgehalten, während in anderen viehstarken Regionen sehr hohe P-Gehalte (bis zur höchsten Versorgungsstufe E) vorherrschen (vgl. Wiesler et al., 2016). Das bedeutet, dass z. B. die P-Gehalte nicht nur die Standortbedingungen und die aktuelle Bewirtschaftung reflektieren, sondern auch die lang zurückliegende Flächennutzung. Gleiches gilt für die Humusgehalte. Aus der Bodenzustandserhebung in Deutschland geht hervor, dass die Vornutzung die Humusvorräte deutlich beeinflussen kann, z. B. auf Ackerflächen, die historisch als Grünland genutzt wurden (Jacobs et al., 2018).

In weiteren Untersuchungen kann anhand des vorliegenden Datensatzes analysiert werden, welche Zusammenhänge zwischen der Betriebsstruktur und Fruchtfolge (z. B. Tierbesatz, Leguminosenanteil), der Düngungsintensität, den Humus- und Nährstoffbilanzen sowie den Humus- und Nährstoffgehalten und -vorräten bestehen.

4.12.5 Literatur

Aguilera E, Lassaletta L, Gattinger A, Gimeno BS (2013) Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 168:25-36

Ajwa HA, Tabatabai MA (1994) Decomposition of different organic materials in soils. *Biol Fertil Soils* 18:175-182

Alef K (1991) *Methodenhandbuch Bodenmikrobiologie* Ecomed, Landsberg am Lech

Arrouays D, Deslais W, Badeau V (2001) The carbon content of topsoil and its geographical distribution in France. *Soil Use and Management* 17:7-11

Barbieri P, Pellerin S, Nesme T (2017) Comparing crop rotations between organic and conventional farming. *Scientific reports* 7:13761

Birkhofer K, Bezemer TM, Bloem J, Bonkowski M, Christensen S, Dubois D, Ekelund F, Fließbach A, Gunst L, Hedlund K, Mäder P, Mikola J, Robin C, Setälä H, Tatin-Froux F, Van der Putten WH, Scheu S (2008) Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity. *Soil Biology and Biochemistry* 40:2297-2308

Braman S, Tenuta M, Entz MH (2016) Selected soil biological parameters measured in the 19th year of a long term organic-conventional comparison study in Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 233:343-351

Capriel P (2010) Standorttypische Humusgehalte von Ackerboden in Bayern. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Hg. v. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/p_38740.pdf, zuletzt geprüft am 04.12.2020

Chaplot V, Bouhom B, Valentin C (2010) Soil organic carbon stocks in Laos: spatial variations and controlling factors. *Global Change Biology* 16:1380-1393

Chmelíková L, Wolfrum S, Schmid H, Hejzman M, Hülsbergen K-J (2015) Seasonal development of biomass yield in grass-legume mixtures on different soils and development of above- and belowground organs of *Medicago sativa*. *Archives of Agronomy and Soil Science* 61:329-346

Conant RT, Ryan MG, Ågren GI, Birge HE, Davidson EA, Eliasson PE, Evans SE, Frey SD, Giardina CP, Hopkins F, Hyvönen R, Kirschbaum MUF, Lavallee JM, Leifeld J, Parton WJ, Steinweg JM, Wallenstein M, Ake-Wetterstedt MJ, Bradford MA (2011) Temperature and soil organic matter decomposition rates - synthesis of current knowledge and a way forward. *Global Change Biology* 17:3392-3404

Cooper J, Baranski M, Stewart G, Nobel-de Lange M, Bärberi P, Fließbach A, Peigné J, Berner A; Brock C; Casagrande M, Crowley O, David C, de Vliegheer A, Döring TF; Dupont A; Entz M; Grosse M, Haase T, Halde C, Hammerl V, Huiting H, Leithold G, Messmer M, Schlöter M, Sukkel W, van der Heijden M.G.A, Willekens K, Wittwer R, Mäder P (2016) Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis. *Agron. Sustain. Dev.* 36:158

DIN ISO 10694 (1996) Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von organischem Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung (Elementaranalyse). Beuth Verlag, Berlin, Wien, Zürich

DIN ISO 16072 (2005) Bodenbeschaffenheit – Laborverfahren zur Bestimmung der mikrobiellen Bodenatmung. Beuth Verlag, Berlin, Wien, Zürich

Don A, Scholten T, Schulze E-D (2009) Conversion of cropland into grassland: Implications for soil organic-carbon stocks in two soils with different texture. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 172:53-62

Dorado J, Zancada M-C, Almendros G, López-Fando C (2003) Changes in soil properties and humic substances after long-term amendments with manure and crop residues in dryland farming systems. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 166:31-38

Drinkwater LE, Letourneau DK, Workneh F, van Bruggen AHC, Shennan C (1995) Fundamental Differences Between Conventional and Organic Tomato Agroecosystems in California. *Ecological Applications* 5:1098-1112

Eichler-Löbermann B, Köhne S, Kowalski B, Schnug E (2008) Effect of Catch Cropping on Phosphorus Bioavailability in Comparison to Organic and Inorganic Fertilization. *Journal of Plant Nutrition* 31:659-676

Engels C, Körschens M (2010) Bedeutung von ober- und unterirdischer Ernte und Stoppelrückstände für die Humusbilanzierung. In: Engels C, Reinhold J, Ebertseder T, Heyn J (eds.), *Humusbilanzierung landwirtschaftlicher Böden – Einflussfaktoren und deren Auswirkungen*. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V. (VDLUFA), Speyer

Fließbach A, Oberholzer H-R, Gunst L, Mäder P (2007) Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118:273-284

Flessa H, Don A, Jacobs A, Dechow R, Tiemeyer B, Poeplau C (2018) Humus in landwirtschaftlich genutzten Boden Deutschlands. Ausgewählte Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Hg. v. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Thünen-Institut für Agrarklimaschutz. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Bodenzustandserhebung.pdf?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt geprüft am 13.05.2020

Freibauer A, Rounsevell MDA, Smith P, Verhagen J (2004) Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma* 122:1-23

Gattinger A, Muller A, Haeni M, Skinner C, Fliessbach A, Buchmann N, Mäder P, Stolze M, Smith P, Scialabba N El-Hage, Niggli U (2012) Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109: 18226-18231

Gattinger A, Muller A, Haeni M, Skinner C, Fliessbach A, Buchmann N, Mäder P, Stolze M, Smith P, Scialabba N El-Hage, Niggli U (2013) Reply to Leifeld et al.: Enhanced top soil carbon stocks under organic farming is not equated with climate change mitigation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110: E985

Goidts E, van Wesemael BAS, van Oost K (2009) Driving forces of soil organic carbon evolution at the landscape and regional scale using data from a stratified soil monitoring. *Global Change Biology* 15:2981-3000

Gregorich EG, Carter MR, Angers DA, Monreal CM, Ellert BH (1994) Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil. Sci.* 74:367-385

Haddix M, Plante A, Conant R, Six J, Steinweg JM, Magrini-Blair K, Drijber R, Morris S, Paul E (2011) The role of soil characteristics on temperature sensitivity of soil organicmatter. *Soil Science Society of America Journal*, 75: 56-68

Hansen B, Alrøe HF, Kristensen ES (2001) Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 83:11-26

Hartmann M, Fließbach A, Oberholzer H-R, Widmer F (2006) Ranking the magnitude of crop and farming system effects on soil microbial biomass and genetic structure of bacterial communities. *FEMS microbiology ecology* 57:378-388

Hartmann M, Widmer F (2006) Community structure analyses are more sensitive to differences in soil bacterial communities than anonymous diversity indices. *Applied and environmental microbiology* 72:7804-7812

Heinemeyer O, Insam H, Kaiser EA (1989) Soil microbial biomass and respiration measurements: An automated technique based on infrared gas analysis. *Plant Soil* 116:191-195

Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2013) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 412 p, Thünen Rep 8, DOI:10.3220/REP_8_2013

Jacobs A, Flessa H, Don A, Heidkamp A, Prietz R, Dechow R, Gensior A, Poeplau C, Riggers C, Schneider F, Tiemeyer B, Vos C, Wittnebel M, Müller T, Säurich A, Fahrion-Nitschke A, Gebbert S, Jaconi A, Kolata H, Laggner A, et al. (2018) Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland - Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 316 p, Thünen Rep 64, DOI:10.3220/REP1542818391000

Jenkinson DS (1990) The turnover of organic carbon and nitrogen in soil. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 329 (1255):361-368

Joergensen RG, Mäder P, Fließbach A (2010) Long-term effects of organic farming on fungal and bacterial residues in relation to microbial energy metabolism. *Biol Fertil Soils* 46:303-307

Johnson JM-F, Allmaras RR, Reicosky DC (2006) Estimating Source Carbon from Crop Residues, Roots and Rhizodeposits Using the National Grain-Yield Database. *Agron. J.* 98:622-636

Jung R, Schmidtke K (2019) Bodenfruchtbarkeit. In: Sanders J, Heß J (eds.) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft, Thünen Report 65. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, Germany, 59-96. <https://doi.org/10.3220/REP1576488624000>

- Klimanek E-M** (1997) Bedeutung der ernte- und wurzelrückstände landwirtschaftlich genutzter Pflanzenarten für die organische Substanz des Bodens. *Archives of Agronomy and Soil Science* 41:485-511
- Kolbe H** (2010) Phosphor und Kalium im ökologischen Landbau – aktuelle Probleme, Herausforderungen, Düngungsstrategien. In: Bundesarbeitskreis Düngung (Hrsg.) Phosphor- und Kaliumdüngung - brauchen wir neue Düngekonzepte? Tagung des Verbandes der Landwirtschaftskammern (VLK) und des Bundesarbeitskreises Düngung (BAD). Frankfurt am Main, 117-137
- Kolbe H** (2012) Bilanzierungsmethoden und Versorgungsniveau für Humus. Hg. v. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Schriftenreihe, Heft 19/2012)
- Körschens M, Weigel A, Schulz E** (1998) Turnover of soil organic matter (SOM) and long-term balances - tools for evaluating sustainable productivity of soils. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenk.* 161 409-424
- Leifeld J, Angers DA, Chenu C, Fuhrer J, Kätterer T, Powlson DS** (2013) Organic farming gives no climate change benefit through soil carbon sequestration. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110 E984-E984
- Leifeld J, Kögel-Knabner I** (2005) Soil organic matter fractions as early indicators for carbon stock changes under different land-use? *Geoderma* 124:143-155
- Levin K, Brandhuber R, Freibauer A, Wiesinger K** (2019) Klimaanpassung. In: Sanders J, Heß J (eds.) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft, Thünen Report 65. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, Germany, pp 161-190. <https://doi.org/10.3220/REP1576488624000>
- LfULG** (2019) Phosphorversorgung sächsischer Ackerböden. Daten und Fakten. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. www.landwirtschaft.sachsen.de/duengung-20165.html
- Liang W-I, Carberry P, Wang G, Lü R, Lü H, Xia A** (2011) Quantifying the yield gap in wheat–maize cropping systems of the Hebei Plain, China. *Field Crops Research* 124:180-185
- Lori M, Symnaczik S, Mäder P, de Deyn G, Gattinger A** (2017) Organic farming enhances soil microbial abundance and activity-A meta-analysis and meta-regression. *PloS one* 12: e0180442
- Mäder P, Fliessbach A, Dubois D, Gunst L, Fried P, Niggli U** (2002) Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296:1694-1697
- Marinari S, Roberto M, Campiglia E, Grego S** (2006) Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. *Ecological Indicators* 6: 701-711
- Neufeldt H** (2005) Carbon stocks and sequestration potentials of agricultural soils in the federal state of Baden-Württemberg, SW Germany. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168:202-211
- Nguyen C** (2009) Rhizodeposition of Organic C by Plant: Mechanisms and Controls. In: Lichtfouse E, Navarrete M, Debaeke P, Véronique S, Alberola C, editors. *Sustainable Agriculture*. Dordrecht: Springer Netherlands, 97-123

Ohm M, Paulsen HM, Moos JH, Eichler-Löbermann B (2017) Long-term negative phosphorus budgets in organic crop rotations deplete plant-available phosphorus from soil. *Agron. Sustain. Dev.* 37:265

Post WM, Kwon KC (2000) Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology* 6:317-327

Powlson DS, Bhogal A, Chambers BJ, Coleman K, Macdonald AJ, Goulding KWT, Whitmore AP (2012) The potential to increase soil carbon stocks through reduced tillage or organic material additions in England and Wales: A case study. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 146:23-33

Rigby D, Cáceres D (2001) Organic farming and the sustainability of agricultural systems. *Agricultural Systems* 68:21-40

Scharlemann JPW, Tanner EVJ, Hiederer R, Kapos V (2014) Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon Management* 5:81-91

Schuster M, Kolbe H, Bauer K, Jäckel U (2015) Berichte aus dem Ökolandbau. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) (2):1-58

Shannon D, Sen AM, Johnson DB (2002) A comparative study of the microbiology of soils managed under organic and conventional regimes. *Soil Use and Management* 18:274-283

Siegrist S, Schaub D, Pfiffner L, Mäder P (1998) Does organic agriculture reduce soil erodibility? The results of a long-term field study on loess in Switzerland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 69:253-264

Six J, Elliott ET, Paustian K (1999) Aggregate and Soil Organic Matter Dynamics under Conventional and No-Tillage Systems. *Soil Sci. Soc. Am. j.* 63:1350-1358

Six J, Elliott ET, Paustian K (2000) Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology and Biochemistry* 32:2099-2103

Tagmann HU, Oberson A, Oehl F, Frossard E, Dubois D, Mäder P (2001) DOK-Versuch: Phosphor-Bilanz und -Verfügbarkeit über 21 Jahre. *Agrarforschung Schweiz* 8:313-323

VDLUFA (Hrsg.) (1991) Methode A 6.2.1.1, In: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. I Die Untersuchung von Böden, 4. Aufl., VDLUFA-Verlag, Darmstadt

VDLUFA (Hrsg.) (1997) Methode D 2.1, In: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. I Die Untersuchung von Böden, 4. Aufl., VDLUFA-Verlag, Darmstadt

VDLUFA (Hrsg.) (2004) Methode A 4.3.2, In: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. I Die Untersuchung von Böden, 4. Aufl., VDLUFA-Verlag, Darmstadt

VDLUFA (Hrsg.) (2016) Methode A 4.1.3.2, In: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. I Die Untersuchung von Böden, 4. Aufl., VDLUFA-Verlag, Darmstadt

VDLUFA (Hrsg.) (2016) Methode A 5.1.1, In: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. I Die Untersuchung von Böden, 4. Aufl., VDLUFA-Verlag, Darmstadt

VDLUFA (Hrsg.) (2016) Methode A 6.2.1.1, In: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. I Die Untersuchung von Böden, 4. Aufl., VDLUFA-Verlag, Darmstadt

Wander MM, Hedrick DS, Kaufman D, Traina SJ, Stinner BR, Kehrmeier SR, White D (1995) The functional significance of the microbial biomass in organic and conventionally managed soils. *Plant Soil* 170:87-97

Weckenbrock P, Sanchez-Gellert HL, Gattinger A (2019) Klimaschutz. In: Sanders J, Heß J (eds.) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft, Thünen Report 65. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, Germany, 133-160. <https://doi.org/10.3220/REP1576488624000>

Wichern F, Eberhardt E, Mayer J, Joergensen RG, Müller T (2008) Nitrogen rhizodeposition in agricultural crops: Methods, estimates and future prospects. *Soil Biology and Biochemistry* 40:30-48

Wiesler F, Hund-Rinke K, Gäth S, George E, Greef JM, Hölzle L E, Holz F, Hülsbergen K-J, Pfeil R, Severin K, Frede H-G, Blum B, Schenkel H, Horst W, Dittert K, Ebertseder T, Osterburg B, Philipp W, Pietsch M, Nessel T (2016) Use of organic fertilizers and organic wastes in agriculture. *Berichte über Landwirtschaft* 94:1-14

Wiesmeier M, Hübner R, Barthold F, Spörlein P, Geuß U, Hangen E, Reischl A, Schilling B, von Lützow M, Kögel-Knabner I (2013) Amount, distribution and driving factors of soil organic carbon and nitrogen in cropland and grassland soils of southeast Germany (Bavaria). *Agriculture, Ecosystems & Environment* 176:39-52

Williams A, Hedlund K (2013) Indicators of soil ecosystem services in conventional and organic arable fields along a gradient of landscape heterogeneity in southern Sweden. *Applied Soil Ecology* 65:1-7

Wiseman CLS, Puttmann W (2005) Soil organic carbon and its sorptive preservation in central Germany. *Eur J Soil Science* 56:65-76

Wortman SE, Galusha TD, Mason SC, Francis CA (2012) Soil fertility and crop yields in long-term organic and conventional cropping systems in Eastern Nebraska. *Renew. Agric. Food Syst.* 27:200-216

5 Publikationen

Harald Schmid, Sandra Anke, Hans-Marten Paulsen

Im Berichtszeitraum wurden von den Partnern folgende Beiträge in Zeitschriften veröffentlicht:

2010

Kassow A, Blank B, Paulsen HM, Aulrich K, Rahmann G (2010) Studies on greenhouse gas emissions in organic and conventional dairy farms. *Landbauforsch SH* 335:65-76

2011

Blank B, Paulsen HM, Kassow A, Rahmann G, Aulrich K (2011) Zusammensetzung von Wirtschaftsdüngern ökologischer und konventioneller Milchviehbetriebe im Rahmen des Projekts Klimawirkungen und Nachhaltigkeit von Landbausystemen Leithold G, Becker K, Brock C, Fischinger S, Spiegel A-K, Spory K, Wilbois, K-P, Williges U (Hrsg.) *Beträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*. Gießen, 2011, 199-202

Frank H, Schmid H, Hülsbergen, K-J (2011) Analyse des Energieeinsatzes und der Energieeffizienz bei der Futtererzeugung in der Milchviehhaltung. In: Leithold, G, Becker K, Brock, C, Fischinger S, Spiegel A-K, Spory K, Wilbois K-P, Williges U (Hrsg.) *Beträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*. Gießen, 2011, 143-146

Frank H, Schmid H, Hülsbergen K-J (2011) Analyse des Einsatzes fossiler Energie und der damit verbundenen CO₂-Emissionen der Milchviehhaltung – methodischer Ansatz und erste Ergebnisse. In: Brigitte Eurich-Menden (Hrsg.) *Emissionen der Tierhaltung. Treibhausgase, Umweltbewertung, Stand der Technik* ; KTBL-Tagung 6. - 8. Dezember 2011 Kloster Banz, Bad Staffelstein. Darmstadt. KTBL-Schrift, Band 491:355-359

Höhne E, Rücknagel J, Christen O (2011) Relation between structural field parameters and soil physical laboratory measurements. In: Neuhoff, D, Halberg N, Rasmussen IA, Hermansen J, Ssekyewa C, Sohn MS, (eds.) (2011) *Organic is life – knowledge for tomorrow. Proc. of the 3rd Scientific Conference of ISOFAR* 28.09. – 01.10.2011, Gyeonggi Paldang, Korea:25-27

Höhne E, Rücknagel J, Christen O (2011) Zusammenhang von Parametern der visuellen Gefügebewertung mit bodenphysikalischen und –mechanischen Messwerten. *Mitt. d. Ges. f. Pflanzenbau-wissenschaften*, 23:209

Kassow A, Blank B, Paulsen HM, Rahmann G, Aulrich K (2011) Analyse von Grundfutterqualitäten ökologischer und konventioneller Milchviehbetriebe im Rahmen des Projektes "Klimawirkungen und Nachhaltigkeit von Landbausystemen". In: Leithold G, Becker K, Brock C, Fischinger S, Spiegel A-K, Spory K, Wilbois K-P, Williges U (Hrsg.) Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Gießen, 2011, 109-110

Niedrist A, Helmle S (2011) Landwirte und Klimaschutz – Ein Vergleich der Meinungen von Betriebsleitern konventioneller und ökologischer Betriebe in Bayern. In: Leithold G, Becker K, Brock C, Fischinger S, Spiegel A-K, Spory K, Wilbois K-P, Williges U (Hrsg.) Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Gießen, 2011, 119-122

Paulsen HM, Blank B, Schüler M (2011) Treibhausgasemissionen und Nachhaltigkeitsbewertung in der Milchviehhaltung - Erhebung von Praxisdaten, Modellierung, Ökobilanz. In: Brigitte Eurich-Menden (Hrsg.) Emissionen der Tierhaltung. Treibhausgase, Umweltbewertung, Stand der Technik; KTBL-Tagung 6. - 8. Dezember 2011 Kloster Banz, Bad Staffelstein. Darmstadt. KTBL-Schrift, Band 491:376-380

Peter J, Schmid H, Schilling R, Munch JC, Hülsbergen K-J (2011) Treibhausgasflüsse beim Anbau von Winterweizen und Klee gras. In: Leithold G, Becker K, Brock C, Fischinger S, Spiegel A-K, Spory K., Wilbois K-P, Williges U (Hrsg.) Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Justus-Liebig Universität Gießen, 15.-18. März 2011, Tagungsband, 147-150

Peter J, Schmid H, Schilling R, Munch JC, Hülsbergen K-J (2011) Treibhausgasflüsse beim Anbau von Winterweizen und Klee gras. Tagungsband des 12. Österreichischen Klimatags. Klima, Klimawandel, Auswirkungen und Anpassung in Österreich. 21. Und 22. Sept. 2011. Veranstalter Klimafor-schungsinitiative AustroClim und Klima- und Energiefonds, V42

2012

Blank B, Schaub D, Paulsen HM, Rahmann G (2012) Herd parameters in organic and conventional dairy farms and their role in greenhouse gas emissions from milk production. Landbauforsch SH 362:270-273

Frank H, Schmid H, Hülsbergen K-J (2012) Modell zur Energiebilanzierung der Milchviehhaltung – Anwendung in Pilotbetrieben. In: Wiesinger K, Cais K (Hrsg.) Angewandte Forschung für den ökologischen Landbau in Bayern. Öko-Landbautag 2012 am 29. März 2012 in Freising. LfL-Schriftenreihe 4/2012:36-42

Hülsbergen K-J, Braun M, Schmid H (2012) Die Bedeutung der Kohlenstoffversorgung in Böden. Lebendige Erde 3:12-14

Lind P (2012) Schnittintervall und Schnitthöhe: Einfluss auf Ertragsbildung und Qualität von Klee grasbeständen. Diss. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Paulsen HM, Blank B, Schaub D, Rahmann G (2012) Klimawirkungen und Nachhaltigkeitsparameter in der Milchviehhaltung - Ergebnisse aus Herdenvergleichen ökologischer und konventioneller Betriebe. VDLUFA SchrR 68:737-744

Schaub D, Paulsen HM, Rösemann C, Blank B, Rahmann G (2012) Emissions of greenhouse gases from dairy farms - a case study using the German agricultural emission model GAS-EM. Landbauforsch SH 362:22-25

Schmid H, Braun M, Hülsbergen K-J (2012) Klimawirksamkeit und Nachhaltigkeit von bayerischen landwirtschaftlichen Betrieben. In: Wiesinger K, Cais K (Hrsg.) Angewandte Forschung für den ökologischen Landbau in Bayern. Öko-Landbautag 2012 am 29. März 2012 in Freising. LfL-Schriftenreihe 4/2012:137-143

Simon R (2012) Energie- und Treibhausgasbilanzierung von Importfuttermitteln am Beispiel von Sojaextraktionsschrot. M.Sc., TU München

2013

Blank B, Schaub D, Paulsen HM, Rahmann G (2013) Vergleich von Leistungs- und Fütterungsparametern in ökologischen und konventionellen Milchviehbetrieben in Deutschland Landbauforsch. Appl Agric Forestry Res 63 (1):21-28, DOI:10.3220/LBF_2013_21-28

Frank H, Schmid H, Hülsbergen K-J (2013) Modelluntersuchungen zu Treibhausgasemissionen der ökologischen und konventionellen Milcherzeugung. In: Neuhoff D, Stumm C, Ziegler S, Rahmann G, Hamm U, Köpke U (Hrsg.) Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 5.-8. März 2013, Tagungsband, 664-665

Hülsbergen K-J, Rahmann G (Hrsg.) (2013): Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 412 p, Thünen Rep. 8

Hülsbergen K-J, Schmid H, Frank H (2013) Ressourcenschonung in der Pflanzen- und Milchproduktion. Ansätze für die Betriebsoptimierung - Untersuchungen zur Nachhaltigkeit von ökologischen und konventionellen Betrieben. Tagungsband der DLG-Wintertagung 2013 in Berlin. Archiv der DLG, Band 107:43-60

Lenz A (2013) Treibhausgasbilanzierung der Milcherzeugung und Ableitung von Minderungsstrategien. M.Sc., TU München

Paulsen HM, Blank B, Schaub D, Aulrich K, Rahmann G (2013) Zusammensetzung, Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern ökologischer und konventioneller Milchviehbetriebe in Deutschland und die Bedeutung für die Treibhausgasemissionen. Landbauforsch Appl Agric Forestry Res 63(1):29-36, DOI:10.3220/LBF_2013_29-36

2014

Frank H (2014) Entwicklung und Anwendung eines Modells zur Energie- und Treibhausgasbilanzierung landwirtschaftlicher Betriebssysteme mit Milchviehhaltung. Diss. TU München

Frank H, Schmid H, Hülsbergen K-J (2014) Greenhouse Gas Emissions of organic and conventional dairy farms in Germany. In: Rahmann G. & Aksoy U. (eds.): Proceedings of the 14th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', at the Organic World Congress 2014, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey, 505-508

Ohm M, Brinkmann J, March S, Warnecke S, Koopmann R, Paulsen HM (2014) Das Grünland und der Wiederkäuer - Futteransprüche und Tierwohl als Potentiale für die Biodiversitätserhaltung. Agrobiodiversität 34, 178-202

Paulsen HM, Warnecke S, Rahmann G (2014) Modell und Realität – Erfahrungen zur Berechnung von Treibhausgasemissionen aus der Milchviehhaltung auf Basis von Daten ökologischer und konventioneller Betriebe. In Senat der Bundesforschungsinstitute des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.) Methoden der Nachhaltigkeitsbewertung landwirtschaftlicher System – Möglichkeiten und Grenzen. Forschung Themenheft 2, 2014. ISBN 978-3-95547-014-2

Paulsen HM, Warnecke S, Rahmann G (2014) Options to reduce greenhouse gas emissions from enteric fermentation and manure handling in dairy farming – An analysis based on farm network data. In: Rahmann G & Aksoy U (Eds.): Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', at the Organic World Congress 2014, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey, Thünen Rep 20, Vol. 2:441-444

Paulsen HM, Warnecke S, Schüler M (2014) Modell und Realität: Erfahrungen zur Berechnung von Treibhausgasemissionen aus der Milchviehhaltung auf Basis von Daten ökologischer und konventioneller Betriebe. Forschung: Themenheft 2/2014:44-49

Warnecke S, Paulsen HM, Schulz F, Rahmann G (2014) Greenhouse gas emissions from enteric fermentation and manure on organic and conventional dairy farms - an analysis based on farm network data. Organic Agric 4(4):285-293, doi:10.1007/s13165-014-0080-4

Warnecke S, Schulz F, Paulsen HM, Rahmann G 2014 Differences in feeding practices on Organic and Conventional dairy farms – data from a farm network. In: Rahmann G & Aksoy U (eds.): Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', at the Organic World Congress 2014, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey, Thünen Rep 20, Vol. 2:343-346

2015

Höhne E (2015) Zusammenhänge von Parametern der visuellen Gefügebewertung und bodenphysikalischen und –mechanischen Messwerten. Diss. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Hülsbergen K-J, Schmid H (2015) Stickstoffkreisläufe und Stickstoffbilanzen – Untersuchungen in einem Netzwerk der Pilotbetriebe. Lebendige Erde 1:30-32

Hülsbergen K-J, Schmid H (2015) Humusbilanzen und Humusversorgung – Untersuchungen in einem Netzwerk der Pilotbetriebe. *Lebendige Erde* 2:32-34

Hülsbergen K-J, Schmid H (2015) Energiebilanzen und Energieeffizienz des Pflanzenbaus – Untersuchungen in einem Netzwerk der Pilotbetriebe. *Lebendige Erde* 3:32-34

Hülsbergen K-J, Schmid H, Frank H (2015) Klimawirkung der Milchviehhaltung – Untersuchungen in einem Netzwerk der Pilotbetriebe. *Lebendige Erde* 4:30-32

Hülsbergen K-J, Schmid H, Frank H (2015) Fast geschlossener Stoffkreislauf – vielseitiges Betriebssystem. Beispiel Körtlinghausen – Untersuchungen in einem Netzwerk der Pilotbetriebe. *Lebendige Erde* 5:32-34

Hülsbergen K-J, Rahmann G (Hrsg.) (2015): Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Forschungsergebnisse 2013-2014. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 175 p, Thünen Rep. 29

Hülsbergen K-J, Rahmann G, Paulsen HM (2015) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit der Landwirtschaft – Untersuchungen in einem Netzwerk der Pilotbetriebe. *Lebendige Erde* 1:33

Paulsen HM, Frank H, Hülsbergen KJ, Rahmann G, Schmid H, Warnecke S (2015) Klimagase und deren Minderung bei der Milchproduktion. In: Häring AM, Hörning B, Hoffmann-Bahnsen R, Luley H (eds.) Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau "Am Mut hängt der Erfolg: Rückblicke und Ausblicke auf die ökologische Landbewirtschaftung". 102-105

Wagner K, Hinterstoißer P, Schüler M, Warnecke S, Brinkmann J, March S, Schmid H, Frank H, Paulsen HM (2015) Verknüpfung von Tierwohlaspekten mit Parametern der Ressourceneffizienz in der Tierproduktion. In: Gieseke D, Busch G, Ikinge C, Kühl S, Pirsich W (eds) Tierhaltung im Spannungsfeld von Tierwohl, Ökonomie und Gesellschaft: Tierwohl-Tagung in Göttingen; 7.-8. Oktober 2015. Göttingen: Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, 78-81

Warnecke S, Paulsen HM (2015) Unterschiedliche Fütterung: Treibhausgaslast der Milch von vier Milchviehbetrieben. In: Häring AM, Hörning B, Hoffmann-Bahnsen R, Luley H (eds.) Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau "Am Mut hängt der Erfolg: Rückblicke und Ausblicke auf die ökologische Landbewirtschaftung". 106-109

Warnecke S, Paulsen HM, Schmid H, Brinkmann J, Frank H, March S (2015) Linking animal welfare to sustainability indicators of farms. *Acta fytotechn. zootechn.*, 18, 2015 (Special Issue):122-124 Short Communication. doi: <http://dx.doi.org/10.15414/afz.2015.18.si.122-124>

2016

Chmelíková L, Schmid H, Hülsbergen K-J (2016) Effect of different farming systems on soil organic matter in four regions in Germany. *Aspects of Applied Biology* 133, ESA14 – Growing landscapes – Cultivating innovative agricultural systems, 11.13-11.14. ISSN 0265-1491

Chmelíková L, Schmid H, Hülsbergen K-J (2016) Concept of resource-use efficiency in organic and conventional farming in Germany. Aspects of Applied Biology 133, ESA14 – Growing landscapes – Cultivating innovative agricultural systems, 1.21-1.22. ISSN 0265-1491

Wagner KLM (2016) Tierwohl-Bewertungskonzept in der Kälberhaltung unter besonderer Berücksichtigung von „Welfare Quality®“ und der „KTBL- Tierschutzindikatoren“. B.Sc., TU München

2017

Andersen S (2017) Stickstoffemissionen in praktischen Milchviehbetrieben unter Berücksichtigung der Haltungsumgebung – Haltungsgruppenspezifische Analyse in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. B.Sc., Chemie- und Umwelttechnik, Fachhochschule Lübeck

Chmelíková L, Schmid H, Hülsbergen K-J (2017) Effect of climate on soil organic matter in farming systems in four regions of Germany. In: Kovačević D (Hrsg.): Book of proceedings. VIII. International Scientific Agriculture Symposium "Arosym 2017". East Sarajevo (Istočno Sarajevo): Faculty of Agriculture (Poljoprivredni fakultet), 240–245. ISBN 978-99976-718-1-3

Chmelíková L, Wolfrum S, Schmid H, Hülsbergen K-J (2017) Der Effekt des Reliefs auf organischen Kohlenstoff im Acker- und Grünland. In: Schraml M (Hrsg.): Standortgerechte Landnutzung - umweltverträglich und wirtschaftlich. 129. VDLUFA-Kongress. Kurzfassungsband. Unter Mitarbeit von Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten. Speyer: VDLUFA-Verlag, 73

Hinterstoißer P, Schulz F, Schüler M, Wagner K, Warnecke S, Brinkmann J, March S, Paulsen HM (2017) Eiweiß- und Energieversorgung in 34 konventionellen und ökologischen Milchviehherden – Ergebnisse aus einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 07.-10.03.2017, Weihenstephan, 552-553. ISBN 978-3-89574-925-4

Paulsen HM, Schmid H, Beisecker R, Schröder K, Warnecke S, Hinterstoißer P, Wagner K, Schüler M, Schulz F, Ambros C, Koopmann R, March S, Brinkmann J, Chmeliková L, Anke S, Seith T, Becker H, von Stieglitz I, Sanders J, Hülsbergen K-J (2017) Optimierungsansätze zur Verbesserung von Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz und Tierwohl in ökologischen und konventionellen Betrieben im Netzwerk Pilotbetriebe. Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 1. Aufl. Berlin: Dr. Köster, 07.-10.03.2017, Weihenstephan, 722-725. ISBN 978-3-89574-925-4

Wagner K, Brinkmann J, March S, Hinterstoißer P, Warnecke S, Schüler M, Paulsen HM (2017) Welchen Einfluss hat der Weidegang auf das Tierwohl von Milchkühen? Erste Ergebnisse des Welfare Quality® Protokolls bei ganzjähriger Stallhaltung und Sommerweidegang. Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 07.-10.03.2017, Weihenstephan, 514-517. ISBN 978-3-89574-925-4

Wagner K, Brinkmann J, March S, Hinterstoißer P, Warnecke S, Schüler M, Paulsen HM (2017) Impact of grazing on dairy cow welfare – first results of the welfare quality protocol. In: Jong IC, Koene P (eds) Proceedings of the 7th International Conference on the Assessment of Animal Welfare at Farm and Group Level: WAFL 2017; Ede, The Netherlands; September 5-8, 2017. Wageningen: Wageningen Academic Publ, 144

Warnecke S, Schmid H, Schröder KJ, Beisecker R, Brinkmann J, Frank H, Hinterstoißer P, Koopmann R, March S, Paulsen HM, Sanders J, Schüler M, Wagner K (2017) First results: are there links between welfare quality and sustainability indicators of dairying? In: Jong IC, Koene P (eds.) Proceedings of the 7th International Conference on the Assessment of Animal Welfare at Farm and Group Level: WAFL 2017; Ede, The Netherlands; September 5-8, 2017. Wageningen: Wageningen Academic Publ, p 61

2018

Becker H, Schmid H, Beisecker R (2018) HUNTER – Developing, Testing and Introducing an Excel Tool for sustainability benchmarking in plant production. In: Heidecke C, Montgomery H, Stalb H, Wollenberg L (Eds.) International Conference on Agricultural GHG Emissions and Food Security– Connecting research to policy and practice – September 10 – 13, 2018, Berlin, Germany, Volume of Abstracts, Thünen Working Paper 103:31

Chmelíková L, Schmid H, Anke S, Hülsbergen K-J (2018) Greenhouse gas balances in organic and conventional farming in Germany - results from the Network of pilot farms. In: Heidecke C, Montgomery H, Stalb H, Wollenberg L (eds) International Conference on Agricultural GHG Emissions and Food Security – Connecting research to policy and practice, 10.-13.09.2018, Berlin, Germany, Volume of Abstracts, Thünen Working Paper 103

Chmelíková L, Schmid H, Hülsbergen K-J (2018) Nitrogen-use efficiency of different organic and conventional farming systems in Germany. 15th Congress of the European Society for Agronomy, ESA 2018, 27 – 31 August 2018, Geneva, Switzerland

Paulsen HM (2018) Tier- und Immissionsschutz im Widerspruch? Naturland 6/2018

Paulsen HM (2018) Grasen erhöht Wohlbefinden. VETimpulse, 27. Jahrgang, Ausgabe 21:9

Paulsen HM, Seith T (2018) Noten für Stall und Herde – Tierwohl erfassen, beurteilen, verbessern. Bioland 10/2018:36-38

Paulsen HM, Seith T (2018) Tierwohl-Tool für die Eigenkontrolle im Stall. Milchpraxis 3/2018 (52 Jg), 70

Paulsen HM, Seith T (2018) Tierwohl-Tool-Milchvieh: Eine schnelle eigene Einstufung von Tierwohl und Haltung. Information aus dem Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Juli 2018, Online: <http://www.pilotbetriebe.de/download/Info-Tierwohltool_07_2018

Schulz F, Paulsen HM, Schmid H, Warnecke S, Brinkmann J, Frank H, March S, Wagner, K (2018) Greenhouse gas emissions on organic and conventional dairy farms – results from a pilot farm network. In: Heidecke C, Montgomery H, Stalb H, Wollenberg L (eds.) International Conference on Agricultural GHG Emissions and Food Security – Connecting research to policy and practice, 10.-13.09.2018, Berlin, Germany, Volume of Abstracts, Thünen Working Paper 103:138

Wagner K, Brinkmann J, March S, Hinterstoißer P, Warnecke S, Schüler M, Paulsen HM (2018) Impact of daily grazing time on dairy cow welfare – results of the Welfare Quality® Protocol. *Animals* MDPI 8(1):1, DOI:10.3390/ani8010001

2019

Becker H, Schmid H, Beisecker R (2019) Optimierung von Nachhaltigkeitsindikatoren im Pflanzenbau mithilfe des Beratungstools HUNTER. In: KTBL (2019): Kühlen Kopf bewahren – Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel. KTBL-Tagung vom 20. bis 21. März 2019, Darmstadt, 330-334

Frank H, Schmid H, Hülsbergen K-J (2019) Modelling greenhouse gas emissions from organic and conventional dairy farms. *Landbauforsch. J Sustainable Organic Agric Syst* 69(1): 37-46

Hülsbergen K-J, Chmelíková L, Schmid H (2019) Strategien für geschlossene Nährstoff-Kreisläufe. *Ökologie & Landbau*. 11-14

Hülsbergen K-J, Schmid H (2019) Analyse, Bewertung und Optimierung landwirtschaftlicher Betriebssysteme – Erfahrungen aus dem bundesweiten Netzwerk von Pilotbetrieben. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 12/2019, Zukunftsfähige betriebliche Systeme entwickeln und bewerten: Systemdenken etablieren, 21-24

2020

Becker, H (2020) Mit HUNTER gegen Schwachstellen. *B&B Agrar* 2/2020:16-17

Schulz F, Wagner K, Brinkmann J, March S, Hinterstoißer P, Schüler M, Warnecke S, Paulsen HM (2020) Welfare of dairy cattle in summer and winter - a comparison of organic and conventional herds in a farm network in Germany. *Landbauforsch J Sustainable Organic Agric Syst* 70(1):83-96, DOI:10.3220/LBF1608034952000

2021

Chmelikova L, Schmid H, Anke S, Hülsbergen K-J (2021) Nitrogen-use efficiency of organic and conventional arable and dairy farming systems in Germany. *Nutr Cycl Agroecosyst* 119:337–354

Hülsbergen K-J (2021) Klimaschutz: Wo kann der Ökolandbau besser werden? *Lebendige Erde* 1:15-17

Hülsbergen K-J, Chmelikova L, Schmid H (2021) Strategien zur optimalen Nährstoffversorgung. Naturland 3:26-28

Hülsbergen K-J, Schmid H (2021) Umwelt- und Klimawirkungen der biologisch-dynamischen Landwirtschaft. Lebendige Erde 4:30-33

In enger Abstimmung mit den Projektpartnern sind zum Pilotbetriebeprojekt und zu einzelnen teilnehmenden Pilotbetrieben folgende Beiträge in Zeitschriften veröffentlicht worden:

- Biolandbau: Gut fürs Klima. Biolandbau 4/2013, 3-4
- Klimafreundlich ackern. Biolandbau 5/2013, 8-10
- Klimafreundlich melken. Biolandbau 6/2013, 25-26
- Weniger Stickstoff bei gleichem Ertrag. Nachhaltigkeit I, dlz 8/2013
- Perfekter Kreislauf. Nachhaltigkeit II, dlz 8/2013
- Klimawirkung und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebe – Zahlen, Daten, Fakten. Die Biobranche 2014, BÖLW, 30-31
- Klimawirkung und Nachhaltigkeit – Eine Untersuchung vergleicht konventionelle und ökologisch wirtschaftende Betriebe. Unabhängige Bauernstimme 03/2014
- Wie nachhaltig arbeiten wir? BLW 40/2014, 36
- Nicht mit festen Rezepten arbeiten. BLW 40/2014, 37
- Hohe Intensität im Ökobetrieb. BLW 40/2014, 38
- Hofgut Körtlinghausen in der Bilanz – Voneinander lernen im Projekt Pilotbetriebe. Lebendige Erde 5/2015, 30-31
- Vorteile für den Ökolandbau. top agrar 8/2019, 44-45
- Nachhaltige Spitzenerträge. top agrar 8/2019, 46-48
- Den Kreislauf geöffnet. top agrar 8/2019, 48-51
- Mehr Tierwohl, mehr Leistung. top agrar 9/2019, 50-52
- Wir stoßen an Grenzen. top agrar 9/2019, 52-55
- Saubere Kühe, Saubere Leistung. top agrar 9/2019, 56-57
- Klimaretter Ökolandbau? Wochenblatt 28/2020, 22-24
- Entscheidend ist das Können. Wochenblatt 28/2020, 24-25
- Konventionell aus Überzeugung. Wochenblatt 28/2020, S. 25
- Wald und Kühe – Hof Kasten vereint Demeter-Tradition und Klimaschutz. Lebendige Erde 1/2021, 8-11

6 Generaldiskussion, Schlussfolgerungen und Ausblick

Harald Schmid, Hans Marten Paulsen, Kurt-Jürgen Hülsbergen

6.1 Etablierung und Pflege des Netzwerks der Pilotbetriebe als Grundlage transdisziplinärer Forschung

Mit der Etablierung des Netzwerks von Pilotbetrieben, dem System der Datenerfassung, der Datenspeicherung in einer zentralen Datenbank und den Auswertungsverfahren wurde das technische Projektziel erreicht. Die geschaffene Projektinfrastruktur war die Basis für zehnjährige Forschungsarbeiten.

Im Projektantrag war der Anspruch formuliert, einen transdisziplinären Ansatz zu verwirklichen. Die Betriebe sollten nicht nur Gegenstand der Forschung sein. Vielmehr ging es darum, die Betriebsleiter und die Betriebsberater aktiv in das Vorhaben einzubinden. Die Datenerfassung und Probenahme in den Pilotbetrieben wurden in Projektphase 1 von den Betriebsberatern (Biolandberatung) mit Unterstützung der Doktoranden durchgeführt. In Projektphase 3 erfolgte die Datenerfassung überwiegend durch das Ingenieurbüro für Ökologie und Landwirtschaft (IfÖL) mit Unterstützung aller Projektpartner. Die Projektergebnisse wurden den Betrieben durch die Berater und Projektmitarbeiter vorgestellt und erläutert.

Die jährlich mit allen Projektpartnern durchgeführten regionalen Projektworkshops wurden genutzt, um das Vorhaben fortlaufend abzustimmen, einzelbetriebliche und regionsspezifische Ergebnisse mit den beteiligten Akteuren zu diskutieren sowie das weitere Vorgehen gemeinsam festzulegen. Bei diesen Veranstaltungen gab es sehr viele Anregungen durch die Betriebsleiter, die bei der Projektarbeit berücksichtigt wurden. So wurde deutlich, dass es für die Betriebe besonders wichtig ist, Ergebnisse nicht nur in allgemeiner Form (im Mittel aller Pilotbetriebe) zu erhalten, sondern aufbereitet für den eigenen Betrieb, z. B. als betriebliche Humusbilanz, als Nährstoffkreislauf oder als Ergebnis der Bewertung des Tierwohls. Auch wurde die möglichst zeitnahe Auswertung der Betriebsdaten gewünscht, was teilweise an die Kapazitätsgrenzen der Bearbeiter stieß. Diese Erwartungen der Betriebsleiter konnten im Projektverlauf besser erfüllt werden, u. a. durch die Verbindung der Datenerhebung in den Betrieben mit der Diskussion der einzelbetrieblichen Ergebnisse mit Sinne eines Beratungsgesprächs.

Im Verlauf des Projektes zeigte sich, dass der gewählte Systemansatz in gleicher Weise für die Anwendung in ökologischen und konventionellen Betrieben geeignet ist. Es erwies sich als sehr vorteilhaft, ökologische und konventionelle Betriebe in das Vorhaben einzubeziehen und Betriebspaare zu bilden, die unter gleichen Standortbedingungen wirtschaften. Somit waren Systemvergleiche zur Klimarelevanz und Nachhaltigkeit (Projektphase 1), in den späteren Projektphasen auch zur Ressourceneffizienz und zum Tierwohl möglich. Die Betriebsleiter der konventionellen Pilotbetriebe haben sich mit gleichem Engagement und Interesse in das Vorhaben eingebracht wie ihre Berufskollegen aus den ökologischen Betrieben, z. B. durch aktive Beteiligung an den Workshops, Mitwirkung im Projektbeirat, vielfältige Unterstützung der Probenahme und Datenerfassung. Auch die Kommunikation zwischen den Landwirten der unterschiedlichen Landbauformen ist als sehr positiv einzuschätzen; beispielsweise wurden die Workshops zu einem regen Erfahrungsaustausch genutzt.

Das Forschungsvorhaben Netzwerk der Pilotbetriebe setzt die im Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft formulierte Zielsetzung um, den Landwirtschaftsbetrieb mit den Wechselwirkungen zwischen den Betriebszweigen, den innerbetrieblichen Stoffströmen, den steuernden Eingriffen des Menschen in den Mittelpunkt der Forschung zu rücken. In der Projektbearbeitung hat sich gezeigt, dass dieser Ansatz besonders für die Bearbeitung komplexer Fragen wie der Klima- und Nachhaltigkeitsproblematik oder der Bewertung von Haltungsbedingungen geeignet ist.

Generell ist einzuschätzen, dass ganzheitliche, auf den Betrieb ausgerichtete Forschung bisher noch zu wenig umgesetzt ist. Offensichtlich ist es für Forschende schwierig, komplexe Systeme wissenschaftlich zu bearbeiten und zu optimieren (Niggli, 2002; Hamm et al., 2017). Die agrarwissenschaftliche Forschung ist überwiegend disziplinär ausgerichtet. So können Produktionsverfahren im Detail optimiert und dadurch Leistungs- und Effizienzsteigerungen erreicht werden; für die Weiterentwicklung von Betriebssystemen ist dieser Ansatz allein aber nicht ausreichend. Unter den sich ständig ändernden Rahmenbedingungen der Landwirtschaft ist es erforderlich, Entwicklungsprozesse in landwirtschaftlichen Betrieben umfassend – z. B. im Hinblick auf Klimarelevanz oder Nachhaltigkeit – zu analysieren, zu bewerten und zu optimieren. Hierfür sollten geeignete Methoden und praxisanwendbare Instrumente für die Betriebsberatung entwickelt werden (KTBL, 2007, Hülsbergen und Rahmann, 2013; 2015).

Auch in Strategiepapieren zur Entwicklung des ökologischen Landbaus wird gefordert, Betriebe als Ganzes stärker in den Mittelpunkt der Forschung zu stellen (z. B. Hamm et al., 2017). Dementsprechend sollen Betriebe als Systeme aufgefasst werden, in denen der Mensch steuernde Funktionen übernimmt (vgl. Kristensen und Halberg, 1997). Damit ändern sich nicht nur die Forschungsfragen sondern auch die Forschungsmethoden und der Forschungsprozess. Aus dem Forschen auf dem Betrieb zu Fragen, die dem Forscher wichtig erscheinen, wird ein Forschen mit den Landwirten zu Fragen, die in einem partizipativen Prozess als wichtig erarbeitet werden (Kristensen und Hermansen, 2002). Damit wird die Forschung einerseits Teil des betrieblichen Entwicklungsprozesses und leitet andererseits aus den betrieblichen Fallstudien allgemeine Prinzipien und Regeln ab (Hamm et al., 2017). Betriebliche Fallstudien sind besonders gut geeignet, Entwicklungsprozesse zu analysieren, z. B. den Einfluss struktureller Veränderungen (Änderungen der Fruchtfolge, der Tierhaltung, Bau einer Biogasanlage, Umstellung auf ökologischen Landbau) auf die Nährstoffkreisläufe, die Humusversorgung, die Energieeffizienz oder andere Aspekte der ökologischen Nachhaltigkeit (Hülsbergen und Diepenbrock, 2000; Hülsbergen, 2003; Küstermann et al., 2010; Lin, 2017; Siebrecht und Schmid 2020).

Entscheidend für den Erfolg gesamtbetrieblicher Analysen sind mehrere Voraussetzungen (Kristensen und Hermansen, 2002; Langeveld et al., 2005; Hülsbergen und Rahmann, 2015):

- Interdisziplinäres Arbeiten und Partizipation,
- Einsatz von Modellen zur Darstellung der Flüsse und Wechselwirkungen im Betrieb, die letztlich erst den Betriebsvergleich ermöglichen,
- Unterstützung der Modelle und ihrer Aussagen durch Erfassung ausgewählter Messgrößen,
- Einbindung des Betriebsleiters mit seiner Handlungsweise und Motivation als Teil des gesamten Systems, als Erklärungsgröße für den Erfolg,
- Ausbildung eines Netzwerkes an Betrieben, um eine Vielfalt an Betrieben, Standorten und Betriebsleitern zu integrieren und statistische Auswertungen zu ermöglichen.

Im Netzwerk der Pilotbetriebe wurde versucht, die oben aufgeführten Prinzipien umzusetzen sowie bereits vorhandene konzeptionelle und methodische Erfahrungen aus verschiedenen On-Farm-Research-Projekten zu berücksichtigen.

Empfehlungen für die künftige Gestaltung von Pilotbetriebsnetzwerken

Mit dem Netzwerk der Pilotbetriebe wurde „methodisches Neuland“ beschritten, durch die unmittelbare Einbeziehung der Landwirte und Berater in den Forschungsprozess, die komplexe Forschungsthematik (Klimawirkungen, Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz), die modellgestützte Analyse, Bewertung und Optimierung von Betriebssystemen. Aus den Erfahrungen des Projektes können folgende Empfehlungen und Grundsätze für die Gestaltung künftiger Pilotbetriebsnetzwerken abgeleitet werden:

- Gestuftes Vorgehen: Im Netzwerk der Pilotbetriebe wurden unmittelbar nach Projektbeginn 80 Pilotbetriebe (40 ökologische, 40 konventionelle Betriebe) untersucht. Diese Vorgehensweise stellte enorme Anforderungen an die Datenerfassung, die Datenauswertung, vor allem an die Organisation der Projektarbeiten. Bei künftigen Pilotbetriebsnetzwerken sollte mit weniger Betrieben (10 bis 20) gestartet werden, um den Analyseprozess – von der Primärdatenerfassung bzw. Probenahme bis zur Datenauswertung schrittweise zu etablieren und ggf. zu optimieren, bevor die erprobte Untersuchungsmethodik dann auf alle anderen Betriebe übertragen wird.
- Ausreichend lange Projektlaufzeit und Forschungsperspektive: Die Etablierung eines Forschungsnetzwerkes ist sehr arbeitsaufwändig und kostenintensiv. Je nach Fragestellung sind relativ lange Untersuchungszeiträume erforderlich. Mit der Projektlaufzeit steigen oft die Auswertungsmöglichkeiten, z. B. können Humusveränderungen in Böden erst bei ausreichend langer Untersuchungsdauer sicher bestimmt werden. Es ist daher unbedingt zu empfehlen, nicht nur Projekte mit dreijähriger Laufzeit zu fördern, sondern bei entsprechender Fragestellung und Forschungsperspektive sollten deutlich längere Projektlaufzeiten angestrebt werden. Ein langfristiges Projekt hat gegenüber mehreren Folgeprojekten (wie im Netzwerk der Pilotbetriebe) Vorteile, z. B. positive Wirkungen auf die Kontinuität des Forschungsprozesses und der Beschäftigung der Projektmitarbeiter.
- Aufbau einer leistungsfähigen Projektdatenbank: Der Aufbau einer zentralen Projektdatenbank ist von herausragender Bedeutung für den Projekterfolg (sichere Datenablage, effizienter Datenaustausch zwischen den Arbeitsgruppen und externen Nutzern, statistische Auswertungen). Im Netzwerk der Pilotbetriebe wurde zunächst als "Datendrehscheibe" ein bei Bioland vorhandenes System (NutriWeb) genutzt. Allerdings kam dieses praxisorientierte System an Kapazitäts- und Entwicklungsgrenzen, so dass der Aufbau einer eigenständigen Projektdatenbank erforderlich wurde. Es sollten von vornherein ausreichend Mittel und Kapazitäten für die Datensicherung und Auswertung, den Aufbau einer zentralen Datenbank vorgesehen werden. Über die Datenbank kann ein effizienter Austausch von Daten nicht nur innerhalb des Projektes, sondern auch mit anderen Forschergruppen erfolgen. Zunehmend werden auch geprüfte Datensätze publiziert, wobei die Anonymität der Betriebe und die Datensicherheit gewährleistet werden müssen.
- Fokussierung auf bestimmte Betriebstypen und Produktionsrichtungen: Im Netzwerk der Pilotbetriebe werden nur zwei Betriebstypen und Produktionsrichtungen analysiert – Marktfruchtbau und Milchviehhaltung (bzw. Gemischtbetriebe). Diese Fokussierung auf wenige Betriebstypen hat sich als zielführend und sehr effizient erwiesen, denn auf diese Weise können bei begrenzter

Betriebszahl statistisch gesicherte Aussagen zum Einfluss von Betriebstyp und Produktionsrichtung getroffen werden.

- Regionale Cluster der Betriebe: Aus arbeitsorganisatorischen Gründen ist die regionale Zusammenfassung der Betriebe (wie im Projekt Pilotbetriebe) dringend zu empfehlen. Auf diese Weise können Arbeitsabläufe optimiert werden (kurze Wege, Kombination von Betriebsbesuchen, Möglichkeit der Durchführung regionaler Workshops). Zudem kann mit regionalen Clustern eine bestimmte Boden-Klima-Region (z. B. Allgäu, Bayerisches Tertiärhügelland, ...) abgebildet werden.

6.2 Ergebnisse der Forschungsarbeiten im Netzwerk der Pilotbetriebe

Klimawirkungen und Treibhausgasbilanzierung

Auf der Basis gemessener und erhobener Betriebsdaten wurde in den Pilotbetrieben im Pflanzenbau und in der Milchviehhaltung eine Systembewertung der Klimawirkungen vorgenommen, die alle relevanten Treibhausgasflüsse einschließt. Gegenüber bisherigen Arbeiten, die nur Teilsysteme und ausgewählte Stoffströme berücksichtigen oder auf Literatordaten beruhen, wurde in der Milchviehhaltung eine neue Qualität und Bearbeitungstiefe erreicht. Im Rahmen des Projektes wurde ein neues Modell zur Energie- und Treibhausgasbilanzierung der Milchviehhaltung entwickelt und in den Pilotbetrieben umfassend getestet. Das Modell ist in der Lage, unterschiedliche Betriebstypen (z. B. ökologisch, konventionell), unterschiedliche Betriebsgrößen und Standortbedingungen abzubilden. Es ist sensitiv genug, um Managementänderungen, z. B. im Futterproduktions- und Haltungssystem abzubilden (vgl. Kapitel 4.3 Energie- und Treibhausgasbilanzen der Milchviehhaltung).

Der besondere Wert der Treibhausgasbilanzierung im Netzwerk der Pilotbetriebe liegt darin, dass konkrete Bedingungen in ökologischen und konventionellen landwirtschaftlichen Betrieben (Standortbedingungen, Ertrags- und Leistungsniveau, Futterregime, Haltungsbedingungen etc.) in ihrem Einfluss auf die Klimabilanz erfasst werden, während vorangegangene Studien, auch im Rahmen der Klimaberichterstattung, auf Durchschnittswerten der Literatur und stark vereinfachenden Annahmen basieren.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor bei betriebssystemaren Untersuchungen ist die Auswahl und Anwendung geeigneter Modelle. Wenngleich zahlreiche Indikatoren gestützte Modelle zur Nachhaltigkeitsanalyse, zur Abbildung betrieblicher Stoff- und Energieflüsse, teilweise auch zur Klimabilanzierung bereits zu Projektbeginn vorlagen (z. B. Refsgaard et al., 1998; Halberg, 2005; Küstermann et al., 2008), so war es doch notwendig, für die Fragestellungen des Projektes methodische Weiterentwicklungen vorzunehmen. Die Modellierungsarbeiten, insbesondere zur Abbildung der Stoff-, Energie- und Treibhausgasflüsse milchviehhaltender Betriebe erwiesen sich als außerordentlich komplex und wissenschaftlich anspruchsvoll. Für die vollständige Bilanzierung der Treibhausgasflüsse der Milchviehhaltung war es notwendig, neue Module (z. B. Energie- und CO₂-Bilanzierung der Milchviehhaltung) zu entwickeln (Frank et al., 2019) bzw. für die Projektaussagen relevante Modellparameter und -koeffizienten (z. B. Energieinput und CO₂-Emissionen für ausgewählte Futtermittel (Sojaschrot) oder zugekaufte Färsen) abzuleiten. Das Gesamtmodell wurde in den Pilotbetrieben umfassend getestet.

In Milchviehbetrieben gibt es sehr viele, sich überlagernde Einflussfaktoren auf die THG-Flüsse. Um alle bedeutsamen Emissionen der Milcherzeugung in der THG-Bilanz zu berücksichtigen, muss die Systemebene des Betriebes erweitert werden; einzubeziehen ist der gesamte Vorleistungsbereich (Herstellung

von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, Maschinen, Geräten, Gebäuden und baulichen Anlagen, Erzeugung des Zukauffutters einschließlich der damit verbundenen Landnutzungsänderungen, Erzeugung von Färsen, etc.). Dies erklärt, warum es bisher so gut wie keine vollständigen THG-Bilanzen der Milchviehhaltung gibt. In fast allen bisherigen THG-Bilanzen der Milchviehhaltung fehlten die Energiebilanz und die mit dem Einsatz fossiler Energie verbundenen Emissionen. Die Entwicklung einer allgemein anwendbaren Methode der Energiebilanzierung der Milchviehhaltung und ihre Integration in die THG-Bilanz ist daher als eine methodische Innovation des Projektes anzusehen (vgl. Frank, 2014).

In den Marktfruchtbetrieben treten weniger Stoff- und Energieflüsse und auch weniger Verlustprozesse als in milchviehhaltenden Betrieben auf. Größte Probleme bereitet aber die Modellierung der N_2O -Flüsse aus Böden. Für genaue, standort-, betriebs- und jahresspezifische Aussagen sind nach wie vor Messungen unerlässlich, weil N_2O -Modelle nicht alle Einflussfaktoren und Prozesse abbilden können. So zeigte sich in Feldexperimenten im Versuchsbetrieb Viehhausen¹ in der Projektphase 1, dass das Bodenprozessmodell DNDC Lachgasflüsse nach einer Düngerapplikation gut nachvollziehen kann, die N_2O -Flüsse nach Klee grasumbrüchen aber deutlich unterschätzt. So können erhebliche Abweichungen zwischen gemessenen und modellierten Werten auftreten (Peter et al., 2013). Die Anwendung von Emissionsfaktoren nach IPCC (1997) ist eine drastische Vereinfachung der komplexen Emissionsprozesse. So zeigten Messungen im Versuchsbetrieb Scheyern, dass die N_2O -Emissionsraten mit 2,5 % des zugeführten N standortbedingt etwa doppelt so hoch sind wie nach IPCC (1,25 % des zugeführten N) geschätzt. Werden hohe N-Gaben auf dicht lagernden Böden (nach langjährig reduzierter Bodenbearbeitung) appliziert, kann es noch zu wesentlich höheren N_2O -Emissionen (bis über $10 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) kommen, die mit Bilanzansätzen nicht erfasst werden (Küstermann et al., 2013). Aufgrund des enormen Aufwandes war es nicht möglich, in den Pilotbetrieben Messsysteme zur Erfassung der N_2O -Flüsse einzurichten, jedoch wurden in vier Versuchsstationen der beteiligten Partner in den Projektregionen Süd, Nord, West und Ost mehrjährige N_2O -Messungen durchgeführt².

Haltungsbedingungen, Medikamenteneinsatz und Tierwohl

Zu diesem Forschungsschwerpunkt wurden folgende Ergebnisse erzielt:

- die ökologisch wirtschaftenden Betriebe weisen im Mittel ein niedrigeres Milchleistungsniveau, jedoch ein höheres Herdenalter als die konventionell wirtschaftenden Betriebe auf.
- Bei der Haltungsumgebung ergaben sich Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Milchviehhaltung. Im Vergleich zu den konventionellen Betrieben bot ein höherer Anteil der ökologisch wirtschaftenden Betriebe den Kühen Zugang zu Auslauf und Weide. Zudem waren das Flächenangebot pro Kuh sowohl im Stall als auch im Auslauf sowie die Anzahl der Weidetage

1 Der Versuchsbetrieb Viehhausen (TUM, Region Süd) und vier weitere Versuchsbetriebe (Scheyern, Helmholtz Zentrum München, Region Süd; Bad Lauchstädt, MLU, Region Ost; Wiesengut, IOL, Region West; Trenthorst, TI, Region Nord) waren in die Projektarbeiten eingebunden. In den Versuchsbetrieben wurden beispielsweise Messungen zu N_2O -Flüssen in Feldexperimenten durchgeführt.

2 Im Forschungsprojekt „Regionale Treibhausgasflüsse in Klee gras-Weizensystemen“, gefördert durch TI-Sondermittel 110 und BMELV-Forschungsplan 2008, Laufzeit 1/2010 bis 12/2012.

auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Mittel höher als auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben. Mit Ausnahme eines Betriebes, der im Auslauf einige Liegeboxen ohne Einstreu hatte, stellten alle ökologisch wirtschaftenden Betriebe eine eingestreute Liegefläche zur Verfügung.

- Bei der Beurteilung des Tierwohls nach dem WQ®-Protokoll schnitten die ökologisch wirtschaftenden Betriebe besser ab. In der Winter- und Sommererhebung, die den Status quo der Tierwohlsituation auf den Betrieben darstellt, konnten klare Vorteile für das Tierwohl in der ökologischen Haltung gezeigt werden, z. B. höheres Weidegangangebot, weniger Lahmheiten, besserer Liegekomfort und bessere Mensch-Tier-Beziehung. Trotz der deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Wirtschaftsweisen war eine große einzelbetriebliche Spannweite in den verschiedenen Messgrößen zu finden. Insgesamt zeigte sich somit, dass nicht nur die Haltungsvorgaben der EU-Ökoverordnung eine wichtige Rolle spielen, sondern das Management der einzelnen Betriebe entscheidend ist.
- Die Beschreibung und Auswertung der auftretenden Krankheitskomplexe und der Tierarzneimittelanwendungen auf den Pilotbetrieben bildeten einen Untersuchungsschwerpunkt in Projektphase 3. Es wurden die vorhandenen Analysen der Daten des Milchprüfjahres 2015 von 35 Betrieben um die Aspekte der Behandlung von Parasitosen und der Enthornung der Kälber erweitert. Auch wurden auf Betriebsebene antimikrobielle Behandlungsgänge des Euters den Zellzahlen aus der Milchleistungsprüfung gegenübergestellt. Aus dem Bestand der Datenbank, die die digitalisierten Datensätze aus den Anwendungs- und Abgabebelegen und Stallbüchern enthält, wurden von 13 der 35 darin enthaltenen Betriebe 51 weitere Milchjahre ausgewertet. Für die Betriebe wurden Kennzahlen berechnet wie antibiotische Einzelgaben, Therapiehäufigkeit nach VetCAB, verabreichte Mengen an antimikrobiellen Wirkstoffen und die antimikrobiellen Wirkstoffklassen hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Human- und Tiergesundheit eingestuft.

Optiierungsworkshops- und Optimierungsszenarien

Im Netzwerk der Pilotbetriebe wurden in Optiierungsworkshops gemeinsam mit den Landwirten Maßnahmen zur Treibhausgasminderung abgeleitet und deren Effekte auf die Treibhausgasbilanz modelliert. Dabei zeigte sich, dass Einzelmaßnahmen (z. B. maximale Milchleistungssteigerung) nicht die Lösung bringen, weil Zielkonflikte auftreten (z. B. höherer Kraftfutterbedarf und abnehmende Nutzungsdauer der Kühe). Vielmehr ist eine gesamtbetriebliche Optimierung unter Berücksichtigung von Wechselbeziehungen, z. B. zwischen Futterbau – Tierhaltung – Düngung – Humus- und Nährstoffmanagement erforderlich. Zudem sollte die Optimierung der ökologischen Nachhaltigkeit der Milchviehhaltung nicht nur die Klimawirkungen beinhalten, sondern weitere relevante Umweltbereiche.

Als Ergebnis der Optimierungsworkshops ist einzuschätzen, dass Betriebsleiter sehr interessiert sind an der Diskussion über Verbesserungspotenziale in den Bereichen Tierwohl, Ressourceneffizienz, Umwelt- und Klimaschutz. Sie werden Tierwohl-, Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen aber nur umsetzen, wenn die Maßnahmen wirtschaftlich tragfähig sind. Hierzu müssen die Optimierungsszenarien mit ökonomischen Bewertungen verbunden sein. In den Pilotbetrieben war dies mit einem hohen Datenerfassungsaufwand und den Einsatz hochqualifizierter Mitarbeiter/innen zu erreichen. Wichtig ist aber, dass diese neuen Beratungsansätze und -methoden schnell Eingang in die breite Beratungspraxis finden. Hierzu sind für Praxisbedingungen geeignete Beratungsinstrumente erforderlich.

Entwicklung und Praxiserprobung neuer Beratungsinstrumente

Die Entwicklung neuer praxisanwendbarer Tools – ausgehend von den im Projekt verwendeten wissenschaftlichen Modellen – soll den Transferprozess unterstützen. Einen wesentlichen Schwerpunkt der Projektarbeiten bildete daher die Entwicklung und Praxiserprobung der Excel-basierten Beratungswerkzeuge HUNTER (Humus-, Nährstoff-, Treibhausgas- und Energiebilanz-Rechner) und TWT Milchvieh (Tierwohl-Tool Milchvieh). Ziel ist, Beratern und Landwirten möglichst einfache, aber dennoch aussagefähige Werkzeuge zur eigenständigen Analyse und Ermittlung wichtiger Nachhaltigkeitskriterien ihrer landwirtschaftlichen Betriebe bereitzustellen. Der Humus-, Nährstoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzrechner HUNTER basiert auf REPRO-Algorithmen sowie Modellrechnungen in den Pilotbetrieben. Sie wurden für die Anwendung in der praktischen Beratung landwirtschaftlicher Betriebe angepasst.

Das im Projekt entwickelte und umfassend erprobte Tierwohl-Tool Milchvieh basiert auf dem Welfare Quality® assessment Protocol for Cattle und berücksichtigt die KTBL-Leitfäden zur Eigenkontrolle des Tierwohls in Praxisbetrieben. Auf mehreren Beraterworkshops wurden die neuen Werkzeuge vorgestellt, die Methoden erläutert, sowie anhand praktischer Übungen in Arbeitsgruppen angewendet. Die Ergebnisse der Workshops sind in die Überarbeitung und Fertigstellung der Beratertools eingeflossen.

Ökonomische Bewertung

Auf der Grundlage der Status-quo Analyse und den Ergebnissen der Optimierungs-Workshops wurde die relative ökonomische Vorzüglichkeit der einzelnen Maßnahmenbündel mit Hilfe des Simulationsmodells COMPAS untersucht. Dazu wurden Veränderungen in den Leistungs- und Kostenkomponenten ermittelt und in das Modell eingefügt. Anschließend wurden die Veränderungen analysiert, die die Optimierungs-Szenarien mit sich bringen. Die Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist, die Ressourceneffizienz zu verbessern und den Betrieb gleichzeitig ökonomisch besser zu stellen. Die Ergebnisse sind dabei jedoch stark von den getroffenen Annahmen zur Steigerung der Erträge und der Milchleistung abhängig. Die getroffenen Annahmen beruhen auf Expertenaussagen. Ob sich ein Betrieb durch die Optimierung ökonomisch verbessert oder verschlechtert ist neben den Veränderungen in den Produktionskosten und Erträgen stark von den Möglichkeiten der Vermarktung abhängig.

Bei der Entwicklung der Optimierungsstrategien fiel auf, dass in mehreren Fällen mehrere Ziele durch eine Maßnahme erreicht werden konnten. Eine Reduktion des Mineraldüngereinsatzes oder eine Steigerung der Erträge führte gleichzeitig zu einer Verbesserung in den Bereichen Energieeinsatz und THG-Emissionen je geernteter Getreideeinheit. Auch eine Verbesserung der Humusbilanz führt gleichzeitig zu einer Verbesserung der THG-Bilanz. Besonders deutliche Erfolge konnten im Bereich Humusbilanz durch eine Veränderung der Fruchtfolge erzielt werden.

Im Bereich Tierwohl konnte nur die Kostenseite betrachtet werden. Über Veränderungen in den Leistungen durch die Tierwohlmaßnahmen standen keine Informationen zur Verfügung. Aus diesem Grund lassen sich keine abschließenden Aussagen über die ökonomischen Auswirkungen für die Betriebe treffen. Die Untersuchungen zeigten jedoch, dass die Kosten der Optimierungsstrategien stark zwischen den Betrieben variierten. Verschiedene Maßnahmen, die vor allem das Management betreffen, sind ohne zusätzliche Kosten möglich. Hohe Kosten entstehen, wenn größere Investitionen, wie eine Erneuerung der Stalleinrichtung oder sogar ein Stallneubau notwendig sind.

6.3 Schlussfolgerungen und Ausblick

Aufgrund der langen Laufzeit des Projektes Netzwerk der Pilotbetriebe haben sich neue Forschungsfragen ergeben, die in Folgeprojekten bearbeitet werden können, zum Beispiel:

- Ist es möglich, in Systemen des Pflanzenbaus und der Milchviehhaltung den Einsatz fossiler Energie schrittweise durch erneuerbare Energie zu ersetzen (einschließlich des Vorleistungsbeereichs)? Ist eine energieautarke landwirtschaftliche Produktion möglich?
- Können Betriebssysteme (und Wertschöpfungsketten) so umgestaltet werden, dass sie klimaneutral werden, also alle Treibhausgasemissionen durch C-Sequestrierung (z. B. Bodenkohlenstoffbindung, Agroforstsysteme, Einsatz von Pflanzenkohle, etc.) kompensiert werden?
- Kann die Ertragslücke zwischen ökologischen und konventionellen Systemen vermindert oder sogar geschlossen werden, z. B. durch nachhaltige Intensivierung (Erhöhung des Stickstoff- und Energieinputs)?

Der im Netzwerk der Pilotbetriebe gewählte transdisziplinäre Forschungsansatz war in den untersuchten Milchvieh- und Marktfruchtbetrieben erfolgreich. Der Forschungsansatz sollte auf andere Produktionsrichtungen (z. B. Feldgemüse, Schweine- und Geflügelhaltung) übertragen werden. Möglicherweise sind die systembedingten Unterschiede in der Schweine- und Geflügelhaltung zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft stärker ausgeprägt als in der flächengebundenen Milchviehhaltung. Hierzu sollten auch andere regionale Cluster mit anderen Boden- und Klimabedingungen gewählt werden, z. B. viehstarke Regionen mit Veredlungsbetrieben und Börderegionen mit spezialisierten Marktfrucht- und Gemüsebaubetrieben.

Der Forschungsansatz sollte zudem von der betrieblichen Ebene auf die regionale Ebene und ganze Wertschöpfungsketten erweitert werden. Betriebliche Umweltwirkungen und Treibhausgasbilanzen sind für Verbraucher weniger interessant als Produktökobilanzen (z. B. ein Produkt-Carbon-Footprint). Zwar gibt es bereits zahlreiche Produktökobilanzen und Umwelterklärungen, z. B. von Verarbeitern ökologischer Produkte, allerdings sollte die Datenbasis zur landwirtschaftlichen Produktion deutlich verbessert werden, was mit den im Netzwerk der Pilotbetrieben entwickelten Methoden gelingen kann. Unmittelbar in Vorbereitung ist an der TU München ein entsprechendes Forschungsprojekt zu Umwelt- und Klimawirkungen in der Wertschöpfungskette Milch und Milchprodukte, das direkt auf den methodischen Ansätzen des Netzwerks der Pilotbetriebe aufbaut. Ziel ist es hierbei, alle relevanten Energieinputs und THG-Emissionen in der Wertschöpfungskette zu quantifizieren (also auch Transporte, Verarbeitung, Handel einzubeziehen), um vollständige Produkt-Ökobilanzen zu erstellen. Im zweiten Schritt wird es darum gehen, unter Nutzung neuer Technologien und Einbindung aller Akteure, den Einsatz fossiler Energie sukzessive zu senken und zunehmend regenerative Energie einzusetzen, die Möglichkeiten zur THG-Minderung zu nutzen und die C-Sequestrierung zu stärken.

Zur nachhaltigen Intensivierung und Ertragssteigerung von Pflanzenbausystemen wurden an der TU München – ausgehend von den Ergebnissen des Netzwerks der Pilotbetriebe – Dauerfeldexperimente angelegt, in denen die Langzeitwirkungen verschiedener Betriebssysteme (Marktfruchtbau, Gemischtbetriebe mit Milchviehhaltung mit Gülle oder Stallmist, Biogassysteme) hinsichtlich ihrer Wirkungen auf die Erträge, die Produktqualität, den Boden (Bodeneigenschaften und -prozesse, z. B. Humus- und Nährstoffdynamik) analysiert werden. Unter experimentellen Bedingungen können in diesen Versuchen nicht nur Stoff- und Energiebilanzen (nach gleichen Methoden wie in den Pilotbetrieben) berechnet werden

(Bryzinski, 2020), sondern Ammoniak- und Lachgasflüsse sowie die Boden-C- und N-Dynamik gemessen werden (Mösl et al., 2021; Winkhart et al., 2021). Ein Schwerpunkt der Untersuchungen ist die Analyse der Langzeitentwicklung der Erträge und Produktqualität in unterschiedlichen Anbausystemen bei unterschiedlicher Düngungs- und Produktionsintensität (analog zu den Pilotbetrieben).

Die praxisbezogenen Ergebnisse, insbesondere die neu entwickelten und erprobten Beratungsansätze und Beratungsinstrumente sind in der Betriebsberatung des ökologischen und konventionellen Landbaus umfassend nutzbar. Damit können für die Betriebsberatung neue Beratungsfelder (z. B. Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsberatung) erschlossen werden. Die Ergebnisse können dazu beitragen, Verbraucher besser über Klimaschutz und Nachhaltigkeit der Landwirtschaft zu informieren und das Vertrauen in nachhaltig erzeugte landwirtschaftliche Produkte, speziell Erzeugnisse aus der ökologischen Landwirtschaft, zu stärken. Für die gesamte Biobranche, die Verbraucher und die Agrar-Umweltpolitik ist es wichtig zu wissen, wie klimafreundlich Ökobetriebe wirtschaften, welche Möglichkeiten zum Klimaschutz bestehen und wie noch bestehende Optimierungspotenziale genutzt werden können. Mit den Projektergebnissen wird somit ein Beitrag geleistet, die Rahmenbedingungen für die Ausdehnung einer nachhaltigen Landwirtschaft zu verbessern, bedeutsame Wissens- und Erfahrungslücken für nachhaltige Wirtschaftsformen zu schließen und damit die Wettbewerbsfähigkeit zu stärken.

6.4 Literatur

Bryzinski T (2020) Erträge, Energieeffizienz und Treibhausgasemissionen ökologischer und konventioneller Pflanzenbausysteme – methodische Einflüsse und feldexperimentelle Ergebnisse. Dissertation. Technische Universität München

Frank H (2014) Entwicklung und Anwendung eines Modells zur Energie- und Treibhausgasbilanzierung landwirtschaftlicher Betriebssysteme mit Milchviehhaltung. Dissertation, Technische Universität München

Frank H, Schmid H, Hülsbergen K-J (2019) Modeling greenhouse gas emissions from organic and conventional dairy farms. *Landbauforschung: Journal of Sustainable and Organic Agricultural Systems* 69(1):37-46, doi:<http://dx.doi.org/10.3220/LBF1584375588000>

Halberg N, Verschuur G, Goodlass G (2005) Farm level environmental indicators; are they useful? An overview of green accounting systems for European farms. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105:195-212

Hamm U, Häring AM, Hülsbergen K-J, Isermeyer F, Lange S, Niggli U, Rahmann G, Horn S (2017) Research strategy of the German Agricultural Research Alliance (DAFA) for the development of the organic farming and food sector in Germany. *Organic Agriculture* 7:225-242

Hülsbergen K-J (2003) Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Aachen: Shaker-Verlag

Hülsbergen K-J, Diepenbrock W (eds.) (2000) Die Entwicklung von Fauna, Flora und Boden nach Umstellung auf ökologischen Landbau. Schriftenreihe des Universitätszentrums für Umweltwissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Neue Folge, Sonderband 1

Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2013) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 412 p, Thünen Rep 8, DOI:10.3220/REP_8_2013

Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2015) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben: Forschungsergebnisse 2013-2014. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 175 p, Thünen Rep 29, doi:10.3220/REP_29_2015

IPCC (1997) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, Intergovernmental Panel on Climate Change, Paris

Kristensen ES, Halberg N (1997) A systems approach for assessing sustainability in livestock farms. EAAP Publication no. 89:16-29

Kristensen T, Hermansen JE (2002) Concept for farming systems research. DIAS. The Lithuanian Dairy Farms Demonstration Project. 1-15

KTBL (2007) Bewertung Ökologischer Betriebssysteme. Bodenfruchtbarkeit, Stoffkreisläufe, Biodiversität. KTBL Schrift 458

Küstermann B, Kainz M, Hülsbergen K-J (2008) Modelling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems. Renewable Agriculture and Food Systems 23:38-52

Küstermann B, Christen O, Hülsbergen K-J (2010) Modelling nitrogen cycles of farming systems as basis of site- and farm-specific nitrogen management. In: Agriculture, Ecosystems & Environment 135: 70-80. DOI: 10.1016/j.agee.2009.08.014

Küstermann B, Munch JC, Hülsbergen K-J (2013) Effects of soil tillage and fertilization on resource efficiency and greenhouse gas emissions in a long-term field experiment in Southern Germany. European Journal of Agronomy 49:61-73

Langeveld JWA, van Keulen H, de Haan JJ, Kroonen-Backbier BMA, Oenema J (2005) The nucleus and pilot farm research approach: experiences from The Netherlands. Agricultural Systems 84:227-252

Lin H-C (2017) Resource-use efficiency of different organic and conventional farming systems: Methodical investigations based on field studies in southern Germany. Dissertation, Technische Universität München. Weihenstephaner Schriften Ökologischer Landbau und Pflanzenbausysteme 4. ISBN: 9783895749193

Mösl T, Schmid H, Hülsbergen K-J (2021) Ertragsrelationen ökologischer und konventioneller Anbausysteme auf Fruchtarten- und Fruchtfolge-Ebene: Ergebnisse eines elfjährigen Dauerfeldversuchs. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 32:66-67

Niggli U (2002) Forschung als Triebfeder für die zukünftige Entwicklung des ökologischen Landbaus. Ökologie & Landbau 123, 3/2002:9-12

Peter J, Schmid H, Schilling R, Munch JC, Stange CF, Hülsbergen K-J (2013) Messung und Modellierung von Treibhausgasflüssen auf Versuchsflächen. In Hülsbergen K-J, Rahmann G (Hrsg.): Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Rep. 8: 121-134

Refsgaard K, Halberg N, Kristensen ES (1998) Energy Utilization in Crop and Dairy Production in Organic and Conventional Livestock Production Systems. *Agricultural Systems* 57:599-630

Siebrecht N, Schmid H (2020) Implementation of the concept of sustainable intensification to a real farm – Was its development over 17 years a sustainable intensification? *International Journal of Agricultural Sustainability* 8:151-171. doi.org/10.1080/14735903.2020.1743073

Winkhart F, Schmid H, Hülsbergen K-J (2021) Wirkungen von Zwischenfrucht, Bodenbearbeitung und Gärrestdüngung auf Lachgasemissionen im ökologischen Maisanbau. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 32:84-85

7 Danksagung

Das Verbundprojekt „Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben“ wurde im Zeitraum von 2008 bis 2014 durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (06OE160 und 06OE353) sowie mit Sondermitteln zur nationalen Klimaberichterstattung des Johann Heinrich von Thünen-Instituts gefördert. Projektpartner waren der Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme der Technischen Universität München, das Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, das Institut für Organischen Landbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, das Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und die Bioland-Beratung GmbH.

Das darauf aufbauende Projekt „Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten“ wurde im Zeitraum von 2014 bis 2021 durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (2812NA079 und 2812NA129) gefördert. Projektpartner in dieser Projektphase waren der Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme der Technischen Universität München, das Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, das Thünen-Institut für Betriebswirtschaft und das Ingenieurbüro für Ökologie und Landwirtschaft (IfÖL) GmbH.

Wir bedanken uns beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft für die mehr als zehnjährige Förderung der Forschungsprojekte im Rahmen des Netzwerks der Pilotbetriebe und das entgegengebrachte Vertrauen. Der Bundesanstalt für Landwirtschaft sind wir zu Dank verpflichtet für die Betreuung und Begleitung des Projektes. Ganz besonders danken wir Frau Sigrid Manleitner als direkte Ansprechpartnerin im BÖLN-Forschungsmanagement für die konstruktive Zusammenarbeit über den gesamten Förderzeitraum, für die vielen wertvollen Hinweise zur administrativen Projektdurchführung und das vertiefte Interesse an unseren Forschungsarbeiten.

Den am Projekt beteiligten Landwirten gebührt besonderer Dank für die aktive Mitarbeit im Projekt, die Bereitstellung umfangreicher und detaillierter Betriebsdaten, die Bereitstellung geeigneter Untersuchungsflächen, die vielen interessanten Diskussionen auf den Workshops, die Rückkopplungen zu unseren Untersuchungsergebnissen und wertvollen Anregungen zur Projektgestaltung. Ohne die Beteiligung und das besondere Engagement der Landwirte wäre dieses Projekt nicht möglich gewesen.

Die Projektleiter, Projektkoordinatoren und alle ProjektmitarbeiterInnen

Thünen Report

Bereits in dieser Reihe erschienene Hefte – *Volumes already published in this series*

1 - 75	siehe http://www.thuenen.de/de/infothek/publikationen/thuenen-report/
76	Mirko Liesebach (ed.) Forstpflanzenzüchtung für die Praxis, 6. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung vom 16. bis 18. September 2019 in Dresden, Tagungsband
77	Hans-Dieter Haenel, Claus Rösemann, Ulrich Dämmgen, Ulrike Döring, Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Annette Freibauer, Helmut Döhler, Carsten Schreiner, Bernhard Osterburg, Roland Fuß Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2018 Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2018
78	Alexandra Purkus, Jan Lüdtkke, Dominik Jochem, Sebastian Rüter, Holger Weimar Entwicklung der Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz in Deutschland: Eine Innovationssystemanalyse im Kontext der Evaluation der Charta für Holz 2.0
79	Peter Elsasser, Kerstin Altenbrunn, Margret Köthke, Martin Lorenz, Jürgen Meyerhoff Regionalisierte Bewertung der Waldleistungen in Deutschland
80	Lutz Laschewski, Andreas Tietz Auswirkungen überregional aktiver Investoren in der Landwirtschaft auf ländliche Räume : Ergebnisse aus zwei Fallstudien
81	Martin Ohlmeyer, Friederike Mennicke, Saskia Poth Erarbeiten eines objektiven Verfahrens unter Berücksichtigung der Besonderheiten von Holz und Holzwerkstoffen bei der Bewertung ihres Einflusses auf die Innenraumluftqualität (HolnRaLu), TV 1: Untersuchungen unter realen Raumluftbedingungen
82	Marlen Haß, Martin Banse, Claus Deblitz, Florian Freund, Inna Geibel, Alexander Gocht, Peter Kreins, Verena Laquai, Frank Offermann, Bernhard Osterburg, Janine Pelikan, Jörg Rieger, Claus Rösemann, Petra Salamon, Maximilian Zinnbauer, Max-Emanuel Zirngibl Thünen-Baseline 2020 – 2030: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland
83	Marc Simon Weltersbach, Carsten Riepe, Wolf-Christian Lewin, Harry V. Strehlow Ökologische, soziale und ökonomische Dimensionen des Meeresangelns in Deutschland
84	Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Cora Vos, Ulrich Dämmgen, Ulrike Döring, Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Annette Freibauer, Helmut Döhler, Carsten Schreiner, Bernhard Osterburg, Roland Fuß Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2019 Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2019
85	Andreas Tietz, Richard Neumann, Steffen Volkenand Untersuchung der Eigentumsstrukturen von Landwirtschaftsfläche in Deutschland
86	Katja Butter, Martin Ohlmeyer Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen von Holz und Holzwerkstoffen
87	Kim Pollermann Regional Governance: Begriffe, Wirkungszusammenhänge und Evaluationsansätze



- 88** Gerold Rahmann, Frédéric Rey, Reza Ardakani, Khalid Azim, Véronique Chable, Felix Heckendorn, Paola Migliorini, Bram Moeskops, Daniel Neuhoff, Ewa Rembiałkowska, Jessica Shade, Marc Tchamitchian (eds.)
From its roots, organic inspires science, and vice versa. Book of Abstracts of the Science Forum at the Organic World Congress 2021, September 8-10, 2021. Rennes, France
- 89** Walter Dirksmeyer, Klaus Menrad (eds.)
Aktuelle Forschung in der Gartenbauökonomie : Digitalisierung und Automatisierung - Welche CHancen und Herausforderungen ergeben sich für den Gartenbau? Tagungsband zum 3. Symposium für Ökonomie im Gartenbau am 15. November 2019 in Freising / Weißenstephan
- 90** Tobias Mettenberger, Patrick Küpper
Innovative Versorgungslösungen in ländlichen Regionen: Ergebnisse der Begleitforschung zum Modellvorhaben Land(auf)Schwung im Handlungsfeld „Daseinsvorsorge“ : Band 1 der Begleitforschung Land(auf)Schwung
- 91** Cora Vos, Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Ulrich Dämmgen, Ulrike Döring, Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Annette Freibauer, Helmut Döhler, Carsten Schreiner, Bernhard Osterburg, Roland Fuß
**Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2020
Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2020**
- 92** Kurt-Jürgen Hülsbergen, Harald Schmid, Hans Marten Paulsen (Hrsg.)
Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben





THÜNEN

Thünen Report 92

Herausgeber/Redaktionsanschrift

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

www.thuenen.de

ISBN 978-3-86576-236-8



9 783865 762368