

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Schlussbericht zum Thema “Ökonomische, ökologische und Tierwohlaspekte der Weidehaltung von Hochleistungskühen “

FKZ: 2812NA009

Projektnehmer: Humboldt-Universität zu Berlin

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft auf Grund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft.

Ökonomische, ökologische und Tierwohlaspekte der
Weidehaltung von Hochleistungskühen

Förderkennzeichen: 2812NA009/ ÖKOTAWEK

Laufzeit des Vorhabens: 01.12.2013–30.09.2017

Berichtszeitraum: 01.05.2016–30.09.2017

Abschlussbericht zum Projekt 2812NA009

Berichtersteller/Zuwendungsempfänger:

Professor Dr. Silke Hüttel^{1,2}, Rasmus Bürger¹, Meike Stark¹

Professor Dr. Otto Kaufmann¹, Dr. Nora Irrgang¹, Daniela Seifert¹

Professor Dr. Jutta Zeitz¹, Sophie Ittner¹, Sophie Drexler¹

¹Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Albrecht Daniel Thaer-
Institut für Agrar-und Gartenbauwissenschaften

²Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Landwirtschaftliche Fakultät, Institut für
Lebensmittel- und Ressourcenökonomik, Lehrstuhl für Produktionsökonomik

Abschlussbericht ÖKOTAWEK (2812NA009), Februar 2018

Ansprechpartner:

TP Ökonomie: Professor Dr. Silke Hüttel (s.huettel@ilr.uni-bonn.de)

TP Tier: Professor Dr. Otto Kaufmann (otto.kaufmann@agrار.hu-berlin.de)

TP Bodenökologie: Prof. Dr. Jutta Zeitz (jutta.zeitz@agrار.hu-berlin.de)

Berlin und Bonn, 26.02.2018

Kurzfassung

Dieses Projekt zielte darauf ab, die Grünlandnutzung durch Weidehaltung für Milchkühe mit zu untersuchen. Vor dem Hintergrund, dass der Energiebedarf durch alleinige Weidehaltung in den Sommermonaten nicht gedeckt werden kann und Weidehaltung mit einem höheren Arbeitsaufwand verbunden sein kann, jedoch gleichwohl positive Effekte auf die Tiergesundheit dokumentiert wurden, war es das Ziel zu untersuchen, ob ein ökonomisch messbarer Weideeffekt besteht und welche Rolle das Tierwohl sowie die ökologischen Landschaftsfunktionen des Grünlandes spielen.

Die Ergebnisse der on-farm Analyse zeigten, dass bei kombinierter Stall- und Weidehaltung ähnlich hohe Milchleistungen wie bei ganzjähriger Stallhaltung möglich sind. Auffälligkeiten am Integument der Tiere resultieren hauptsächlich aus Mängeln in der Haltungsumwelt und können das Tierwohl erheblich beeinträchtigen. Die Haltung auf der Weide bringt unter diesem Aspekt deutliche Vorteile, allerdings werden die Regenerationseffekte im folgenden Winter größtenteils wieder neutralisiert. Die Berücksichtigung dieser Aspekte in der Effizienzmessung zeigte, dass das mitunter größte Einsparpotential im Sinne einer Verbesserung der technischen Effizienz bei den Lahmheiten liegt. Es lässt sich kein Arbeitsmehraufwand bei den Weidebetrieben im Saisonwechsel feststellen, da durch Einsparungen bei anderen Arbeitsvorgängen der Mehraufwand der Weidearbeiten ausgeglichen wurde. Das größte Potenzial bietet die Futterversorgung über die Weide. Hierfür ist ein eng aufeinander abgestimmtes Weide- und Herdemanagement essentiell, da unangepasstes Weidemanagement zu unterschiedlich ausgeprägten Trittschäden und in der Konsequenz zu Ertragsausfällen und Veränderungen der Futterqualität infolge von Verschieben der Artenzusammensetzung führt. Die Ergebnisse zeigten weiterhin, dass Grünlandnutzung als Weide zu einer erhöhten Humusspeicherung und somit zu einer echten klimawirksamen Kohlenstoffsequestrierung führt.

Abstract

The aim of this project was to investigate grassland use for pasture-access of high performing dairy cows. While high-yielding cows might suffer from insufficient energy intake with pasture feeding, which in turn leads to nutritional and metabolic stress, with a negative impact on welfare, pasture access has been proven to be associated with considerable benefits for animals. The objective of this project was by using a transdisciplinary approach to investigate the relation between economic performance, farm animal welfare and pasture access for dairy cows in Germany while taking into account diverse functions of grassland such as the provision of ecosystem services.

The results of the on-farm analyses show pasture-based milk production systems can be as efficient as intensive confinement systems with the same range of milk yields. Integument alterations of the cows can be traced back to the insufficient husbandry conditions and could be proven to reduce welfare of the cows. Pasture access can offer advantages in this regard, though the positive regeneration effects may be compensated during the winter season with pure confinement husbandry. However, irrespective of the animal husbandry system, we found that herd size, livestock welfare and health are relevant inputs to realize efficiencies in producing milk. Neglecting their importance leads to misleading statements regarding pasture-based milk production systems and we identify the highest potential to improve efficiency in lameness reduction and in the joint feed- and pasture management. Inappropriate pasture managements can even harm grassland constitution and as such the yields from the grassland. Also, quality losses may arise from animal traffic, which comes at the cost of a reduced diversity in forage crops. The results moreover reveal that pasture-use of grassland may indeed contribute to an improved humus-enrichment and as such to a climate-relevant carbon sequestration.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	VI
1 Einführung.....	10
1.1 Gegenstand des Vorhabens.....	10
1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen.....	10
1.3 Planung und Ablauf des Projekts.....	13
1.4 Kooperation mit anderen Stellen.....	15
1.5 Stand des Wissens.....	15
1.5.1 Situation Weidehaltung in Deutschland.....	15
1.5.2 Effizienzanalyse im Bereich Milchviehhaltung.....	16
1.5.3 Zusammenhang Weidegang, Tierwohlfahrt und -gesundheit.....	18
1.5.4 Tiergesundheit, Tierwohlfahrt und betrieblicher Erfolg.....	19
1.5.5 Bodenökologie und Grünlandertrag.....	21
1.5.6 Weidehaltung im Förderkontext.....	25
2 Material und Methoden.....	25
2.1 Auswahl der Kooperationsbetriebe.....	25
2.2 Standorte.....	27
2.3 Datenerfassung Boden und Grünlandaufwuchs.....	29
2.3.1 Kartierung der Trittbelastung.....	29
2.3.2 Bodenphysik und Bodenchemie.....	31
2.3.3 Berechnung des Bodenkohlenstoffspeichers.....	34
2.3.4 Grünlandaufwuchs.....	35
2.3.5 Statistische Datenanalyse.....	39
2.4 Datenerfassung Tiere.....	40
2.4.1 Analyse Milchleistungsprüfungsdaten.....	40
2.4.2 Schätzung des Weidefutteranteils.....	41
2.4.3 Tierwohlerfassung.....	43
2.4.4 Verhaltensuntersuchung.....	44
2.5 Betriebswirtschaftliche Daten und Effizienzanalyse.....	45
2.5.1 Datenerhebung.....	45
2.5.2 Methodik zur Effizienzmessung: Data Envelopment Analyse.....	46
2.5.3 Modellspezifikationen.....	48
3 Ergebnisse.....	49
3.1 Trittbelastung auf der Weidefläche.....	49
3.2 Einfluss der Beweidung auf ausgewählte Bodeneigenschaften.....	50
3.2.1 Betrieb 8.....	50
3.2.2 Betrieb 2.....	53
3.2.3 Betrieb 3.....	57

3.3	Einfluss der Beweidung auf den Grünlandaufwuchs.....	60
3.3.1	Grünlandertrag	60
3.3.2	Futterqualität	61
3.3.3	Vegetationszusammensetzung	63
3.4	Vergleich des Bodenkohlenstoffspeichers von Weide und Acker	65
3.4.1	Trockenrohdichte	66
3.4.2	C _{org} -Konzentration	66
3.4.3	Bodenkohlenstoffvorrat	68
3.5	Ergebnisse Teilprojekt „Tier“	69
3.5.1	Analyse Milchleistungsprüfungsdaten.....	69
3.5.2	Schätzung des Weidefutteranteils an der Energie- und Proteinversorgung der Kühe	74
3.5.3	Tierwohlerfassung	75
3.5.4	Verhaltensuntersuchung.....	77
3.6	Betriebswirtschaftlichen Daten.....	78
3.7	Arbeitszeitbefragung.....	83
3.8	Data Envelopment Analysis.....	87
4	Diskussion der Ergebnisse.....	94
4.1	Teilprojekt Boden	94
4.2	Teilprojekt Tier	98
4.3	Teilprojekt Ökonomie.....	105
4.4	Fazit	111
5	Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwendbarkeit der Ergebnisse....	116
6	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den erreichten Zielen; Hinweis auf weiterführende Fragestellungen	119
7	Zusammenfassung	122
8	Literaturverzeichnis	124
9	Vorträge und Veröffentlichungen.....	141
10	Anhang	142
10.1	Anhang A: Kartierung	142
10.2	Anhang B: Ergebnisse Ertragsqualität.....	147
10.3	Anhang C: Hauptbestandsbildner	149
10.4	Anhang D Fragebogen zum Arbeitszeitbedarf in der (Weide-)Haltung von Milchkühen	151

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht Struktur ÖKOTAWEK.....	13
Abbildung 2: Prozesse der Verdichtung durch Trittbelastung (Bilotta et al. 2007).....	22
Abbildung 3: Standorte der Weidebetriebe (grün) und Stallbetriebe (blau) die mit dem Projekt kooperierten.....	27
Abbildung 4: Aufbau des Untersuchungsplots für die Entnahme der Bodenproben.....	31
Abbildung 5: Ergebnis der Kartierung der drei untersuchten Trittbelastungsklassen am Standort 3 und die zugehörigen beprobten Plots. Der rote Rahmen markiert den Bereich der Sanddeckkultur.....	34
Abbildung 6: Beispielhafte Anordnung der Kleinparzellen in der Großparzelle für die Trittbelastungsklasse „erhöht betreten“ am Standort 8 (Quelle: Arbeitsbericht ISAP).....	36
Abbildung 7: Versuchsplanung für den Standort 2. Dargestellt sind die Untersuchungsflächen der vier Trittbelastungsklassen (K1-K4) auf denen an vier Terminen (T1-T4) die Ernte erfolgte.....	37
Abbildung 8: (A) Werte der 1. Hauptkomponente (HK 1) und (B) Werte der 2. Hauptkomponente (HK 2) in Abhängigkeit der Trittbelastungsklassen (links: mit „durchschnittlich betreten“ (D), „erhöht betreten“ (E) und „stark betreten“ (S)) und den drei untersuchten Tiefen.....	53
Abbildung 9: (A) Werte der 1. Hauptkomponente (HK 1) und (B) Werte der 2. Hauptkomponente (HK 2) in Abhängigkeit der Trittbelastungsklassen (links: mit „durchschnittlich betreten“ (D), „erhöht betreten“ (E) und „stark betreten“ (S)) und den drei untersuchten Tiefen.....	56
Abbildung 10: Bodenart am Standort 3 unterteilt nach den drei Trittbelastungsklassen „D“ (durchschnittlich betreten), „E“ (erhöht betreten) und „S“ (stark betreten).....	57
Abbildung 11: Zusammenhang zwischen der organischen Kohlenstoffkonzentration und der Trockenrohddichte am Standort 3 eingefärbt nach den Trittbelastungsklassen „D“ (grün), „E“ (gelb) und „S“ (rot).....	58

Abbildung 12: Dargestellt ist die Kohlenstoffkonzentration der Frühjahrs- und Herbstproben für die drei untersuchten TBK in abhängig von der Beprobungstiefe am Standort 3	59
Abbildung 13: Dargestellt ist der doppellaktatlösliche Phosphor- und Kaliumgehalt der Frühjahrs- und Herbstproben für die drei untersuchten TBK am Standort 3 ...	59
Abbildung 14: Statistische Zusammenhang zwischen dem mittleren Trockenmasseertrag und den untersuchten bodenphysikalischen Parametern Luftkapazität (LK), nutzbare Feldkapazität (nFK) und Trockenrohddichte (TRD) am Standort 2	61
Abbildung 15: Mittlerer Rohproteingehalt, Rohfasergehalt und Netto-Energie-Laktation des Grünlandaufwuchses am Standort 2 unterteilt nach den Trittbelastungsklassen durchschnittlich betreten (D), erhöht betreten (E) und den vier untersuchten Aufwüchsen	63
Abbildung 16: Mittlere Artenzahl für die nutzungsformen Weide, Wiese, Luzerneacker und Maisacker.....	65
Abbildung 17: Trockenrohddichten in Abhängigkeit von der Beprobungstiefe für die unterschiedlichen Nutzungsformen am Standort 2.....	66
Abbildung 18: Organische Kohlenstoffkonzentration in Abhängigkeit der Beprobungstiefe für die unterschiedlichen Nutzungsformen am Standort 2.....	67
Abbildung 19: Gesamtbodenkohlenstoffvorrat in 0-15 cm der unterschiedlichen Nutzungen am Standort Standort 2; mit A=Ackerfläche; N= „Nicht betreten“/Referenzfläche; W=Weidefläche; ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede	69
Abbildung 20: Anteile der landwirtschaftlichen Produktionsrichtungen am Gesamtertrag aus der landwirtschaftlichen Produktion für die Wirtschaftsjahre 2012/13, 2013/14 und 2014/15. Getrennt nach den Regionen Brandenburg (BB) / Mecklenburg-Vorpommer (M-V) und Niedersachsen (NS)	80
Abbildung 21: Kostenstruktur der Milchproduktion getrennt nach Aufwendungen für die Arbeitserledigung, den Futterzukauf, die Pflanzenproduktion sowie für Tierarzt und Besamung. Dargestellt für die einzelnen Wirtschaftsjahre 2012/13, 2013/14 und 2014/15 und die Untersuchungsregionen.	81

Abbildung 22: Kostenstruktur der Referenzbetriebe gemittelt über alle Wirtschaftsjahre	82
Abbildung 23: Vergleich des Arbeitszeitverbrauchs in der Innenwirtschaft der Milchviehhaltung nach ermittelten Werten und Literaturangaben	83
Abbildung 24: Erfasste Gesamtarbeitszeit der Innenwirtschaft	84
Abbildung 25: Ergebnisse Arbeitszeitbefragung in Arbeitspersonenminuten (APmin) je laktierender Kuh und Jahr	84
Abbildung 26: Arbeitszeitbedarf je ha Grünlandbewirtschaftung mW = Grünlandbewirtschaftung mit Weide; mW+ = Weidearbeiten ; oW = Grünlandbewirtschaftung ohne Weide	86
Abbildung 27: Das mögliche Zusammenspiel Weide-Tierwohlfahrt-technische Effizienz	90
Abbildung 28: DEA Ergebnisse Modellspezifikationen 1-5	93
Abbildung 29: Exemplarische Darstellung der Verbesserungspotenziale anhand der Effizienzkurve	94
Abbildung 30: Ergebnis der Kartierung der Trittbelastungsklassen am Beispiel von Betrieb 1 mit D - „durchschnittlich betreten“, E - „erhöht betreten“ und S - „stark betreten“	142
Abbildung 31: Ergebnis der Kartierung der Trittbelastungsklassen am Beispiel von Betrieb 1 mit D - „durchschnittlich betreten“, E - „erhöht betreten“ und S - „stark betreten“	143
Abbildung 32: Ergebnis der Kartierung der Trittbelastungsklassen am Beispiel von Betrieb 6 mit D - „durchschnittlich betreten“, E - „erhöht betreten“ und S - „stark betreten“	145
Abbildung 33: Ergebnis der Kartierung der Trittbelastungsklassen am Beispiel von Betrieb 7 mit D - „durchschnittlich betreten“, E - „erhöht betreten“ und S - „stark betreten“	146
Abbildung 34: Ergebnis der Kartierung der Trittbelastungsklassen am Beispiel von Betrieb 8 mit D - „durchschnittlich betreten“, E - „erhöht betreten“ und S - „stark betreten“	146

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aus den Befragungen der Landwirte und Kartenmaterial abgeleitete Standorteigenschaften der Untersuchungsflächen.....	28
Tabelle 2: Kartierschlüssel für die definierten Trittbelastungsklassen	30
Tabelle 3: Übersicht der Labormethoden.....	33
Tabelle 4: Untersuchungstermine Grünlandaufwuchs	36
Tabelle 5: Parameter der Weender Futtermittelanalyse zur Bestimmung der Ertragsqualität. 38	
Tabelle 6: Variablen für das Effizienzmodell	49
Tabelle 7: Flächenanteile der Trittbelastungsklassen (TBK) an den Untersuchungsflächen mit „D“= durchschnittlich betretene Flächen; „E“= erhöht betretene Flächen und „S“= stark betretene Flächen	50
Tabelle 8: Anteile der durch die ersten beiden Hauptkomponenten (HK 1 und HK 2) erfassten Varianz und die standardisierten Loadings basierend auf der Korrelationsmatrix, welche den Grad der Korrelation mit den Hauptkomponenten angeben – Standort 8.....	51
Tabelle 9: Signifikanz im F-Test zur Überprüfung der Effekte der Faktoren TBK und Beprobungstiefe auf die Komponente HK2 am Standort 8	52
Tabelle 10: Signifikanz im F-Test zur Überprüfung der Effekte der Faktoren TBK und Beprobungstiefe auf die Komponente HK1 am Standort 8	52
Tabelle 11: Anteile der durch die ersten beiden Hauptkomponenten (HK 1 und HK 2) erfassten Varianz und die standardisierten Loadings basierend auf der Korrelationsmatrix, welche den Grad der Korrelation mit den Hauptkomponenten angeben – Standort 2.....	54
Tabelle 12: Signifikanz im F-Test zur Überprüfung der Effekte der Faktoren TBK und Beprobungstiefe auf die Komponente HK2 am Standort 2	55

Tabelle 13: Signifikanz im F-Test zur Überprüfung der Effekte der Faktoren TBK und Beprobungstiefe auf die Komponente HK1 am Standort 2	55
Tabelle 14: Ergebnis der ANOVA mit angeschlossenem Post-hoc-Test zur Überprüfung des Effektes der TBK auf den Corg-Gehalt am Standort 3	58
Tabelle 15: Statistische Kennwerte der Corg- Konzentration in % am Standort 3 unterteilt nach den drei Trittbelastungsklassen „D“ (durchschnittlich betreten), „E“(erhöht betreten) und „S“ (stark betreten).....	58
Tabelle 16: Gesamter Trockenmasseertrag in dt ha ⁻¹ ermittelt aus der Summe aus den vier untersuchten Aufwüchsen über die Weideperiode zwischen Frühjahr und Herbst für alle Weidebetriebe	60
Tabelle 17: Mittlere prozentuale Anteile an Gräsern, Leguminosen und Kräutern für alle Betriebe und Trittbelastungsklassen (TBK: N (nicht betreten), D (durchschnittlich betreten), E (erhöht betreten) und S (stark betreten)) sowie Lückenanteil an der Gesamtfläche und Futterwertzahl des Bestandes.....	64
Tabelle 18: Signifikanz im F-Test (zweifaktorielle ANOVA) zur Überprüfung der Effekte der Faktoren Nutzung (mit „Weide“, „Referenz“, „Acker“) und Beprobungstiefe und deren Interaktion auf die Variable Corg [%] am Standort 2.....	68
Tabelle 19: Ergebnisse des Tukey-Testes zur paarweisen Überprüfung der Mittelwerte der Variable Corg [t/ha] in 0-15cm der unterschiedlichen Nutzungen am Standort 2	68
Tabelle 20: Durchschnittliche Milchkuhanzahl nach Betriebsgruppen und Untersuchungsregion über 3 Jahre.....	70
Tabelle 21: Durchschnittliche Milchmenge pro Tier und Tag je Betriebsgruppe über 3 Jahre	70
Tabelle 22: Durchschnittliches Mittel der Laktationsanzahl der Milchkühe pro Betriebsgruppe über 3 Jahre.....	71
Tabelle 23: Durchschnittlicher Färsenanteil in der Herde pro Betriebsgruppe über 3 Jahre ...	71
Tabelle 24: Durchschnittlicher Zellzahlgehalt pro Betriebsgruppe über 3 Jahre.....	72

Tabelle 25: Durchschnittliche Verteilung der Fett-Eiweiß-Quotienten bei den laktierenden Kühen in % je Haltungsvariante	72
Tabelle 26: Durchschnittlicher Anteil laktierender Kühe mit erhöhtem Milchharnstoffgehalt	73
Tabelle 27: Abgangsgründe (%) der jeweils durchschnittlichen Herdengröße über den Zeitraum von 3 Jahren	73
Tabelle 28: Schätzwerte der Gesamt-Trockenmasseaufnahme und der Trockenmasseaufnahme über das Weidegras für die verschiedenen Weidesysteme	74
Tabelle 29: Geschätzte Rohprotein-Aufnahme aus Weidegras und Anteil der Weide an der Deckung des nXP-Bedarfs pro Kuh und Tag	75
Tabelle 30: Differenz zwischen Energiebedarf und -zufuhr über das Stallfutter (pro Tier und Tag) und prozentualer Anteil der Weide am Energiebedarf	75
Tabelle 31: Anteile der Herdenstichproben, die Verschmutzungen aufweisen	76
Tabelle 32: Anteile der Herdenstichproben, die Veränderungen am Integument aufweisen...	76
Tabelle 33: Anteile der Herdenstichproben, die unterdurchschnittliche Körperkondition aufweisen	76
Tabelle 34: Anteile der Herdenstichproben, die Zeichen von Augenausfluss, Nasenausfluss oder Durchfall aufweisen	76
Tabelle 35: Anteile der Herdenstichproben, die Lahmheiten zeigen	77
Tabelle 36: Aktivitätsniveau und Liegezeiten pro Tag	77
Tabelle 37: Überblick Kooperationsbetriebe, Mittelwerte über die Wirtschaftsjahre 2012/13, 2013/14, 2014/15	78
Tabelle 38: Aufwendungen für die Milchproduktion in ct je kg ECM, gemittelt über den Beobachtungszeitraum gemäß BZA.	82
Tabelle 39: Technische Effizienz (TE) der Milchviehhaltung der untersuchten Betriebe. Inputfaktoren: Aufwand für Arbeit, Futterzukauf und Tierarzt /Besamung; Outputfaktor: Milchmenge	87
Tabelle 40: Finale Modellspezifikationen	91

Tabelle 41: Mittlerer Rohproteingehalt, Rohfasergehalt und Netto-Energie-Laktation des Grünlandaufwuchses unterteilt nach den Trittbelastungsklassen durchschnittlich betreten (D), erhöht betreten (E) und den vier untersuchten Terminen..... 147

Tabelle 42: Hauptertragsbildner der sechs untersuchten Betriebe unterschieden nach den vier Trittbelastungsklassen (TBK: N (nicht betreten), D (durchschnittlich betreten), E (erhöht betreten) und S (stark betreten)) 149

1 Einführung

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Dieses Projekt zielte darauf ab, die Grünlandnutzung durch Weidehaltung für Milchkühe in den Bundesländern Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen mit einem interdisziplinären Forschungsansatz zu untersuchen. Bei Hochleistungsherden mit mehr als 8 000 kg Milch je Kuh und Jahr kann der grundfutterbezogene Energiebedarf durch alleinige Weidehaltung in den Sommermonaten nicht gedeckt werden. Weiterhin kann die Weidehaltung mit einem höheren Arbeitsaufwand verbunden sein, und es kommen Unsicherheiten wie etwa durch mögliche Infektionen auf der Weide (z.B. Schmallenberg-Virus) hinzu. Seit einigen Jahren ist in der Milchviehhaltung ein Trend zur Stallhaltung zu beobachten. Dabei kann die Weidehaltung unter dem Aspekt des Tierwohles und unter Berücksichtigung der ökologischen Landschaftsfunktionen des Grünlandes eine wichtige Rolle spielen. Vor diesem Hintergrund war es das Ziel zu untersuchen, ob ein ökonomisch messbarer Weideeffekt besteht und welche Rolle das Tierwohl dabei spielt. Hierbei sollte auf die technische Effizienz fokussiert werden und dabei näher durchleuchtet werden, inwiefern Tierwohl, Weide als Futtergrundlage sowie die Wirkung von Weide auf die Tierwohlfahrt sowie der Ökosystemfunktionen bei der Analyse des betrieblichen Erfolgs berücksichtigt werden kann. Des Weiteren war es ein Ziel, die Rolle des Bodens für den Weideerfolg zu untersuchen. Die ausgewählten Vergleichsregionen spiegelten dabei verschiedene Produktionsstandorte mit unterschiedlichen klimatische Bedingungen wider.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen

Dieses Forschungsprojekt zielte darauf ab, die Grünlandnutzung durch Weidehaltung für Milchkühe unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten als auch unter Aspekten des Tierwohles mit einem interdisziplinären Forschungsansatz zu untersuchen. Ziel dieses Projektes war es, den betrieblichen Erfolg von Weidehaltung von Hochleistungskühen zu untersuchen. Hierbei sollte explizit die produktionsökonomische Sicht um Aspekte der Tiergesundheit (Tierwohl) erweitert sowie die Nachhaltigkeit der Grünlandnutzung durch Beweidung beleuchtet werden. So zeigen beispielsweise Leisen und Rieger (2011) für ökologisch wirtschaftende Betriebe, dass Betriebe mit Weidehaltung und weniger Kühen genauso erfolgreich sein können wie größere Betriebe unter weniger Weidehaltung. Hierbei wird auf eine Vollkostenanalyse

zurückgegriffen; dieser Ansatz vernachlässigt allerdings die Bewertung von betrieblichen Mühen und Aufwand in Tierwohl und Tiergesundheit sowie in eine ressourcenschonende Grünlandbewirtschaftung. Bislang wird bei der Analyse der Wirtschaftlichkeit auf Indikatoren, wie durchschnittliche Milchleistung pro Kuh und Jahr, sowie die durchschnittlichen Futterkosten fokussiert. Es stellte sich daher die Frage, ob Weidegang ökonomisch und ökologisch sinnvoll ist, auch wenn häufig ein Rückgang der Milchleistung beobachtet wird und hierdurch oftmals der Weidegang als „unrentabel“ deklariert wird.

Dieses Projekt verfolgte einen anderen Ansatz. Zum einen stand das Ausschöpfungspotential der Betriebe im Vordergrund, welches durch die technische Effizienz als Kernelement betrieblichen Erfolgs gemessen wurde. Hierbei stand die Frage im Vordergrund, ob ein Betrieb mit minimalem Aufwand (Inputeinsatz) eine gegebene Produktionsmenge (Output) produziert bzw. wird mit gegebenem Inputeinsatz die maximal mögliche Produktionsmenge wie z.B. Milch erzeugt. In diesem Projekt wurde auf eine nicht-parametrische Methode, die Data Envelopment Analyse (DEA), zurückgegriffen. Die Idee der DEA ist mit dem Betriebsvergleich verwandt, bei welchem in der Regel ein Vergleich zum Mittelwert (oder zum bestem bzw. schlechtestem Drittel) herangezogen wird. Bei der DEA steht die jeweilige Relation von Inputs zu Outputs im Vergleich zu den effizientesten Betrieben im Vordergrund. Das hatte den Vorteil, dass die betrieblichen Relationen der Inputs zur Produktionsmenge zur bestmöglichen Relation betrachtet werden konnten und nicht alleinig der Vergleich zum Durchschnitt betrachtet werden konnte. Zudem erlaubte diese Methode, Maße für Tierwohl und Tiergesundheit sowie Biodiversität zu berücksichtigen. Es existieren bisher nur wenige Studien, die Indikatoren für das Tierwohl oder die Tiergesundheit und deren Auswirkungen auf die Effizienz der Milcherzeugung behandelten. In vereinzelt Studien, wie z.B. von Ahmad und Bravo-Ureta (1996), wurden Tierarztkosten oder Lahmheiten berücksichtigt (Barnes et al. 2011). Der Zusammengang von Weide, Tierwohl und Effizienz wurde bisher nur wenig oder gar nicht beachtet. Keine Zusammenhänge wurden bei Allendorf und Wettemann (2015) gefunden, allerdings war hierbei zu beachten, dass die gemessenen Effizienzwerte auf eine kategoriale Weidevariable regressiert wurden. Des Weiteren wurde Tiergesundheit durch wenige Parameter der Milchbestandteile berücksichtigt, jedoch nicht als Bestandteil des Produktionsprozesses. Weitere Kernbestandteile wie Arbeitszeit in der Milchviehhaltung wurde ebenso nur rudimentär erfasst. Eine jüngere Studie von Henningsen et al. (2017) bekräftigte die Argumentation, dass Tiergesundheit und Tierwohl Kernelemente des Produktionsprozesses sind; die Autoren zeigten für die Schweinemast nur einen geringen Zusammenhang zwischen Wirtschaftlichkeit und Tierwohl auf. Allerdings war hierbei zu be-

achten, dass die Autoren auf ressourcenbasierte Maße für Tierwohlfahrt wie Spiel- und Beschäftigungsmöglichkeiten zurückgegriffen haben und nicht resultatbasierte Indikatoren wie Verletzungen oder Lahmheiten. ÖKOTAWEK knüpfte hier an und untersuchte die technische Effizienz als wesentliche Dimension des betrieblichen Erfolgs der Milcherzeugung bei Weidehaltung unter Berücksichtigung von Milchleistung, Kosten, Arbeitsaufwand, Futterertrag sowie Tierwohl und Tiergesundheit. Die Vorteile dieser Herangehensweise lagen auf der Hand: Erkenntnisse aus der Sicht der Tier- und Pflanzenphysiologie konnten mit in der technischen Effizienzanalyse berücksichtigt werden. Dabei konnte explizit auf tiergesundheitliche Aspekte in die Effizienzanalyse mit einbezogen werden. Bei einfachen Wirtschaftlichkeitsanalysen wie der Deckungsbeitragsrechnung wäre dies nicht explizit möglich gewesen.

Grünlandstandorte erfüllen wichtige Ökosystemfunktionen. Neben der Bereitstellung von qualitativ hochwertigen Futtermitteln gehören zu den wichtigsten Ökosystemleistungen des Grünlandes Wasserregulationsfunktionen und Bodenerosionsschutz. Zudem bietet Grünland das Potenzial zur Klimaregulierung über vermehrte Kohlenstoffspeicherung und den Schutz biotischer Ressourcen über den Erhalt und der Erhöhung der Biodiversität in Agrarlandschaften. Wie sich diese Ökosystemleistungen auf intensiv genutzten Weidestandorten mit steigender Nutzungsintensität und Trittbelastung veränderten war wenig erforscht. Insbesondere die Bedeutung des standortgerechten Weidemanagements galt es hinsichtlich der Auswirkungen auf die Ökosystemleistungen zu berücksichtigen: Fehler im Weidemanagement können je nach Substrat zu erheblichen Schadverdichtungen führen und infolge dessen das Infiltrationsvermögen der Standorte senken. Minderung der Wasserspeicherung und, besonders in hängigen Weidegebieten, eine Erhöhung des Erosionsrisikos sowie Ertragsminderungen sind die Folge.

In diesem Projekt wurden Betriebe aus den Bundesländern Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen ausgewählt. Während in Niedersachsen in 2010 ca. 72 % der Milchviehbetriebe den Milchkühen Weidegang gewährten, waren es in Mecklenburg-Vorpommern 62,5 % und in Brandenburg nur 42 % der Betriebe. Bedingt durch die unterschiedlichen Betriebsgrößen wurden 70 % der niedersächsischen Milchkühe Weidemöglichkeiten geboten – in Mecklenburg-Vorpommern hingegen nur 34,4 % und in Brandenburg nur 15 % der Milchkühen (Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland 2011). Durch diesen Ländervergleich sollte untersucht werden, ob sich die Effizienz der Milcherzeugung mit Weidehaltung systematisch hinsichtlich der natürlichen Standortbedingungen (z.B. Klima, Bodenart) unterscheidet.

Folgende Forschungsfragen standen im Vordergrund:

- Kann Weidegang wirtschaftlich und effizient sein, auch wenn hierdurch möglicherweise die Milchleistung pro Kuh und Jahr sinken kann?
- Tierwohl: Wie wirkt Weidegang auf Leistung, Verhalten und Tiergesundheit? Wie ist der Zusammenhang zum Tierwohl?
- Wie können Tierwohl und Tiergesundheit in der Effizienzanalyse berücksichtigt werden?
- Welche Rolle spielen Vegetation und Bodenqualität für einen Weideerfolg?
- Wie ist der Beitrag des Weidefutters zur Energie- und Nährstoffversorgung zu bewerten?
- Welche Rolle spielt der Boden für den Weideerfolg? Lässt sich Weidehaltung von Hochleistungskühen mit Ökosystemdienstleistungen vereinbaren?

1.3 Planung und Ablauf des Projekts

Zur Beantwortung dieser Forschungsfragen gliedert sich das Gesamtvorhaben in drei Teilprojekte (TP): Tier, Bodenökologie und Ökonomie. In folgender Übersicht (Abb. 1) ist die Vorgehensweise in ÖKOTAWEK veranschaulicht.

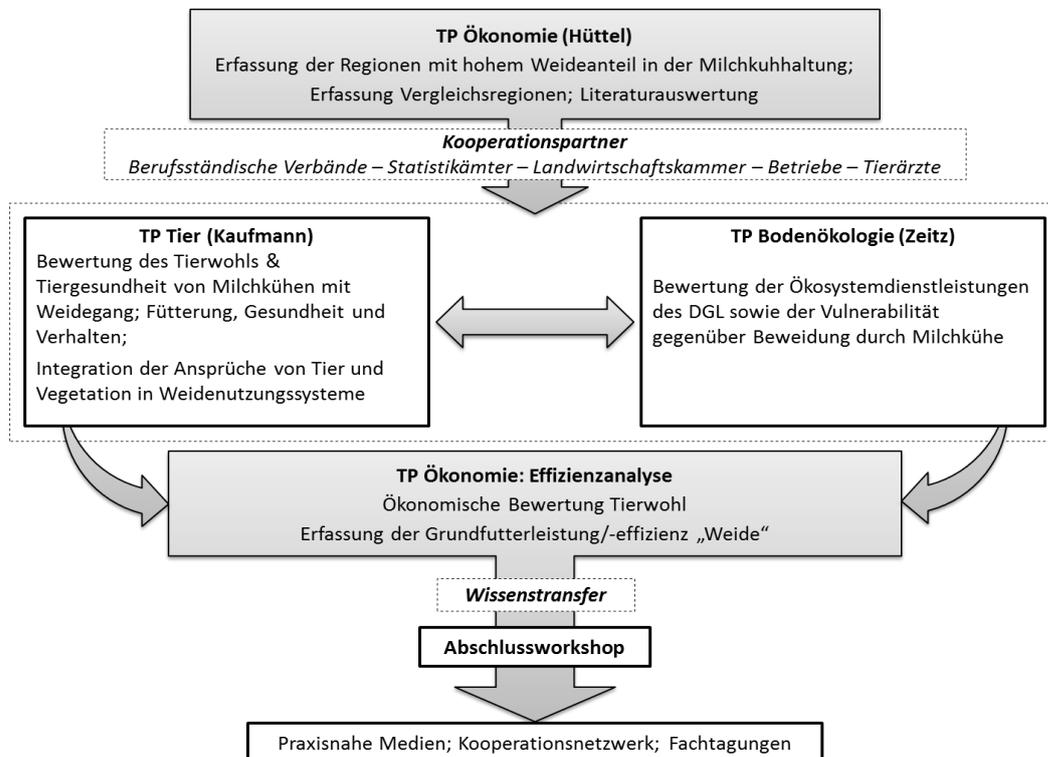


Abbildung 1: Übersicht Struktur ÖKOTAWEK

Der zeitliche Ablauf gliederte sich wie folgt.

Phase 1 (bis Frühjahr 2014): Zu Beginn des Projektes stand die Auswahl der Kooperationsbetriebe nach festgelegten Kriterien. Die Betriebe sollten Milchviehhaltung von Hochleistungskühen mit mindestens 7.500 kg Milch je Kuh und Jahr betreiben und eine Herdengröße zwischen 120 und 700 Kühe haben. Folgende Kriterien wurden bei der Selektion betrachtet: pro Untersuchungsregion mindestens 3 Betriebe mit Weidehaltung unterschiedlicher Intensität, d.h. Stundenweide, Halbtagsweide zwischen den Melkzeiten, verlängerte Weidezeiten jeweils nach dem Melken. Zum Vergleich sollte je Versuchsregion ein Betrieb mit ganzjähriger Stallhaltung geworben werden.

Phase 2 (Frühjahr 2014 bis Frühjahr 2017): In der zweiten Phase des Projektes erfolgte die Datenerfassung auf den Kooperationsbetrieben. In Zusammenarbeit mit den Landwirten wurden betriebsindividuelle Angaben zur Größe, Flächenausstattung, Weidenutzung und Weidemanagement erfasst. Als Grundlage für die ökonomische Analyse wurden die betriebswirtschaftlichen Daten abgefragt und aufbereitet, sowie die Landwirte intensiv zur Arbeitswirtschaft der Betriebe befragt. Im Teilprojekt Tier wurden bei Betriebsbesuchen Parameter zur Tiergesundheit und zum Tierwohl erfasst. Dies erfolgte sowohl während der Weide- als auch während der Stallperiode über zwei Jahre hinweg. Des Weiteren wurden im Teilprojekt Bodenökologie Weideflächen auf den Betrieben intensiv beprobt und deren bodenphysikalischen und bodenchemischen Eigenschaften ermittelt. Zusätzlich wurden der Weideaufwuchs und die Zusammensetzung des Pflanzenbestandes erfasst.

Phase 3 (Frühjahr 2017 bis September 2017): In der letzten Phase erfolgte die Zusammenführung und Analyse der erhobenen Daten, die Spezifizierung des Effizienzmodells sowie die Präsentation der Ergebnisse des Projektes sowie der Kooperationen auf nationalen Workshops sowie nationalen und internationalen Konferenzen.

Projektworkshops:

- 02.03.2016 an der Universität Oldenburg,
- 14.09.2016 am Institut für Tierproduktion der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei M-V,
- 12.07.2017 Abschlussworkshop in Rostock-Warnemünde.

1.4 Kooperation mit anderen Stellen

Im Rahmen des Projekts wurde intensiv mit der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern kooperiert. Diese unterstützte bei der Suche nach Kooperationsbetrieben, die Workshops sowie Betreuung von Graduierungsarbeiten und stellte zudem für die Verbesserung der Effizienzanalyse weitere betriebliche Daten von drei Betrieben zur Verfügung. Zudem bestand eine Kooperation mit dem Arbeitsbereich für landwirtschaftliche Betriebslehre des Instituts für Agrarökonomie der Universität Göttingen unter der Leitung von Prof. O. Mußhoff im Projekt Systemanalyse Milch gefördert durch das Land Niedersachsen. Im Rahmen dieser Kooperation wurde die Effizienzanalyse auf den Datensatz des Projekts Systemanalyse Milch angewendet (Schulte et al. 2017; Hüttel et al. 2017). Die Anwendung konnte durch Erkenntnisse aus ÖKOTAWEK verbessert werden, und die Modellergebnisse dieser Kooperation konnten wiederum in die Effizienzanalyse sowie in die Ergebnisinterpretation in ÖKOTAWEK mit einfließen. Eine weitere Kooperation im Rahmen von Graduierungsarbeiten erfolgte mit der Professur für BWL der Dienstleistungen an der Universität Rostock (Prof. M. Leyer), wodurch die Datenauswertung hinsichtlich Tierwohl aus ökonomischer Perspektive intensiv diskutiert werden konnte.

Das TP Bodenökologie kooperierte mit der Arbeitsgruppe Grünland (Dr. H. Giebelhausen) aus dem Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau am Thae-Institut der HU Berlin. Hierdurch konnte das Design für Geländearbeiten verbessert und eine tiefgründige Diskussion der Ergebnisse unterstützt werden, die durch das Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität Berlin (IASP) zur Verfügung gestellt wurden. Zudem erfolgte eine aktive Beteiligung an allen Workshops sowie eine gemeinschaftliche Betreuung von Graduierungsarbeiten.

1.5 Stand des Wissens

1.5.1 Situation Weidehaltung in Deutschland

Im Jahr 2010 nutzten in Deutschland 45 % der milchviehhaltenden Betriebe Grünland als Weide für Milchkühe. Dies entsprach 1,8 Millionen weidenden Milchkühen (Statistisches Bundesamt 2011). Dabei wurde ca. 44 % der Dauergrünlandfläche beweidet. Der Anteil der weidenden Milchkühe unterscheidet sich jedoch sehr stark regional. So erhielten in Nordrhein-Westfalen rund 82 % der Milchkühe Weidegang, gefolgt von Niedersachsen mit rund 68 % und dem Saarland mit rund 67 %. Den geringsten Anteil an weidenden Milchkühen wiesen mit 15 %

Thüringen und Sachsen auf. Der Anteil der weidenden Milchkühe ist deutschlandweit rückgängig, nach Expertenmeinung ist zu erwarten, dass im Jahr 2025 weniger als 5 % der Milchviehbetriebe den Weidegang nutzen werden. Der Anteil der weidenden Milchkühe werde demnach auf 2 % sinken (Reijs et al. 2013). In den letzten Jahren konnten steigende Milcherträge je Kuh (1996: 5510 kg Kuh⁻¹ Jahr⁻¹, 2010: 7080 kg Kuh⁻¹ Jahr⁻¹) und wachsende Herdengrößen (1960: 5 Kühe Betrieb⁻¹, 2010: 38 Kühe Betrieb⁻¹) beobachtet werden. Dabei wurde festgestellt, dass der Anteil der weidenden Milchkühe mit steigender Herdengröße abnahm (Lassen et al. 2014). Ursächlich wurden hierfür arbeitsorganisatorische Gründe und höhere Anforderungen an das Management (insbesondere Futter) von größeren Herden weidender, hochleistender Kühen vermutet (Lassen et al. 2014; Schick 2001). Eine große Rolle spielten dabei u.a. die langen Triebwege aufgrund fehlender Arrondierung der Grünlandflächen, die ungleichmäßige Nährstoffversorgung auf der Weide und die schwierigere Kontrolle der Futteraufnahme. Im DAFA Grünlandreport (Isselstein und Michaelis 2015) wurde darauf verwiesen, dass sich der Trend von zunehmenden Einzeltierleistungen in größeren Herden bei abnehmendem Weidefutteranteil eher noch verstärken wird. Hierbei wurde der hohe Anspruch an das Grünland als Futterbasis für die ganzjährige Stallhaltung von Milchkühen als wesentlicher Treiber dieser Entwicklung genannt und Forschungsbedarf im Bereich der stabilen Futterbereitstellung durch Schnittnutzung von Grünland manifestiert. Gleichzeitig wurde die reine Schnittnutzung zur Futterkonservierung kritisch hinterfragt, insbesondere vor dem Hintergrund von Tierwohlansprüchen und gesellschaftlicher Akzeptanz. So wurde weidebasierte Milcherzeugung als ein mögliches zukünftiges Produktionssystem vorgeschlagen, um weniger importiertem Kraftfutter zu produzieren. Konkrete Konzepte wurden jedoch nicht aufgezeigt, vielmehr wurde auf den bestehenden Forschungsbedarf im Bereich des Themenkomplexes Grünlandnutzung durch Weide, Biodiversität, Tiergesundheit und Leistung verwiesen.

1.5.2 Effizienzanalyse im Bereich Milchviehhaltung

Die Literatur zu Effizienzuntersuchungen von Milchviehbetrieben ist zahlreich. Effizienz ist als ein relatives Maß zu interpretieren: je höher die Effizienz, desto effizienter setzt der Betriebsleiter die Produktionsfaktoren im Produktionsprozess ein. Je nach Sichtweise ist entweder die maximale Produktionsmenge oder der maximale Erlös für gegebenen Faktoreinsatz oder Kosten gemeint (Outputsichtweise) oder, alternativ, wird untersucht, ob für eine gegebene Produktionsmenge, die Produktionsfaktoren kostenminimal eingesetzt werden (Inputsichtweise).

Lakner et al. (2012) untersuchten die technische Effizienz von ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieben in Deutschland und zeigten, dass ein höherer Weideflächenanteil mit einer höheren technischen Effizienz einherging. Des Weiteren konnten die Autoren große regionale Unterschiede aufzeigen. Indikatoren für Tierwohl oder Tiergesundheit wurden jedoch nicht in der Analyse berücksichtigt. Kellermann und Salhofer (2011) untersuchten die Produktivität von milcherzeugenden Betrieben in Abhängigkeit vom Fütterungsmanagement. Die Autoren zeigten, dass grünlandbasierte Milchviehbetriebe ebenso effizient wirtschaften wie ackerfutterbaubasierte Betriebe. Dartt et al. (1999) zeigten für Betriebe in Michigan, dass Betriebe mit Weidegang im Vergleich rentabler sind, als Betriebe ohne Weidegang. Als Gründe wurden höhere Kapital-, Management- und Arbeitseffizienz der weidehaltenden Betriebe genannt. Jedoch wurden auch hier weder Tierwohl noch Tiergesundheit erfasst noch bei der Bewertung berücksichtigt. Allerdings wurde darauf verwiesen, dass Unterschiede in der Höhe der Tierarztkosten mögliche Ursachen in den unterschiedlich hohen betrieblichen Effizienzmaßen hervorrufen könnten. Winsten et al. (2000a) fokussierten auf die Wirtschaftlichkeit von Fütterungssystemen: Stallfütterung, extensive Beweidung und intensive Beweidung, definiert als eine Koppel pro Tag mit anschließendem Umtrieb. Die Ergebnisse belegten die Bedeutung der Herdengröße, der Leistung pro Kuh sowie der Tierarztkosten für die Wirtschaftlichkeit der Milchviehbetriebe unabhängig vom Fütterungssystem. Winsten et al. (2000b) stellten zudem heraus, dass eine höhere Bildung und bessere Beratung dazu beitragen, dass Betriebe in Zukunft vermehrt auf Weidehaltung setzen werden.

Die direkte Effizienzmessung des Grünlandaufwuchses (auch Grundfuttereffizienz genannt), ausgedrückt durch eine hohe Grundfutterleistung, findet aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit wenig Berücksichtigung. Lediglich die Berücksichtigung von Kosten zur Grundfuttererzeugung ist zu finden (z.B. Alvarez und Arias 2004; Alvarez und del Corral 2010). Alvarez und Arias (2004) definierten die Kosten für innerbetrieblich erzeugtes Grundfutter durch Saatgut-, Dünge- und Siliermittelkosten sowie durch die anfallenden Kosten durch Maschineneinsatz und Löhne. Alvarez und del Corral (2010) nutzten eine ähnliche Definition, bezogen jedoch zusätzlich Kosten für Kraftstoffe in die Kosten zur Grundfuttererzeugung mit ein. Quiroga und Bravo-Ureta (1992) verwendeten einen impliziten Mengenindex (Ausgaben für Futtererzeugung dividiert durch den Preis), um die Grünfuttermenge zu bestimmen; dieser kann jedoch nur annäherungsweise die wirklich gefütterte Menge erfassen. Ein weiterer Ansatz ist bei Dawson (1987) zu finden. Dieser bezog die kalkulatorischen Kosten der Beweidung in die Futterkosten ein.

Ein Vorteil der Weidehaltung ist die vergleichsweise kostengünstige Produktion von Milch (Dillon 2006; Jilg 2008; Kirner 2009). Im Vergleich zur Stallhaltung können Zukauffutter und Maschinen im geringeren Maße eingesetzt werden, was zu einer Reduzierung der damit verbundenen Kosten führen kann. Allerdings kann die Weidehaltung von Hochleistungskühen, in Abhängigkeit von der Ausstattung der Betriebe, höhere Ansprüche an das Management stellen. Dabei können durch lange Triebwege bei unzureichend arrondierten Flächen höhere Arbeitskosten entstehen (Schick 2001). Die fluktuierende Energieversorgung während der Vegetationsperiode kann zudem zu einer verminderten Milchleistung und damit zu Einkommenseinbußen führen. Für ökologisch wirtschaftende Weidebetriebe in Norddeutschland konnten Leisen und Rieger (2011) jedoch zeigen, dass diese überdurchschnittlich wirtschaftlich waren, obwohl sie eine deutlich geringere Milchleistung aufwiesen. Im direkten Vergleich der Stall- und Weidehaltung auf einem Schweizer Betrieb zeigten Gazzarin et al. (2011), dass die Weidehaltung, durch geringere Direktkosten, höhere Erlöse aus dem Kälberverkauf und den Erhalt von Direktzahlungen, ein höheres Einkommen erzielen konnte. Dadurch wies die Milchproduktion mit Weidegang eine geringere Abhängigkeit des Einkommens vom Milchpreis auf.

1.5.3 Zusammenhang Weidegang, Tierwohlfahrt und -gesundheit

Weidegang kann trotz einiger damit verbundener Gesundheitsrisiken wie z.B. einer energetisch unausgewogenen Fütterung bei hochleistenden Kühen (Washburn et al. 2002; Boken et al. 2005) oder einem erhöhten Infektionsrisiko gegenüber bestimmten Krankheiten (Borgsteede und Burg 1982; Verbrugghe et al. 2012), viele positive Effekte auf die Gesundheit und das Tierwohl von Milchkühen haben. Regelmäßiger Weidegang bietet vor allem in Bezug auf Euter- und Klauengesundheit (e.g. Washburn et al. 2002; Hernandez-Mendo et al. 2007; Olmos et al. 2009; Burow et al. 2013) Vorteile gegenüber ganzjähriger Stallhaltung. Einige Studien haben auch gezeigt, dass die Lebens- und Nutzungsdauer der Milchkühe durch Weidegang erheblich verlängert werden kann (Thomsen et al. 2006; Burow et al. 2011).

Darüber hinaus bietet ein Aufenthalt auf der Weide den Tieren oft bessere Möglichkeiten zur Ausübung verschiedener Verhaltensweise als die Stallumgebung. Beispielsweise können Milchkühe auf der Weide sicherer laufen (auch in höheren Gangarten) und solitäre Körperpflege auf dem griffigen Grasboden besser ausführen, als auf den oftmals rutschigen Stallböden (Wlcek und Herrmann 1996).

Das großzügigere Platzangebot auf der Weide bringt mehr Auswahlfreiheit bezüglich der Liegeplätze mit sich und führt so zu längeren ungestörten Liegeperioden (Olmos et al. 2009). Sowohl das Abliegeverhalten als auch die Aufstehvorgänge sind auf der Weide schneller und ungestörter als im Stall (Olmos et al. 2009). Unter Stallhaltungsbedingungen können Liegeboxenbegrenzungen, dicht liegende andere (ranghohe) Kühe und/ oder härtere Liegeflächen (als auf der Weide) einen Einfluss auf das normale Abliege- und Aufstehverhalten haben. Das Platzangebot auf der Weide hat zudem den Effekt, dass agonistische Interaktionen unter den Kühen während des Aufenthalts auf der Weide deutlich reduziert werden (Wierenga 1984; Miller und Wood-Gush 1991). Zudem wird durch die unbegrenzte Anzahl von Liege- und Fressplätzen auf der Weide die Synchronität des Herdverhaltens erhöht (Zeeb, K., Bammert, J. 1985; Krohn et al. 1992). Auch erste physiologische Untersuchungen weisen darauf hin, dass Weidegang eine entspannende Wirkung auf Milchkühe hat (Irrgang und Knierim 2012). Die zeitweise Reduktion von einzelnen Stressfaktoren (z.B. Auseinandersetzungen, gestörte Liegeperioden, etc.) könnte auch ein Grund für die durch Weidegang deutlich erhöhte Lebensdauer bei Milchkühen sein (Burow et al. 2011), da die Vermeidung von Stress, positive Effekte auf die Immunsituation der Tiere haben kann (Dréau et al. 1999; Bailey et al. 2006; Freestone et al. 2008).

1.5.4 Tiergesundheit, Tierwohlfahrt und betrieblicher Erfolg

Tiergesundheit gilt als eine der Grundvoraussetzungen für eine erfolgreiche Produktion, Wirtschaftlichkeit sowie Milchqualität (Karg 1991; McInerney 2004). Erkrankungen der Tiere können mit Minderleistung bspw. aufgrund von Schmerzen einhergehen. Hinzu kommt meist ein tierärztlicher Behandlungsaufwand, welches sich dann in einem möglichen Einkommensverlust niederschlagen kann (Härle 2010). Als erste Annäherung, Tiergesundheit in Effizienzanalysen zu berücksichtigen, kann die Einbindung von Tierarztkosten gesehen werden. Diese Kosten werden zum einen häufig in einer Kategorie „Tierspezifische Kosten“ bspw. zusammen mit Kosten für zugekaufte Tiere (u.a. Abdulai und Tietje 2007; Ahmad und Bravo-Ureta 1996) aggregiert oder gemeinsam mit Kosten für sonstige Produktionsfaktoren verrechnet (u.a. Pierani und Rizzi 2003; Alvarez und del Corral 2010; Lund und Hansen 1993) oder zum anderen als separate Kategorie integriert (u.a. Moreira und Bravo-Ureta 2010).

Bei Mayen et al. (2010) findet sich eine typische Effizienzanalyse, die als wesentlich Produktionsfaktoren die Herdengröße, Grund- und Kraftfutter, Arbeit, Kapital und sonstige Positionen wie Versicherung berücksichtigte, jedoch die Inanspruchnahme eines Tierarztes explizit einbezog und nicht nur als Kostenposition, um unterschiedliche Managementstrategien im Produktionsprozess zu erfassen. Laut Mayen et al. (2010) zeigten die Ergebnisse, dass konventionell

wirtschaftende Betriebe im Vergleich zu ökologisch wirtschaftenden Betrieben vermehrt einen Tierarzt in Anspruch nehmen: während 70 % der konventionellen Betriebe regelmäßig einen Tierarzt in Anspruch nehmen, sind es bei den ökologischen nur 39 %. Rückschlüsse auf die tatsächliche Tiergesundheit waren jedoch schwierig. Neben einem Vergleich zwischen konventionell und ökologisch wirtschaftenden Betrieben berücksichtigten Mayen et al. (2010) in ihrer Untersuchung zudem den Anteil der Weidehaltung, jedoch ließen sich nur Unterschiede zwischen ökologischen und konventionell wirtschaftenden Betrieben hinsichtlich der Produktivität festmachen; ein Effekt oder ein systematischer Unterschied je nach Weidedauer konnte nicht gezeigt werden. Die Autoren zeigten jedoch, dass die ökologisch wirtschaftenden Betriebe ihrer Stichprobe eine geringere Produktivität aufzeigten. Die Weidefläche je Tier war bei den untersuchten ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Durchschnitt dreimal so hoch im Vergleich zu den konventionellen Betrieben. Eine jüngst erschienene Metastudie zum Vergleich betrieblicher Produktivität und Effizienz zwischen ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben ist bei Lakner und Breustedt (2017) zu finden. Allendorf und Wettemann (2015) verwendeten einen zweistufigen Ansatz. In einem ersten Schritt wurde die Effizienz der Betriebe klassischerweise mit Futter, Tierarzt, Arbeit und Abschreibungskosten sowie Milchquotenkosten als Inputs und Milcherlösen als Outputs gerechnet. Im zweiten Schritt wurde dann der Zusammenhang zwischen den errechneten Effizienzwerten und Indikatoren für Tiergesundheit und Tierwohlfahrt wie Milchinhaltsstoffe, Verlustrate oder Zwischenkalbezeit und betrieblichen Charakteristika wie Herdengröße aber auch Weidezugang untersucht. Die Autoren fanden keinen Zusammenhang zwischen technischer Effizienz und den genannten Indikatoren. Dieses Ergebnis muss vor dem Hintergrund der geringen Stichprobe (105 Betriebe) und der relativ ungenauen Abbildung der Tiergesundheit bzw. der Tierwohlfahrt kritisch betrachtet werden. Die Autoren fanden zudem keinen statistisch abgesicherten Zusammenhang zwischen Weidegang, Tierwohl und Effizienz. Auch hier müsste das Ergebnis vor dem Hintergrund der verwendeten Maße für Tierwohl und Tiergesundheit kritisch hinterfragt werden.

Analysen zum Zusammenspiel von Stoffwechselerkrankungen, Fieber, Mastitis und technischer Effizienz sind bei Lawson et al. (2004) und Hansson et al. (2010) zu finden. Lawson et al. (2004) stellen fest, dass die technische Effizienz sinkt, wenn die Häufigkeit von Milchfieber steigt. Die Interaktion zwischen Lahmheit als Indikator für Tierwohl und technischer Effizienz wurde u.a. von Barnes et al. (2011) für britische Milchviehbetriebe untersucht. Ihre Methode weicht von den zwei vorher genannten Quellen ab, da sie die Lahmheit direkt als zu kontrollierende und zu minimierende Größe im Optimierungsproblem berücksichtigt. Ihre Ergebnisse zeigen, dass Betriebe mit weniger als 10 % lahmen Tieren technisch effizienter sind als

solche mit mehr als 10 % lahmen Tieren. Alle untersuchten Betriebe gewährten Weidegang während des Sommers und Stallhaltung im Winter; die Studie führt jedoch keine gesonderten Analysen zum direkten Zusammenhang von Effizienz und Weidehaltung durch.

Eine der wenigen Ausnahmen, die die langfristige Tiergesundheit aus Kostensicht zu untersuchen, ist in Härle (2010) zu finden. Ziel seiner Arbeit war, die Zusammenhänge der Leistungs- und Kostenstruktur und der Tiergesundheit bayerischer Milchviehbetriebe zu analysieren. Dabei wählte er als Parameter für Tiergesundheit u.a. die Milchezellzahl für die Eutergesundheit, sowie Milchinhaltsstoffe wie den Fett-Eiweiß-Quotienten für die Stoffwechsellage. Seine Ergebnisse zeigen u.a., dass das kalkulatorische Betriebszweigergebnis mit sinkender Reproduktionsrate steigt. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Eutergesundheit und ökonomischen Kenngrößen konnte nicht nachgewiesen werden. Dies führt er u.a. darauf zurück, dass die von ihm untersuchten Betriebe sehr ähnlich hinsichtlich ökonomischer Kenngrößen, Milchleistung und Herdengröße waren. Darüber hinaus kann hier kritisiert werden, dass die Tiergesundheit nicht direkt, sondern vielmehr auf Eutergesundheit reduziert wurde. Wichtige Verhaltensparameter als Indikatoren für Wohlbefinden wurden ebenso nicht berücksichtigt.

1.5.5 Bodenökologie und Grünlandertrag

Grünlandstandorte erfüllen eine Vielzahl an Landschaftsfunktionen. Neben der Bereitstellung von kostengünstigem und natürlichem Futter für die Viehhaltung gehören zu den wichtigsten Ökosystemleistungen des Grünlandes Wasserregulationsfunktionen und Bodenerosionsschutz, zudem der Schutz biotischer Ressourcen über den Erhalt und Erhöhung der Biodiversität und das Potenzial zur Klimaregulierung über vermehrte Kohlenstoffspeicherung. Wie sich diese Ökosystemleistungen auf intensiv genutzten Weidestandorten mit steigender Trittbelastung verändern und welchen Einfluss die Standortbedingungen haben, war bisher wenig Gegenstand der Forschung.

Verschiedene Studien ließen vermuten, dass durch den höheren Umsatz von Feinwurzeln, vermehrter Rhizodeposition und durch den Eintrag von Exkrementen die Kohlenstoffspeicherung unter Grünland größer ist, als unter Ackernutzung (Schuman et al. 1999, Soussana et al. 2004, Chen et al. 2009). Conant et al. (2001) werteten 115 Einzelstudien aus und zeigten, dass sich die Kohlenstoffkonzentration als auch der gesamte Kohlenstoffgehalt im Boden bei Konversion aus anderen Nutzungen in Grünland und unter Managementverbesserungen in 75 % der Fälle stark erhöht.

Als Folge der Trittbelastung durch die Kühe ist mit einer Verdichtung der obersten Bodenschichten und Verletzungen der Grasnarbe zu rechnen, die häufig zu einer Verringerung der Erträge führt (Pande et al. 2000, Martínez und Zinck 2004, Menneer et al. 2005, Drewry et al. 2008). Im Hinblick auf die Wirkung der Trittbelastung wird zwischen den Prozessen „compaction“, „pugging“ und „poaching“¹ unterschieden (Bilotta et al. 2007), von denen jedoch nur die beiden erstgenannten im Fokus der Forschung stehen. „Compaction“ beschreibt dabei den Vorgang der klassischen Verdichtung bei geringer Bodenfeuchte, also einer Erhöhung der Lagerungsdichte ohne nennenswerte Zerschering des Gefüges (vgl. Abbildung 2).

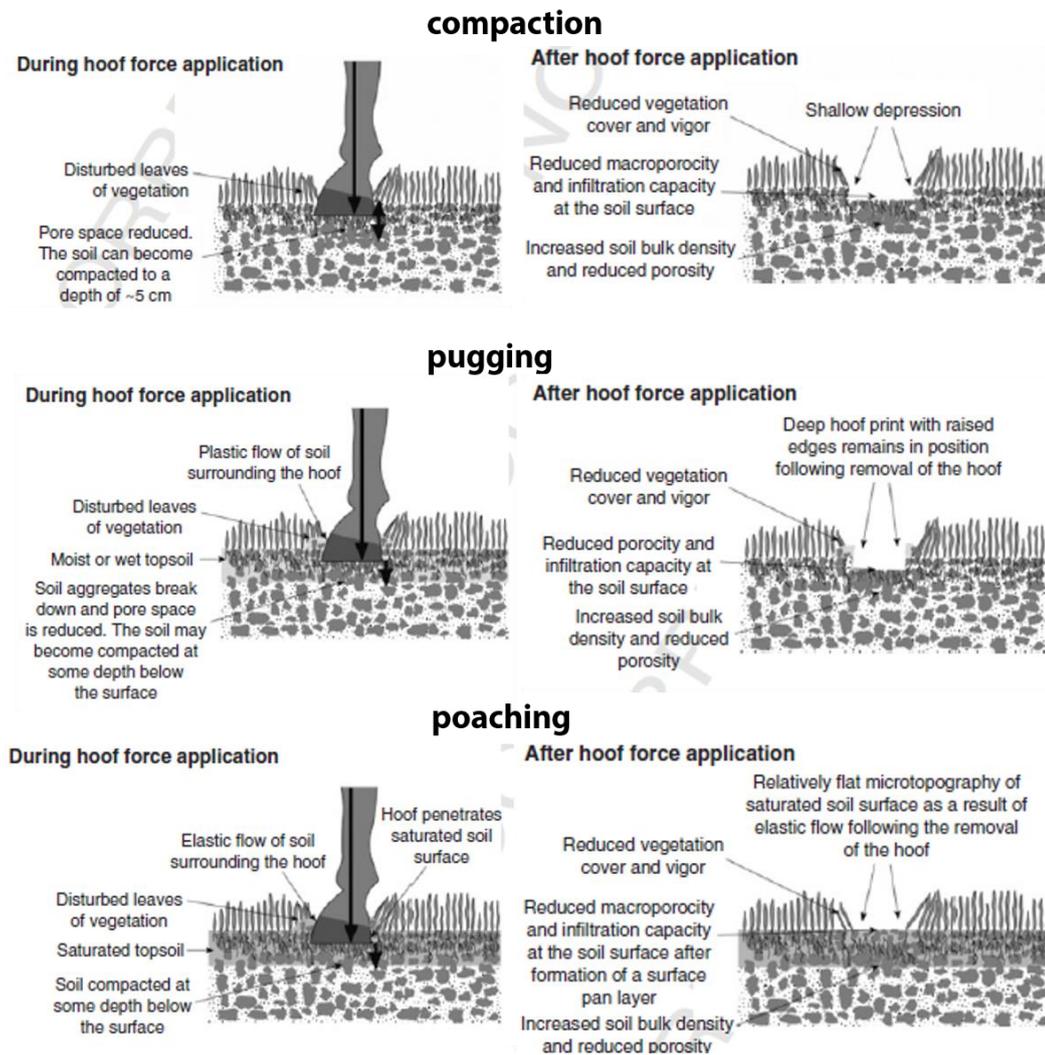


Abbildung 2: Prozesse der Verdichtung durch Trittbelastung (Bilotta et al. 2007)

¹ Da diese Prozesse der Trittwirkung in der deutschsprachigen Literatur nicht differenziert beschrieben sind und eine direkte Übersetzung nicht möglich ist, werden hier die englischen Begriffe verwendet.

Als Folge der Verdichtung ist mit einem abnehmenden Porenvolumen zu rechnen, wobei hier vor allem der Anteil weiter Grobporen betroffen ist (Singleton und Addison 1999, Opitz von Boberfeld et al. 2007). „Pugging“ beschreibt im Gegensatz dazu den Prozess, bei dem die Tritte der Tiere bei höherer Bodenfeuchte tiefe Abdrücke im Boden hinterlassen. Dabei kommt es zu einem Herauspressen von Bodenmaterial an den Seiten. Als Folge der Zerknüpfung des Bodengefüges ist mit einer Unterbrechung der Porenkontinuität (Luft und Wassertransport), jedoch nicht unbedingt mit einem abnehmenden des Porenvolumens zu rechnen. Zusätzlich führt „pugging“ zu einem Vergraben und Verschmutzen von Pflanzenteilen. Besonders letztgenannte Prozesse können in der Fläche betrachtet erheblich zur Ertragsminderung beitragen (Menneer et al. 2005). „Poaching“ findet schließlich bei sehr hoher Bodenfeuchte statt und beschreibt eine elastische Bodenverformung mit Zurückfließen des Bodenmaterials in die Vertiefungen der Klauenabdrücke (Bilotta et al. 2007).

Zur Abschätzung der Wirkung des „pugging“ untersuchte Mattern (2009), inwieweit die Trittschäden durch die Schaffung von offenen Bodenflächen bei Winterweide Etablierungsmöglichkeiten für unerwünschte Arten mit geringem Futterwert eröffnen. Der Studie zufolge wird die Vegetationszusammensetzung durch einzelne Weidegänge und folglich moderaten Trittschäden nicht verändert. Erst bei wiederholten Weidegängen und einer Lückigkeit von mehr als 75 % kam es zu Vegetationsveränderungen und einem höheren Anteil von Arten mit geringerem Futterwert, sowie Verdichtungsanzeigern.

Menneer et al. (2005) konnten durch unterschiedlich lange Beweidungsversuche bei gesättigten Bodenverhältnissen zeigen, dass Ertragsrückgänge stark von der Beweidungsdauer abhängen und verschiedene Weidekulturen einen Einfluss auf den Ertrag haben. In dem Versuch führten Beweidungen über 1,5 Stunden zu moderaten Trittschäden, während eine 2,5-stündige Beweidung starke Trittschäden verursachte. Bei einer gemischten Weidevegetation aus Weidelgras und Klee auf einem drainierten Lehmboden konnten Ertragsrückgänge von 16 % bei moderaten Trittschäden und 34 % bei sehr starken Trittschäden quantifiziert werden. Dabei reagierten die Gräser und Leguminosen signifikant unterschiedlich auf die Tritteinwirkung. Während die Ertragsanteile aus Weidelgras nur um 9 % zurückgingen und 50 Tage zur Erholung brauchten, betrug die Rückgänge beim Klee 52 % und erholten sich erst nach 156 Tagen. Pande et al. (2000) konnten ebenfalls eine starke Verringerung des Grünlandertrages durch Puggingschäden nach einmaliger Winterbeweidung bei einer Mischvegetation aus Weidelgras (*Lolium perenne*), Straußgras (*Agrostis capillaris*) und Honiggras (*Holcus lanatus*) in Höhe von 38-46 % feststellen.

Im Gegensatz zur Wirkung des „pugging“ gab es zur Auswirkung von „compaction“ nur relativ wenige Informationen in der Literatur. Martínez und Zinck (2004) verglichen die Ertragsrückgänge in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer unter tropischen Klima-, Boden- und Vegetationsbedingungen. Dabei konnten sie einen verdichtungsbedingten Ertragsunterschied von 35-60 % (in Abhängigkeit von der Bodenart) bei neunjähriger Weidenutzung im Vergleich zu drei Jahre genutzten Weiden feststellen. Kelly (1985) konnte aufgrund von Verdichtungen durch „compaction“ in verschiedenen Versuchsjahren Ertragsrückgänge zwischen 6-12 % und Drewry und Paton (2000) zwischen 12-39 % ermitteln. Die Spannweite der Ertragsrückgänge war auch hier auf die Beweidungsintensität, den Bodentyp und die Drainagebedingungen zurückzuführen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich zu den Auswirkungen von Verdichtungen unter weidewirtschaftlicher Nutzung, im Gegensatz zu Auswirkungen der Befahrung bei ackerbaulicher oder forstlicher Nutzung, nur wenige Studien finden lassen. Zudem wurden die Analysen häufig in Regionen mit spezifischen Vegetations-, Klima- und Bodenverhältnisse sowie anderen Weidemanagementsystemen durchgeführt, sodass deren Ergebnisse nur bedingt auf die hiesigen Verhältnisse übertragbar sind.

Die meisten Analysen bezogen sich auf die Wirkung des „puggings“, während ein Defizit in der Beurteilung des „compactions“ bestand. Versuche mit mechanischen Trittsimulationen zeigten, dass allein die Veränderungen der Bodenphysik beim Betreten erhebliche Ertragsminderungen nach sich ziehen (Di et al. 2010, Drewry et al. 2001). Die Makroporosität ist ein sehr guter Indikator für die Bodenfruchtbarkeit und reagiert zugleich sehr sensibel auf Veränderungen aufgrund von Verdichtung (Ball et al. 2007). Opitz von Boberfeld et al. (2007) wiesen einen signifikanten Rückgang der Makroporosität auf Weideflächen in bis zu 20 cm Tiefe nach. Es stellt sich die Frage, ob aus dem Zusammenhang zwischen den Erträgen der Weideaufwüchse und dem Anteil weiter Grobporen Rückschlüsse auf das Ertragspotential gezogen werden können. Gradwell (1965) wies für Weidelgras einen optimalen Volumenanteil an Makroporen von 6-10 % nach. Da die Werte jedoch mit Keimlingen in Topfversuchen ermittelt wurden, sind sie nur eingeschränkt auf Weiden übertragbar. Einen geeigneteren Referenzwert lieferten Drewry und Paton (2000) sowie Drewry et al. (2001). Letztere ermittelten Ertragseinbrüche bei einem Volumenanteil der Makroporen von 9-11 % in einem einjährigen Versuch unter neuseeländischen Klima- und Bodeneigenschaften.

1.5.6 Weidehaltung im Förderkontext

In Deutschland wird Weidehaltung im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" (GAK) durch die Bundesregierung gefördert. Diese ist ein wesentliches Element der Nationalen Strategie für die Entwicklung ländlicher Räume. Im GAK-Rahmenplan ist diese Förderung im Förderbereich 4 (Markt- und standortangepasste Landbewirtschaftung) in der Maßnahmengruppe F – „Besonders tiergerechte Haltungsverfahren“ – verankert (BMEL 2015). Daneben findet eine Förderung der Weidehaltung durch die einzelnen Bundesländer statt. So sieht z.B. der Änderungsantrag zum Entwicklungsprogramm für den ländlichen Raum Mecklenburg-Vorpommern 2014-2020 eine Förderung der Sommerweidehaltung vor. Es ist vorgesehen, dass Landwirte 60 € Fördermittel je Jahr und Kuh erhalten, wenn sie den Tieren zwischen 1. Mai und 30. November für fünf Monate zusammenhängenden, täglichen Weidegang ermöglichen (MLUV M-V 2016).

Im Rahmen eines Zusammenschlusses mehrerer Branchenverbände in Niedersachsen sowie Organisationen bzw. Vertreter der Milchwirtschaft wurde eine Weidecharta entwickelt.² Deren erklärtes Ziel ist es, Weidehaltung von Milchkühen als relevanter Bestandteil der norddeutschen Produktionssysteme aufrechtzuerhalten. Mit Ziel fünf wird im Rahmen dieser Charta direkt die Wirtschaftlichkeit von Weidehaltung angesprochen, insbesondere mit der damit verbundenen erfolgreichen Grünlandnutzung. So besteht das Ziel darin, Grünland weiterhin wertschöpfend zu nutzen und neben der Futterwirtschaft auch gesellschaftliche Leistungen wie ein Landschaftsbild zu erbringen. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass neben den betriebswirtschaftlichen auch die ökologischen und die Tierwohlaspekte in eine ökonomische Analyse mit einfließen müssen, um die nachhaltige Rentabilität des Systems Weidehaltung zu beurteilen.

2 Material und Methoden

2.1 Auswahl der Kooperationsbetriebe

Im Rahmen des Projektes wurden detaillierte betriebswirtschaftliche, grünland- und tierwohlspezifische Daten auf acht Kooperationsbetrieben in Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg

² Weitere Informationen sind hier zu finden: <http://www.proweideland.de/> (zuletzt geprüft am 04.02.18).

und Niedersachsen erhoben. Die möglichen Kooperationsbetriebe in Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg wurden im April 2014 besichtigt. Kontakte zu repräsentativen Betrieben in Niedersachsen wurden durch die Landwirtschaftskammer Niedersachsen und durch niedersächsische Beratungsringe hergestellt. In Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg wurden Betriebsadressen durch die Kooperation mit der Landesforschungsanstalt M-V vermittelt. Die ersten sondierenden Betriebsbesuche erfolgten im Herbst 2014. Nach Abschluss der Besichtigungsphase erfolgte in einem nächsten Schritt die Evaluation der Betriebe hinsichtlich ihrer Eignung für die On-Farm Analysen. Für die Auswahl als Kooperationsbetrieb standen folgende fachliche Kriterien im Vordergrund:

- >100 Milchkühe, Hauptbestand Holstein Friesian,
- melkende Kühe gehen auf die Weide,
- >8000 kg Milch/Kuh und Jahr,
- Daten der Milchleistungsprüfung (MLP) müssen vorhanden sein,
- Boxenlaufstall,
- kein automatisches Melksystem,
- Jahresabschlüsse und Betriebszweigabrechnungen müssen verfügbar sein.

Ausgehend von diesen Kriterien wurden je vier Betriebe in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern sowie in Niedersachsen selektiert, darunter jeweils ein Stallbetrieb.

2.2 Standorte

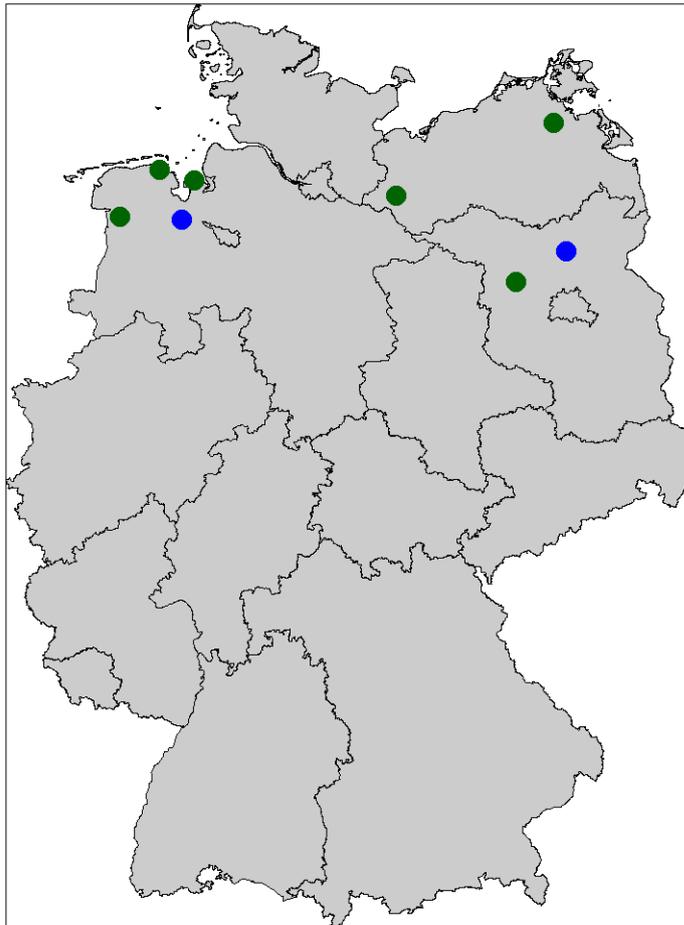


Abbildung 3: Standorte der Weidebetriebe (grün) und Stallbetriebe (blau) die mit dem Projekt kooperierten

Den ersten Schritt zur Beantwortung der Forschungsfragen bildete die Aufnahme und Analyse der z.T. unterschiedlichen Standorteigenschaften innerhalb der Betriebe und die anschließende Auswahl geeigneter Untersuchungsflächen; Tabelle 1 gibt einen Überblick zu den wichtigsten Standorteigenschaften der Betriebe.

Tabelle 1: Aus den Befragungen der Landwirte und Kartenmaterial abgeleitete Standorteigenschaften der Untersuchungsflächen

Betrieb	1	2	3	6	7	8
zeitliche Begrenzung des Weidengangs der Hochleistungsgruppe*	Halbtagsweide	Halbtagsweide	Ganztagsweide	Stundenweide	Halbtagsweide	Halbtagsweide
Größe der Untersuchungsfläche	4,6 ha	7,6 ha	10,5 ha	6,4 ha	1,5 ha	3,9 ha
tägliche Beweidungsdauer der Untersuchungsfläche	8 h	8,5 h	22 h	24 h	8 h	16 h
Bodenart des Oberbodens**	Schluffton-Tonschluff	lehmiger Sand	humoser Sand	anlehmiger Sand - lehmiger Sand	Schluffton	Schluffton
Bodentyp***	Kalkmarsch	Parabraunerde-Pseudogley	übersandetes Erdniedermoor	Parabraunerde-Pseudogley	Kleimarsch	Knickmarsch unterlagert von Hochmoor
Grundwasserbeeinflussung	ja	nein	ja	nein	ja	ja
Hauptbestandbildner der Weidevegetation	<i>Lolium p.</i>	<i>Lolium p.</i>	<i>Lolium p.</i>	<i>Lolium p.</i>	<i>Lolium p.</i>	<i>Lolium p.</i>

Anmerkung: *Klassifizierungen der Weidenutzung basieren auf Begriffsdefinitionen nach Voigtländer/Jacob (1987)**Bodenarten Niedersachsen: automatisierte, regelbasierte Übersetzung der Bodenschätzungsdaten nach KA4 (Niedersächsisches Bodeninformationssystem (NIBIS)), Bodenarten Mecklenburg-Vorpommern: Reichsbodenschätzung, Bodenart Brandenburg: eigene Profilsprache. ***Bodentypen Niedersachsen: Bodenübersichtskarte 1:50.000, Bodentypen Mecklenburg-Vorpommern: Bodenübersichtskarte 1:500.000, Bodentyp Brandenburg: eigene Profilsprache.

Die Weideflächen unterliegen in allen Betrieben einer Intensivnutzung. Die Vegetation wird folglich durch die jährlichen Nachsaaten und andere Weidemanagementmaßnahmen nahezu vollständig durch *Lolium perenne* gebildet.

Die Auswahl der Untersuchungsflächen innerhalb der betrieblichen Weideflächen erfolgte nach den folgenden Kriterien:

- ganzjährige Nutzung als Weidefläche ohne Schnittnutzung,
- Nutzung als Weidefläche für die Hochleistungsgruppe,
- langjährig gleichbleibende Weidenutzung und Weidemanagement,
- letzter Grünlandumbruch vor max. 10 Jahren,
- größtmögliche Nähe zu Referenzflächen unter nicht versetzten Zäunen (0-Variante), um weitere Störgrößen zu vermeiden,
- größtmöglicher Ausschluss von Störvariablen für die Messungen, wie Befahrung durch schwere landwirtschaftliche Geräte, anthropogene Bodenveränderungen, Reliefheterogenitäten, Heterogenitäten im Grundwassereinfluss, Heterogenitäten in der Mächtigkeit einflussgebender Bodenhorizonte z.B. von Knickschichten bei den Marschböden.

2.3 Datenerfassung Boden und Grünlandaufwuchs

2.3.1 Kartierung der Trittbelastung

Es wurde davon ausgegangen, dass die Trittbelastung durch Weidetiere zu unterschiedlichen Effekten auf zwei Skalenebenen führt. Zum einen sind unterschiedliche Effekte auf Skala der Betriebsstandorte durch die verschiedenen Standortfaktoren zu erwarten gewesen. Zum anderen sollte auf der Skala einzelner Koppeln die unterschiedliche räumliche Belastungsintensität aufgrund von präferenziellen Aufenthaltsorten der Kühe auf der Weide berücksichtigt werden. Um letzteres zu berücksichtigen wurden die Untersuchungsflächen jedes Standortes zunächst in 4 Trittbelastungsklassen differenziert. Die Arbeit mit Belastungsklassen lehnte sich in Teilaspekten an die Arbeiten von Singleton und Addison (1999) sowie von Singleton et al. (2000) an. Eine Besonderheit des Vorgehens lag darin, diese Klassen innerhalb einzelner Koppeln durch eine Kartierung zu selektieren und zwischen 4 Belastungsstufen zu unterscheiden. Für diesen Zweck wurde ein eigener Kartierschlüssel entwickelt (siehe Tabelle 2), da die bestehenden Weidekartierschlüssel, wie beispielsweise der von Lederbogen et al. (2004) verwendete Boniturschlüssel der Verbissintensität für die Fragestellung nicht zielführend war.

Der entwickelte Kartierschlüssel berücksichtigte 3 Indikatoren:

1. Narbenlückigkeit, 2. Deckungsgrad von trittanzeigenden Pflanzenarten und 3. das Vorhandensein deutlich sichtbarer Klauenabdrücke mit einhergehenden Narbenverletzungen. Als Zeigerpflanzen wurden solche mit der höchsten Trittschadenszahl auf der von Briemle et al. (2002) entwickelten 9-stufigen Skala verwendet. Als Zeigerpflanzen dienten Arten der Trittschadenszahl 9: *Agrostis stolonifera*, *Matricaria discoidea*, *Plantago major*, *Poa annua*, *Polygonum aviculare* agg und *Potentilla anserina*. Als Vergleichsvariante ohne jegliche Trittschädigung dienten Bereiche unter seit mehreren Jahren nicht mehr versetzten Weidezäunen. Für diese Bereiche konnte eine vollständige Erholung des Bodens von früheren Trittschädigungen angenommen werden (Drewry 2006).

Tabelle 2: Kartierschlüssel für die definierten Trittschadensklassen

Trittschadens- kategorie	Indikatoren	Bildbeispiel
nicht betreten [N]	Lage unter Weidezaun	
durchschnittliche Trittschädigung [D]	Narbenlückigkeit < 10 %; Deckungs- grad Trittschadenszeiger <10%, kaum Trittschädigung am Mikrorelief erkennbar	
erhöhte Trittschädigung [E]	Narbenlückigkeit > 10 %; Deckungs- grad Trittschadenszeiger >10%; Trittschädigung deutlich am Mikrorelief erkennbar	
sehr hohe Trittschädigung [S]	Narbenlückigkeit > 50 %; Deckungs- grad Trittschadenszeiger > 50%	

Die Kartierung erfolgte im Herbst 2014 und Frühjahr 2015, d.h. direkt vor oder nach der Weideperiode, da zu diesen Zeitpunkten bei gleichmäßig niedriger Vegetationshöhe die Trittbelastungen am klarsten und vergleichbarsten erkennbar sind. Die so erhobenen Daten wurden anschließend in einem GIS digitalisiert und die Flächenanteile berechnet

2.3.2 Bodenphysik und Bodenchemie

Für die Bewertung der bodenphysikalischen Veränderungen wurden ungestörte Proben mit Stechzylindern in 3 Bodentiefen von 0-5 cm, 5-10 cm und 10-15 cm entnommen (Abbildung 4). Die Auswahl der Bodentiefen im Abstand von 5 cm und bis in eine Gesamttiefe von 15 cm geschah in Anlehnung an bereits vorhandene Forschungsergebnisse zur Verdichtungswirkung durch Beweidung mit Rindern. Diese haben gezeigt, dass die Trittbelastung aufgrund der geringen Fläche der Klauen, bei gleichzeitig sehr hohem Kontaktflächendruck, nicht so tief



Abbildung 4: Aufbau des Untersuchungsplots für die Entnahme der Bodenproben

abgeleitet wird wie bspw. durch die Befahrung mit landwirtschaftlichen Maschinen und sich hauptsächlich in dieser Bodentiefe bemerkbar machen (Singleton et al. 2000).

Es wurden insgesamt 3 der 6 Weidestandorte intensiv auf ihre bodenphysikalischen und –chemischen Eigenschaften untersucht. Die Auswahl der drei Betriebe basiert zum einen auf ihre unterschiedliche geografische Lage und den damit zusammenhängenden klimatischen Einflüssen. Zum anderen unterscheiden sich diese Standorte aufgrund ihrer bodenkundlichen Voraussetzungen. Untersucht wurden ein Knickmarschstandort unterlagert von Hochmoor in Niedersachsen (Betrieb 8), ein Parabraunerde-Pseudogley in Mecklenburg-Vorpommern (Betrieb 2) und ein übersandetes Erdniedermoor in Brandenburg (Betrieb 3).

Betrieb 2 und Betrieb 8 wurden im Herbst 2014 bzw. 2015 in den kartierten Bereichen der 4 Trittbelastungsklassen jeweils an 15 Messpunkten (Plots) untersucht, d.h. 60 Plots je Betriebsstandort. Die Auswahl der Plots innerhalb der kartierten Grenzen der Trittbelastungsklassen erfolgte nach dem Zufallsprinzip. Von diesen 15 Plots wurde aufgrund des unterschiedlichen Aufwandes der Untersuchungen und vorhandenen Kapazitäten der Labormesseinrichtungen je

nach Zielparameter eine unterschiedliche Anzahl von Plots untersucht. Für die Bestimmung der Wasserretentionskurve wurden jeweils 4 Plots je Trittbelastungsklasse beprobt, um eine ausreichende Datenbasis für die spätere Varianzanalyse zu gewährleisten. Dabei wurden in jeder der 3 Bodentiefen jeweils 5 ungestörte Bodenproben mit Stechzylinder gemäß DIN ISO 11 272 mit einem Volumen von 100 cm³ als Wiederholungen entnommen. Insgesamt wurden hier pro Untersuchungsstandort 240 Einzelmessungen durchgeführt. Für den Parameter Trockenrohdichte wurden alle 15 Plots je Klasse mit jeweils 3 technischen Wiederholungen beprobt (insgesamt 540 Proben). Für die Bewertung der bodenchemischen Veränderungen wurden an jeweils 4 Plots in jeder Bodentiefe je eine Mischprobe entnommen, d.h. 48 Proben pro Untersuchungsstandort. Alle untersuchten Parameter und die genutzte Methode sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Voruntersuchungen am Standort 3 haben gezeigt, dass der Kohlenstoffgehalt in den obersten 15 cm des Bodens räumlich und damit auch zwischen den Trittbelastungsklassen stark schwankt. Unterschiede zwischen den Trittbelastungsklassen in Bezug auf die untersuchten Parameter wären daher nicht eindeutig auf die Trittintensität zurückzuführen, sondern von dem Einfluss der organischen Substanz auf die Ausprägung der betrachteten Parameter überlagert gewesen. Der Schwankungsbereich des Humusgehaltes lag zwischen 9 % und 34 %. Ursache für den heterogenen Kohlenstoffgehalt in der Fläche sind historische Sandaufschüttungen im Eingangsbereich (siehe Abbildung 5). Sand wurde als Teil von Meliorationsmaßnahmen großflächig aufgebracht und diente damit der Kultivierung der hier vorliegenden Niedermoorfläche. Die Bodenart schwankt zwischen humosem Sand, über anmoorigen Sand bis Torf. Ein Teil der Fläche ist, aufgrund des anthropogenen Eingriffs, bodenkundlich als Sanddeckkultur anzusprechen. Zwecks der Vergleichbarkeit wurden die Felduntersuchungen am Standort 3 nur auf der Fläche der Sanddeckkultur durchgeführt.

Standort 3 wurde sowohl im Frühjahr 2016 als auch im Herbst 2016 beprobt. Mit Hilfe von Metallplatten wurde die Beprobung derselben Untersuchungspunkte sichergestellt, wobei im Herbst der Plot um einen Meter versetzt wurde. Die Wiederholung der Probeentnahme diente der Untersuchung des Effektes einer einzelnen Weideperiode. Im Weiteren stellte die Herbstbeprobung die Vergleichbarkeit zu den beiden anderen beprobten Standorten sicher, da diese ebenfalls am Ende der Weideperiode untersucht wurden. Die Klasse „N“ wurde aufgrund des nicht zielführenden Vergleiches mit einem „natürlichen Zustand“ (ausführlicher in 3.1) nicht mit beprobt. Nach Ausschluss der Klasse „N“ und Anpassung an die Anforderungen des ge-

wählten statistischen Analyseverfahrens der Hauptkomponentenanalyse erfolgten die Untersuchungen mit einem reduzierten Stichprobenumfang. Am Standort 3 wurden daher 4 Plots in 3 Trittbelastungsklassen untersucht, d.h. insgesamt 12 Plots mit gleicher Wiederholung.

Tabelle 3: Übersicht der Labormethoden

Parameter	Methode	Gerät	Referenz
Gesamtkohlenstoff (Ct)	Trockene Verbrennung; Doppelbestimmung	Elementanalysator vario max CNS (Elementar Analysysteme GmbH)	DIN ISO 10 694
Gesamtstickstoff (Nt)	Trockene Verbrennung; Doppelbestimmung	Elementanalysator vario max CNS (Elementar Analysysteme GmbH)	DIN ISO 10 694
organischer Kohlenstoff (Corg)	Trockene Verbrennung; Doppelbestimmung	Elementanalysator vario MAX C (Elementar Analysysteme GmbH)	VDLUFA 4.1.3.2.
Doppellaktatlöslicher Phosphor	Calcium-lactat-Methode (Doppellactat);	Continous Flow Analyser (CFA)	LUFABd.I
Doppellaktatlösliches Kalium	Doppelbestimmung	Atomabsorptionsspektroskopie (AAS)	6.2.1.2
pH-Wert	Calcium-Chlorid-Methode; Doppelbestimmung	pH-Meter	DIN 19684
Wasserretentionskurve	Unterdruckmethode; 5-fache Wiederholung	pF-Apparatur 08.01; pF-Apparatur 08.02.SA (Typ Eijkelkamp)	DIN EN ISO 11274
Luftkapazität (LK); nutzbare Feldkapazität (nFK)			
Trockenrohddichte (TRD)	Stechzylinderverfahren; 3-fache Wiederholung	Trockenschrank Umluft T 6060 (Heraeus Holding GmbH)	DIN EN ISO 11 272
Textur	Bestimmung der Gewichtsanteile nach Vorbehandlung mit Natriumpyrophosphat	-	DIN 19 683



Abbildung 5: Ergebnis der Kartierung der drei untersuchten Trittbelastungsklassen am Standort 3 und die zugehörigen beprobten Plots. Der rote Rahmen markiert den Bereich der Sanddeckkultur.

2.3.3 Berechnung des Bodenkohlenstoffspeichers

Die Berechnung des Kohlenstoffspeichers ist für die beiden intensiv beprobten Standorte 2 und 8 erfolgt. Im April 2016 wurde am Standort 2 zusätzlich eine an die Grünlanduntersuchungsfläche angrenzende Fläche unter Ackernutzung zu Vergleichszwecken untersucht. Auch hier wurden 15 Untersuchungsplots angelegt und nach dem gleichen Probenentnahmedesign (drei Tiefenstufen, dreifache statistische Wiederholung und zusätzlich Entnahme einer repräsentativen Mischprobe für Elementar- und Texturanalysen) beprobt.

Der Bodenkohlenstoffvorrat wurde über die Trockenrohddichte (TRD) und der Konzentration an organischem Kohlenstoff (C_{org}) mittels nachfolgender Gleichung für die Fläche eines Hektars berechnet.

$$C_{\text{org}}[\text{t ha}^{-1}] = C_{\text{org}} [10 \text{ mg g}^{-1}] * \text{TRD} [\text{g cm}^{-3}] * M [\text{cm}]$$

mit:

$C_{\text{org}} [\text{t ha}^{-1}]$ = Bodenkohlenstoffvorrat des jeweiligen Plots (für eine Tiefenstufe)

$C_{\text{org}} [\%]$ = $C_{\text{org}} [10 \text{ mg g}^{-1}]$ = Gehalt an organischem Kohlenstoff der jeweiligen Tiefenstufe

TRD [g cm^{-3}] = Trockenrohddichte der jeweiligen Tiefenstufe

M [cm] = Mächtigkeit der jeweiligen Tiefenstufe

Die C-Speichermengen wurden für jede Tiefenstufe (Mächtigkeit (M) = 5 cm) einzeln berechnet und die Gesamtspeichermenge in 0-15 cm über Addition der drei Einzelwerte bestimmt.

2.3.4 Grünlandaufwuchs

Alle sechs ausgewählten Weidebetriebe wurden zwischen dem 14.04.2015 und dem 11.08.2015 hinsichtlich der Ertragsleistung, der Qualität des Aufwuchses und der Artenzusammensetzung des Pflanzenbestandes untersucht. Die Arbeiten wurden im Unterauftrag durch das Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte (IASP) durchgeführt. Die Untersuchungen erfolgten in Abstimmung mit dem TP „Bodenökologie“ auf zuvor ausgewählten Weideflächen für alle vier definierten Trittbelastungsklassen. Um zeitliche Dynamiken der Weide- und Vegetationsperiode mit erfassen zu können, wurden auf allen Betrieben an vier Ernteterminen Ertragserfassungen und Qualitätsuntersuchungen durchgeführt. Die Erntetermine wurden wie in Tabelle 4 festgelegt.

Tabelle 4: Untersuchungstermine Grünlandaufwuchs

Betrieb	Termin 1	Termin 2	Termin 3	Termin 4
	unmittelbar vor dem Weideauftrieb	mit 21 Tagen Abstand zum Weideauftrieb	mit 36 Tagen Abstand zum vorherigen Termin	mit 42 Tagen Abstand zum vorherigen Termin
1	28.04.2015	18.05.2015	23.06.2015	10.08.2015
2	23.04.2015	12.05.2015	17.06.2015	05.08.2015
3	29.04.2015	19.05.2015	24.06.2015	11.08.2015
6	22.04.2015	12.05.2015	17.06.2015	04.08.2015
7	14.04.2015	05.05.2015	10.06.2015	28.07.2015
8	15.04.2015	06.05.2015	11.06.2015	29.07.2015

Pro Trittbelastungsklasse wurden vier Ernteparzellen mit einer Größe von je 2 m² angelegt (Abbildung 6). Wo nötig erfolgte eine Sicherung der Ernteflächen durch Elektrozäune. Die Anlage der Parzellen einer Klasse erfolgte in der Regel in einem gemeinsamen Bereich (Großparzelle) mit einem bis mehreren Metern Abstand zwischen den Kleinparzellen. Eine Verteilung der einzelnen Parzellen über die gesamte Weidefläche hinweg war nur in Einzelfällen möglich, da viele einzeln eingezäunte Parzellen meist einen zu großen Eingriff in den Betriebsablauf dargestellt hätten. Soweit dies aufgrund der räumlichen Gegebenheiten möglich war, wurden die Parzellen von Termin zu Termin versetzt, um eine Beweidung der



Abbildung 6: Beispielhafte Anordnung der Kleinparzellen in der Großparzelle für die Trittbelastungsklasse „erhöht betreten“ am Standort 8 (Quelle: Arbeitsbericht ISAP)

Flächen auch weiterhin zu ermöglichen und so den Weidecharakter der Flächen weitgehend zu erhalten. In Abbildung 7 ist die Versuchsplanung für den Standort 2 beispielhaft abgebildet. Alle Parzellen aller Trittbelastungsklassen konnten hier zu jedem Erntetermin uneingeschränkt versetzt und somit zwischendurch beweidet werden. Zum 4. Termin war es nach Absprache mit dem Landwirt möglich, alle Parzellen einzeln einzuzäunen (Abbildung 7, T4). Die Verteilung auf der Fläche entspricht der Verteilung der Plots der im Jahr 2014 genommenen Bodenproben. Die Ernte erfolgte mit einer Motorsense. Die Schnitthöhe betrug ca. 5 cm. Vor dem Schnitt wurde die Wuchshöhe des Bestandes dokumentiert. Aus der gewonnenen Ernte wurde der Gesamtertrag der einzelnen Flächen bestimmt und zudem Proben für die Qualitätsanalysen und Trockenmassebestimmung entnommen. Sofern genug Aufwuchs vorhanden war, erfolgte an den ersten beiden Terminen die Entnahme und Analyse der Proben von allen Parzellen einzeln. Ab dem 3. Erntetermin wurden Mischproben für die einzelnen Trittbelastungsklassen gebildet.

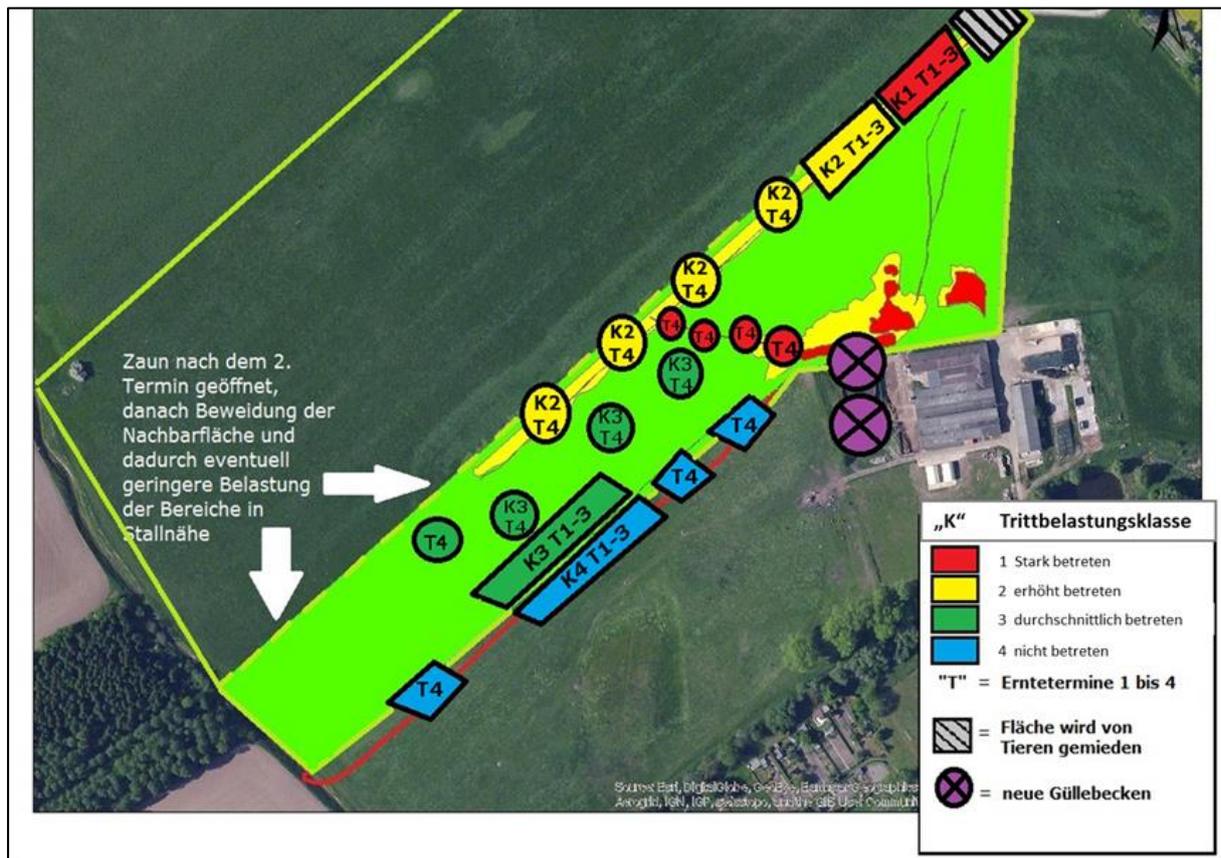


Abbildung 7: Versuchsplanung für den Standort 2. Dargestellt sind die Untersuchungsflächen der vier Trittbelastungsklassen (K1-K4) auf denen an vier Terminen (T1-T4) die Ernte erfolgte

Im Labor wurden im Folgenden der Trockensubstanzgehalt und Qualitätsmerkmale nach der Weender Futtermittelanalyse bestimmt (Tabelle 5). Die Qualitätsanalyse erfolgte beim Landeskontrollverband Berlin-Brandenburg (LKV Berlin-Brandenburg e.V.). Am 3. Erntetermin wurde auf allen Betrieben parallel zur Ertragserfassung einmalig eine Bestimmung der Hauptbestandbildner sowie eine Ertragsanteilsschätzung nach Klapp (1971) durchgeführt. Den aufgenommenen und bestimmten Arten wurden Futterwertzahlen nach Klapp (1965) zugewiesen. Für die Bonituren wurden die Ernteparzellen genutzt; die Boniturfläche entsprach demnach pro TBK 4 x 2 m².

Im Juni 2017 erfolgten weitere Vegetationsaufnahmen auf den Betrieben 2 und 5. Hier wurden Artenbestimmungen auf sechs Schnittwiesen und vier Futterackerflächen (2 Luzerneacker und 2 Maisacker) auf ebenfalls jeweils 4 x 2 m² durchgeführt.

Tabelle 5: Parameter der Weender Futtermittelanalyse zur Bestimmung der Ertragsqualität

Parameter	Abkürzung	Einheit
Rohasche	XA	g/kg TS
Rohprotein	XP	g/kg TS
Rohfaser	XF	g/kg TS
Rohfett	XL	g/kg TS
Zucker	-	g/kg TS
Stickstofffreie Extraktstoffe	NfE	g/kg TS
Enzymlösliche organische Substanz	ELOS	g/kg TS
Säure-Detergenz-Faser	ADF	g/kg TS
Neutral-Detergenz-Faser	NDF	g/kg TS
Nicht-Faser-Kohlenhydrate	NFC	g/kg TS
nutzbares Rohprotein	nXP	g/kg TS
Ruminale Stickstoffbilanz	RNB	g/kg TS
Netto-Energie-Laktation	NEL	MJ/kg TS
Metabolische Energie	ME _R	MJ/kg TS

2.3.5 Statistische Datenanalyse

Statistische Verfahren wie die Hauptkomponentenanalyse (PCA - principal component analysis) können helfen zu bewerten, welche Variablenkombinationen durch die Trittbelastung am stärksten beeinflusst werden. Im Weiteren können wichtige Hinweise gewonnen werden, welche Prozesse des Weidegangs die Bodenökologie am stärksten beeinflussen. Die PCA ist ein multivariates statistisches Verfahren und verfolgt das Ziel, die wichtigsten Informationen und Zusammenhänge zwischen einzelnen Datenpunkten zu analysieren (Smith 2002). So können Muster in großen Datensätzen und die hier zugrunde liegenden Prozesse identifiziert werden (Smith 2002, Abdi und Williams 2010). Es handelt sich bei der PCA um ein statistisches Dimensionsreduktionsverfahren, welches sich dadurch auszeichnet, dass kein großer Informationsverlust auftritt. Umgesetzt wird die PCA über eine Hauptachsentransformation. Dabei werden die sogenannten Hauptkomponenten über Linearkombinationen aus den originalen Daten aller vorliegenden Variablen berechnet. Der Fokus liegt daher weniger auf der Betrachtung einer einzelnen Variablen als vielmehr auf dem Zusammenspiel aller Variablen. Die erste Hauptkomponente beschreibt die größtmögliche Varianz des gesamten Datensatzes. Die zweite Hauptkomponente ist orthogonal zur ersten und beschreibt und erklärt den zweitgrößten Anteil der vorhandenen Varianz.

Um eine Hauptkomponentenanalyse durchführen zu können, müssen alle Variablen die gleiche Anzahl an Observationen vorweisen. Die PCA konnte daher nur für die Intensivbeprobungspunkte (3-4 TBK * 4 Plots * 3 Tiefen) durchgeführt werden. Nur für diese Punkte wurden alle bodenphysikalischen und -chemischen Untersuchungen durchgeführt. Für die hier durchgeführte Hauptkomponentenanalyse wurde die Funktion *principal* aus dem Add-On-Package „psych“ verwendet (Revelle 2017). Falls als sinnvoll erachtet, wurde die Berechnung der Hauptkomponenten (HK) unter Verwendung der Varimax-Rotation durchgeführt. Rotationen lassen Muster deutlicher werden, indem das Koordinatensystem so gedreht wird, dass jede Variable möglichst nah an einer HK liegt. Hierdurch können die Variablen deutlicher einer HK zugeordnet und so Muster klarer erkannt werden.

Im Weiteren können über Mittelwertvergleiche mittels einfaktorieller bzw. zweifaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) die Daten auf signifikante Unterschiede in Bezug auf die Trittbelastungsklassen und Beprobungstiefen untersucht werden. Die zweifaktorielle ANOVA betrachtet sowohl die Varianzen der einzelnen Faktoren, sogenannte Haupteffekte (hier: „Trittbelastung“

und „Beprobungstiefe“), als auch die Varianz der Wechselwirkung der beiden Faktoren (Interaktionseffekt, hier: „Trittbelastung * Beprobungstiefe“). Dabei sollten die Effekte der einzelnen Faktoren nur dann interpretiert werden, wenn der Interaktionseffekt nicht signifikant ist.

Voraussetzungen für die Durchführung einer ANOVA ist in erster Linie Varianzhomogenität. Um diese Voraussetzung zu prüfen wurde der Bartlett-Test herangezogen. Ob ein Datensatz für eine Hauptkomponentenanalyse geeignet ist, wurde mittels der Kaiser-Meyer-Olkin Statistik (KMO) geprüft. Je höher der Wert der KMO- Statistik - die Werte liegen zwischen 0 und 1 - desto besser eignen sich die Daten für das gewählte Verfahren. Werte unter 0,5 gelten als nicht akzeptabel, Werte über 0,8 als sehr gut.

Wird im Folgenden von signifikanten Unterschieden gesprochen, beziehen sich diese auf das Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$. Die verschiedenen Signifikanzniveaus wurden folgendermaßen dargestellt: $P < 0,05 = ,$ $P < 0,01 = *$, $P < 0,001 = **$, $P < 0,0001 = ***$.

Bei signifikanten Ergebnissen der ANOVA wurde im Anschluss ein Post-hoc-Test (Tukey-Test) bzw. ein Zweistichproben-t-Test (mit Bonferroni-Korrektur; bei nicht signifikantem Interaktionseffekt) durchgeführt, um die Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten zu überprüfen

2.4 Datenerfassung Tiere

Die Datenaufnahme auf den Betrieben im Teilprojekt „Tier“ fand von Herbst 2014 bis Sommer 2017 statt. Die analysierten Parameter werden nachfolgend im Einzelnen dargestellt.

2.4.1 Analyse Milchleistungsprüfungsdaten

Von allen acht Projektpartnerbetrieben (siehe 4.2.) wurde die Erlaubnis eingeholt, regelmäßig Milchleistungsprüfungsdaten (MLP Daten) vom VIT zu beziehen. Die ursprünglich geplante Auswertung der Daten über einen Fünfjahreszeitraum war wegen der Lückenhaftigkeit, der zeitlich weiter zurückliegenden elektronischen Datensätze nicht möglich. Die Datenerfassung über drei Jahre hinweg begann in der Weidesaison 2012 und endete mit der Stallsaison 2015/16 (April 2016).

Zur Datenauswertung wurden pro Jahr fünf Monate Weidesaison (01.05.–30.09.) und vier Monate Stallsaison (01.12.–31.03) als Stichprobe herangezogen. Diese Auswahl war nötig, um auf allen betrachteten Betrieben, tatsächlich nur den sommerlichen Weidegang bzw. die winterliche Stallhaltung zu erfassen. Herbst- bzw. Frühjahrzeiträume, in denen manche Betriebe

schon/noch Weidezugang anboten und Andere bereits nicht mehr bzw. noch nicht austrieben, wurden so ausgeklammert.

Aus diesen Daten über drei Jahre hinweg wurde für jeden Betrieb jeweils ein Mittelwert für den Stichprobenzeitraum Stall- und die Weidesaison gebildet. Dieser wurde dann der Gruppe „Stallbetriebe“ oder Weidebetriebe“ bzw. „Mecklenburger Betriebe“ (BB) oder Niedersächsische Betriebe“(NS) zugeordnet. Die ausgewerteten Parameter für den Zeitraum Sommer 2012 bis Winter 2016 sind Milch-kg, Zellzahl, Fett-Eiweiß-Quotient (F/E), Harnstoffgehalt in der Milch, Nutzungsdauer der Laktierenden, Färsenanteil in der Herde und Abgangszahlen, unterteilt nach Abgangsgründen.

2.4.2 Schätzung des Weidefutteranteils

Die ursprünglich geplante, kontinuierliche Aufzeichnung der Futterrationen bei jedem Wechsel der Ration ist vom Großteil der Landwirte nicht umgesetzt worden. Anstelle dessen wurde die Futterration der Herde/einer Leistungsgruppe pro Betrieb exemplarisch bei den Betriebsbesuchen zur Tierwohlerfassung von der Projektmitarbeiterin erfasst und dazu jeweils eine TMR Probe genommen, die im Labor des Landeskontrollverbandes Berlin Brandenburg auf ihre Inhaltsstoffe untersucht wurde (dargestellt in Tabelle 5, inklusive Stärke und ELOS (enzymlösliche organische Substanz)).

Die Energieberechnung wurde laut (GfE – Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere 2004,) auf Basis der Rohnährstoffe durchgeführt.

Die Gehalte an nutzbarem Protein (nXP) wurden, unter der Annahme einer Abbaubarkeit der Mischrationen von 80 %, mit der folgenden Formel berechnet (GfE - Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 2001):

$$\text{nXP(g)} = \left(11,93 - 6,82 \cdot \frac{\text{UDP}}{\text{XP}}\right) \cdot \text{ME} + 1,03 \cdot \text{UDP} \quad [1]$$

Die anschließende Berechnung der ruminalen Stickstoffbilanz (RNB) basierte auf der folgenden Gleichung (DLG- Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft 1997):

$$\text{RNB} = \frac{(\text{gXP} - \text{gnXP})}{6,25} \quad [2]$$

Die Energie- und Rohproteingehalte des z.T. separat verfütterten Kraftfutters wurden den Herstellerangaben entnommen. Die nXP-Bestimmung erfolgte unter der Annahme eines Anteils an

nicht abbaubarem Futterrohprotein (UDP) des Kraftfutters von 30 % und einem Teilwirkungsgrad der Umsetzbaren Energie (ME) für die Milchbildung von 0,6. Anschließend wurde auch hier die RNB berechnet. Der verfütterten Frischmasse wurde ein für Kraftfutter typischer TS-Gehalt von 88 % unterstellt.

Im Herdenmittel wurde ein durchschnittliches Gewicht von 650 kg pro Tier angenommen. Aus diesen Daten, sowie den Ergebnissen der Beprobung des Weidefutters (4. Termin) und den MLP Daten für diesen Zeitraum, wurde exemplarisch für Juli bis August 2015 der Anteil des Weidefutters an der Gesamtfuttermittellversorgung der melkenden Kühe wie nachfolgend approximiert:

Die Einzeltierleistungen wurden zunächst auf eine vergleichbare Basis gebracht. Hierzu erfolgte die Umrechnung auf energiekorrigierte Milchmenge (ECM), d.h. auf eine Milch mit einem Gehalt von 4 % Fett und 3,4 % Protein, mit der folgenden Formel (DLG - Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft 1997):

$$\text{ECM (kg)} = \text{Milch (kg)} \cdot \frac{1,05 + 0,38 \cdot \text{Fett (\%)} + 0,21 \cdot \text{Protein (\%)}}{3,28} \quad [3]$$

Die Bestimmung der Futteraufnahme aus der Weide (TS, Energie und nXP) erfolgte indirekt auf der Basis der für die Bedarfsdeckung benötigten Energie- und nXP-Gehalte und der mit dem Stallfutter aufgenommenen Energie- und nXP-Gehalte. Zunächst musste hierfür der Energie- und Proteinbedarf im Herdenmittel bestimmt werden. Anschließend erfolgte die Berechnung der mit dem Stallfutter aufgenommenen mittleren Energie- und Proteingehalte, wobei hier von einem vollständigen Verzehr ausgegangen wurde. Aus der Differenz zwischen Energiebedarf und der über das Stallfutter aufgenommenen Energiemenge wurden die aus dem Weidefutter zur Energiebedarfsdeckung benötigten Energiemengen ermittelt. Via Division durch die im Labor analysierten und anschließend gewichteten Energiegehalte der Aufwüchse wurden die entsprechenden Weidegrasmengen (TS) berechnet. Die täglichen nXP-Aufnahmen aus dem Weidegras ergaben sich aus den berechneten Weidegrasmengen und den in den Aufwüchsen ermittelten mittleren nXP-Gehalten.

Der Energiebedarf wurde unter der Annahme einer durchschnittlichen Lebendmasse von 650 kg pro Tier wie folgt berechnet (GfE - Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 2001):

$$\text{Erhaltungsbedarf (MJ NEL/TAG)} = 0,293 \cdot \text{kg Lebendmasse}^{0,75} \quad [4]$$

Wegen des vermehrten Energieaufwands für Bewegungsaktivitäten bei Weidehaltung erfolgte für die Weidebetriebe ein Aufschlag zum Erhaltungsbedarf von 15 % (GfE - Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 2001).

Die Ermittlung des mittleren täglichen Leistungsbedarfs der Herde (MJ NEL) setzte eine konstante Lebendmasse voraus und erfolgte auf Grundlage der MLP und der hieraus im Herdenmittel berechneten ECM-Menge (kg). Zu dem mittleren Energiegehalt von 3,18 MJ NEL/kg Milch wurde zusätzlich ein Verdaulichkeitsaufschlag von 0,1 MJ NEL/kg Milch vorgenommen. Hierdurch findet die Tatsache Berücksichtigung, dass die mit steigender Milchleistung erhöhte TS-Aufnahme zu einem Rückgang der Verdaulichkeit führt, wodurch sich ein Energiebedarf von 3,28 MJ NEL/kg ECM ergibt (GfE - Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 2001).

2.4.3 Tierwohlerfassung

Auf allen 8 Betrieben wurden zwischen Sommer 2014 und Sommer 2016 je zweimal im Jahr (je einmal zum Ende der Stallsaison und einmal zum Ende der Weidesaison) tierbezogene Parameter (in Anlehnung an das Welfare Quality® Assessment) bei einer zufälligen Stichprobe von melkenden Kühen begutachtet (Anzahl orientiert an den Vorgaben des Welfare Quality® Assessment protocols). Die Parameter wurden wie folgt erfasst:

- Body Condition Score: Es wurden ausschließlich Milchviehbetriebe mit HF Hochleistungstieren erfasst. wurde Die Parameterabstufung wurde entsprechend der vor Ort auftretenden Situation angepasst und zwischen „normal“ oder „mager“ unterschieden. Da diese Abstufung in unterschiedlichen Leistungsgruppen bzw. je nach Laktationsstand unterschiedliche Zahlenwerte bedeuten kann, wurde auf die Darstellung in Zahlenwerten verzichtet.
- Vorhandensein von Durchfall (ja /nein)
- Ausfluss aus Augen und/oder Nase (ja /nein)
- Integumentveränderungen, Einteilung in vier Klassen:
 - 1=Tiere ohne Veränderungen
 - 2=Tiere mit bis zu 2 haarlosen Stellen, ohne Läsionen
 - 3=Tiere mit einer Läsion ohne haarlose Stellen,

- 4=Tiere mit haarlosen Stellen und Läsion und/oder mehreren Läsionen und/oder mehr als 2 haarlosen Stellen)
- Verschmutzungen (unterschieden nach Körperregion Euter, Hinterbein und Hintersehenkel; ja/nein)
- Lahmheiten (ja/nein).

Insgesamt wurden 48 Tierwohlerfassungen auf den Betrieben von immer derselben Person durchgeführt. Die Ergebnisse wurden jeweils in Relation zur Stichprobe (%) pro Betrieb dargestellt. Für jeden Betrieb wurde je ein Mittelwert aus den drei Werten für die Stall- und die Weidesaison ermittelt. Diese Betriebsmittelwerte wurden dann jeweils zu einem Betriebsgruppenmittelwert (Sommer) und einem Betriebsgruppenmittelwert (Winter) jeweils für alle Weide- und Stallbetriebe zusammenfasst. Diese Vorgehensweise ermöglicht einen Vergleich der Differenzen zwischen Betrieben, Haltungform und Saison. Die Betriebsmittelwerte (Sommer) der Stallbetriebe wurden dabei zum selben Zeitpunkt (Ende der Weidesaison) erhoben wie auf den Weidebetrieben, nur, dass die Kühe sich in den Stallbetrieben zu diesem Zeitpunkt im Stall befunden haben (also unter genau derselben Haltungssituation wie der Betriebsmittelwert (Winter) in den Stallbetrieben).

2.4.4 Verhaltensuntersuchung

Auf vier Betrieben, davon ein reiner Stallbetrieb als Vergleichsgruppe, wurden zwischen Juli 2014 und im November 2015 28 ALT Pedometer der Firma „Ingenieurbüro Roland Holz“ (7 pro Betrieb zur zeitgleichen Datenaufnahme) eingesetzt, um das Aktivitäts- und Liegeverhalten der Tiere aufzuzeichnen. Da die Geräte 14-tägig ausgelesen werden mussten, war es aufgrund der sehr langen Anfahrtswege zeitlich nicht möglich, die niedersächsischen Betriebe in die Datenaufnahme zu integrieren.

Im reinen Stallbetrieb erfolgte die Datenerfassung ebenfalls zeitgleich zu den Weidebetrieben. Da die Datenerfassungen immer in Frühjahr und Herbst fielen (direkt vor und nach dem Wechsel von Stall zu Weide und umgekehrt) waren die Auswirkungen von unterschiedlichen Witterungsbedingungen relativ gering. Trotzdem wurden Tage, an denen eine Regenmenge über 10 l/Tag oder eine Durchschnittstemperatur unter 5 °C oder über 30 °C auftrat, aus der Auswertung entfernt.

Über die zwei Erhebungsjahre flossen nur Daten von ein- und denselben Tieren in die Auswertung ein. Kranke und lahme Tiere wurden komplett (also auch die Zeiten, in denen sie gesund

waren) aus der Datenauswertung gestrichen. Während der Zeit der Datenaufnahme verendete Tiere wurden nicht ersetzt und ebenfalls komplett aus der Datenauswertung entfernt. Aus diesem Grund waren auf zwei Betrieben letztlich nur noch zwei Pedometerdatensätze für die Auswertung verwendbar – auf den anderen beiden Betrieben konnten 5 Pedometer in die Auswertung einfließen.

Die aufgezeichneten Daten (Steps und Liegezeit in Minuten) wurden deskriptiv ausgewertet. Dazu wurden sie pro Tag und Tier summiert und über die Untersuchungszeiträume für das Einzeltier und anschließend für den Betrieb über die zwei Erfassungsjahre gemittelt. Im Ergebnis stand pro Betrieb ein Gruppenmittelwert „Steps/h am Tag“ und „Liegezeit in h pro Tag“ jeweils für die Weide- und Stallperiode. Als Vergleichsgruppe, einer vom täglichen Management in einem Milchviehbetrieb unbeeinflussten Tiergruppe, wurden dieselben Parameter in denselben jahreszeitlichen Zeitfenstern bei zwei Mutterkuhherden (Datenaufnahme in den vorhergehenden Jahren im Rahmen eines anderen Projektes) ausgewertet.

2.5 Betriebswirtschaftliche Daten und Effizienzanalyse

2.5.1 Datenerhebung

Die Basis für die ökonomische Analyse bildeten die Jahresabschlüsse und, soweit vorhanden, die Betriebszweigauswertungen der Wirtschaftsjahre 2012/2013, 2013/2014 und 2014/2015. Aus diesen wurden die Leistungen und Aufwendungen, sowie die Bestandgrößen der Milchproduktion entnommen. Weitere Angaben zur Betriebsführung, Fütterung und Weidemanagement wurden im direkten Gespräch mit den Betriebsleitern erfragt (z.B. Anteil der Energieversorgung im Stall).

Um den Arbeitsaufwand in der Milchviehhaltung unabhängig von den Arbeitserledigungskosten und der Anzahl der Arbeitskräfte beurteilen zu können, wurden im Rahmen einer Bachelorarbeit (Stark 2017) die Betriebsleiter der Kooperationsbetriebe umfassend zu diesem Thema (Fragebogen siehe Anhang D **Fragebogen zum Arbeitszeitbedarf in der (Weide-)Haltung von Milchkühen**) mit Bezug zum Wirtschaftsjahr 14/15 interviewt. Zur Überprüfung der Plausibilität der Selbsteinschätzung des Arbeitsaufwands wurden die angegebenen Arbeitszeiten für einzelne Prozessschritte mit den Referenzzahlen des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft verglichen (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft 2017).

Für die gezielte Analyse des Zusammenspiels Weidehaltung, Tiergesundheit und betrieblicher Erfolg gemessen über ein Kernelement, der technischen Effizienz, wurden Daten, die im Teilprojekt Tier erfasst wurden, berücksichtigt. Diese umfassen die Auswertung der MLP Daten sowie die vor Ort erfassten Indikatoren für Tiergesundheit und Tierwohl wie den BCS.

Im Rahmen der Kooperation mit der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern wurden zudem Daten der Betriebszweigabrechnung von drei spezialisierten Milchviehbetrieben ohne Weidehaltung zur Verfügung gestellt. Hierdurch konnte zum einen die Vergleichsgruppe ohne Weidehaltung erweitert werden und zum anderen die gesamte Datenbasis erweitert werden, was wiederum zu einer verbesserten Relation der Anzahl der Effizienzkriterien (Inputs) zu der Zahl der Vergleichsbetriebe verbessert und somit die Aussagekraft der Ergebnisse verbessert/präzisiert (Hammerschmidt et al. 2009)

2.5.2 Methodik zur Effizienzmessung: Data Envelopment Analyse

Die Data Envelopment Analysis (DEA) wurde erstmals von Charnes et al. (1978) als ein Werkzeug zum Vergleich der Produktionseffizienz verschiedener Firmen eingeführt. Sie stellt eine Methode zur mathematischen Programmierung bereit, die es erlaubt, die Best-Practice Produktionsfunktion und, damit einhergehend, die relative Effizienz einzelner Entitäten abzuschätzen (Bogetoft und Otto 2011).

Ein großer Vorteil der DEA gegenüber anderen Benchmarking-Methoden ist, dass keine ex-ante Annahmen über die Produktionsfunktion gemacht werden müssen. Die Produktionsfunktion wird stattdessen anhand der Firmen definiert, die die höchste Effizienz aufweisen. Zusätzlich erlaubt die DEA die Einbindung nicht-monetäre gemessener Input- und Outputfaktoren (Coelli et al. 2005). Dieser Vorteil erlaubte uns Indikatoren für Tiergesundheit z.B. der prozentuale Anteil der lahmen Tiere in einer Leistungsgruppe oder der BSC mit zu berücksichtigen.

Im Rahmen der DEA werden K Betriebe als Entscheidungseinheiten betrachtet, die unter Zuhilfenahme von M Inputs die Anzahl von N Outputs produzieren. Für den Betrieb k , wobei gilt $k = 1, \dots, K$, werden die genutzten Inputs wie folgt notiert $\mathbf{x}^k = (\mathbf{x}_1^k, \dots, \mathbf{x}_M^k) \in \mathbb{R}_+^M$ und die produzierten Outputs $\mathbf{y}^k = (\mathbf{y}_1^k, \dots, \mathbf{y}_N^k) \in \mathbb{R}_+^N$. Die zugrundeliegende Technologiemenge wird daher definiert als

$$T = \{(x, y) \in \mathbb{R}_+^M \times \mathbb{R}_+^N \mid x \text{ can produce } y\} \quad [5]$$

Wobei T als nicht-negativ, geschlossen und monoton angenommen wird. Zusätzlich wird die Annahme gemacht, dass T konvex ist und die Inputs und Outputs frei Disposability (Färe et al. 1985).

Zur Ermittlung der Effizienzwerte muss folgendes lineare Minimierungsproblem unter Nebenbedingungen gelöst werden (Coelli et al. 2005):

$$\min_{\theta, \lambda} \theta^{k_0} \quad [6]$$

Unter den Bedingungen:

$$-y_n^{k_0} + \sum_{k=1}^K \lambda^k y_n^k \geq 0 \quad [7]$$

$$\theta^{k_0} x_m^{k_0} + \sum_{k=1}^K \lambda^k x_m^k \leq 0$$

$$\lambda^k \geq 0$$

Das Skalar θ^{k_0} stellt hierbei die Technische Effizienz (TE) des Betriebes k_0 dar und λ einen Vektor von Konstanten. Dieses Optimierungsproblem wie in [6 und [7 beschrieben, wird für jeden Betrieb mittels linearer Programmierung gelöst. Für die Durchführung der Data Envelopment Analysis wurde das Package „Benchmarking“ (Bogetoft und Otto 2011) für die Statistiksoftware R (R Core Team 2016) genutzt.

Die dadurch errechnete Technische Effizienz ist die Input-orientierte Effizienz, die angibt inwieweit die Inputs bei Beibehaltung eines gegebenen Outputs reduziert werden könnten. Der Wert bewegt sich in einem Bereich von 0 bis 1, wobei 1 vollständig effiziente Betriebe auf der Produktionsgrenze anzeigt (vgl.. Bogetoft und Otto 2011). Ein Betrieb wird als vollständig effizient angesehen (TE-Wert von 1), wenn es innerhalb der Produktionsmöglichkeiten des Betriebs nicht mehr möglich ist ein Input zu reduzieren ohne ein anderen dabei zu erhöhen und dabei dasselbe Outputlevel zu halten (Kleine 2002). Um vollständig effizient zu sein müssten Betriebe mit einem TE-Wert kleiner als 1 ihre Inputs proportional um $1 - \theta^{k_0}$ reduzieren.

Das obige Modell basiert auf der Annahme, dass die Produktionsweise konstante Skalenerträge (Constant Returns to Scale, CRS) aufweist. Daher werden alle Betriebe unabhängig von ihrer Größe miteinander verglichen. Sollen ineffiziente Betriebe jedoch nur mit Betrieben ähnlicher

Größe verglichen werden, so muss ein Modell mit variablen Skalenerträgen (Variable Returns to Scale, VRS) verwendet werden, indem die Restriktion:

$$\sum_{k=1}^K \lambda^k = 1 \quad [8]$$

dem linearen Problem hinzugefügt wird.

Ein Problem der DEA ist, dass kleine Stichprobenumfänge zu einer Verzerrung der Schätzwerte für die Technische Effizienz führen können (Hammerschmidt et al. 2009). Ebenfalls können Modelle mit einer, im Verhältnis zur Stichprobengröße, hohen Anzahl an Input- und Outputfaktoren zu einer höheren Anzahl von vollständig effizienten Betrieben führen und daher die Unterscheidungskraft der DEA reduzieren (Dyson et al. 2001). Um diesem Effekt entgegen zu wirken, wurde eine Bootstrapping Methode verwendet, die durch mehrfaches, randomisiertes Resampling (n=2000) die Ergebnisse um den Stichprobeneffekt korrigiert (Simar und Wilson 2000). Diese Korrekturmöglichkeit bietet gerade in kleinen Stichproben viele Vorteile; allerdings der Hintergrund der sehr geringen Stichprobe in diesem Projekt beachtet werden und es sind keine statistisch validierbaren Aussagen möglich.

2.5.3 Modellspezifikationen

Bei der Analyse der Milcherzeugung mit Weidehaltung erschien keine rein kostentechnische Betrachtung sinnvoll, denn eventuelle Einbußen bei Weidehaltung z.B. geringere Futteraufnahme, können z.B. durch Vorteile wie Klauengesundheit kompensiert werden (beide Faktoren sind schwierig monetär zu bewerten). Diese vermeintlich weniger relevanten Parameter haben wiederum deutlichen Einfluss den gesamten Erfolg des Produktionssystems. Auch muss der Einfluss bzw. die Wirkung von Tierwohl auf den betrieblichen Erfolg berücksichtigt werden. So kann eine hohe Tierwohlfahrt und eine sehr gute Tiergesundheit zu einer insgesamt effizienteren Nutzung der weiteren Inputs wie Futter im Produktionsprozess beitragen (Henningsen et al. 2017). Kritisch zu hinterfragen ist jedoch die Messung über Kostenpositionen, z.B. Tierarztkosten oder Kosten für die Reproduktion. Vor diesem Hintergrund wurden in der DEA-Analyse sowohl die Tierarztkosten als auch der Anteil der lahmen Kühe in der Herde alternativ untersucht (vgl. Tabelle 6). Die gemeinsame Berücksichtigung von monetären und nicht monetären Variablen stellt einen wesentlichen Vorteil der DEA-Analyse dar.

Eine weitere Überlegung zur Berücksichtigung der Tierwohlfahrt in der Effizienzanalyse ist die Bereitstellung von Tierwohlfahrt als öffentliches Gut (vgl. Bennett 1995; Lusk 2011). Aus diesem Grund wurde der aus TP Tier ermittelte BCS als zusätzlicher Output untersucht (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Variablen für das Effizienzmodell

	Dimension	Mögliche Variablen
Input	Futter	Verfütterte Menge im Stall Kosten der Futterproduktion und Zukauf Weideertrag (MJ NEL)
	Tiergesundheit	Tierarztkosten Anteil kranker/lahmender Tiere in der Herde
	Arbeit	Arbeitserledigungskosten geleistete AKh
Output	Leistung	Milchmenge Umsatzerlöse der Milchproduktion
	Tierwohlfahrt	Annäherung an Welfare Quality® Bewertungssystem: BCS

Die Bereitstellung von Biodiversität über die Grünlandnutzung, gemessen über die Mean Species Richness als weiteres öffentliches Gut wurde intensiv diskutiert. Aufgrund der fehlenden Datenverfügbarkeit für die Stallbetriebe konnte diese Modellspezifikation nicht berücksichtigt werden. Bedauerlicherweise hat sich dieser Sachverhalt erst im Laufe der Projektbearbeitung herausgestellt.

3 Ergebnisse

3.1 Trittbelastung auf der Weidefläche

Die Klasse „N“ („nicht betreten“) wurde auf allen Untersuchungsstandorten kartiert und im Stichprobendesign für die Untersuchung des Grünlandaufwuchses berücksichtigt, sowie an den Standorten 8 und 3 auch auf Bodeneigenschaften untersucht. Die Ergebnisse der Ertragsanteilschätzung zeigten, dass die Klasse „N“ sich in ihrer Artenzusammensetzung zum Teil stark von den anderen Klassen unterscheidet. Die Unterschiede sind hier weniger auf die Ausprägung der Trittintensität als vielmehr auf ein unterschiedliches Flächenmanagement zurückzuführen gewesen. Während die Flächen direkt auf der Weide in mehr oder weniger regelmäßigen Abständen nachgesät und gedüngt wurden, sind die nicht betretenden Flächen gänzlich vom Weidemanagement ausgeschlossen gewesen. Sie zeigten daher in ihrer Vegetationszusammensetzung

einen „natürlicheren“ Zustand. Der Vergleich der drei TBK mit der Klasse „N“ wurde daher im Verlauf des Projektes als nicht zielführend eingeordnet. In der Versuchsplanung am Standort 3 wurde diese Klasse daher nicht berücksichtigt. In der weiteren Vorstellung der Ergebnisse wird auf die Darstellung der Klasse „N“ verzichtet.

Je nach Empfindlichkeit des Bodens und den unterschiedlichen Besatzleistungen nahmen die TBK „D“ (durchschnittlich betreten), „E“ (erhöht betreten) und „S“ (stark betreten) auf den Untersuchungsflächen unterschiedlich große Flächenanteile ein. Die Ergebnisse der kartierten Flächenanteile sind Tabelle 7 zu entnehmen. Die visualisierten Ergebnisse der Kartierung sind Anhang A: Kartierung zu entnehmen. Die Bereiche der Klasse „S“ waren i.d.R. in stark frequentierten Zonen in räumlicher Nähe zu Tränken, Triftwegen, Schattenplätzen und Eingangsbereichen der Koppeln zu finden. Die Bereiche der TBK „E“ befanden sich im weiteren Umkreis der starken betretenen Flächen. Alle übrigen Bereiche wurden der TBK „D“ zugeordnet.

Tabelle 7: Flächenanteile der Trittbelastungsklassen (TBK) an den Untersuchungsflächen mit „D“= durchschnittlich betretene Flächen; „E“= erhöht betretene Flächen und „S“= stark betretene Flächen

TBK [% d. Gesamtfläche]	D	E	S	Gesamtfläche [ha]
Standort 1	84,8	11,5	3,7	4,6
Standort 2	86,9	9,3	3,8	7,6
Standort 3	93,3	3,2	3,5	10,5
Standort 6	21,5	72,3	6,1	6,4
Standort 7	92,4	5,0	2,7	1,5
Standort 8	0,0	74,8	25,2	3,9

3.2 Einfluss der Beweidung auf ausgewählte Bodeneigenschaften

Mit der Hauptkomponentenanalyse wurde der Einfluss der Trittbelastung auf folgende 9 Variablen untersucht: Trockenrohddichte (TRD), Gesamtporenvolumen (PV), Luftkapazität (LK), nutzbare Feldkapazität (nFK), organischer Kohlenstoffgehalt (Corg), Gesamtstickstoff (Nt), doppelaktatlöslicher Phosphor (PDL), doppelaktatlösliches Kalium (KDL) und pH-Wert (pH).

3.2.1 Betrieb 8

Die KMO-Statistik für die erhobenen Daten von Betrieb 8 weist einen Wert von 0,79 auf. Damit eignete sich der Datensatz sehr gut für eine Hauptkomponentenanalyse. Das Ergebnis der

Hauptkomponentenanalyse ist der Tabelle 8 sowie der Tabelle 9 zu entnehmen. Durch die ersten beiden Hauptkomponenten werden 89 % der gesamten Varianz des Datensatzes erklärt. Davon entfallen nach Rotation 45 % auf die 1.Hauptkomponente (HK 1) und 44 % auf die zweite Hauptkomponente (HK 2).

Die physikalischen Parameter zeigten eine enge Korrelation mit der 1. Hauptkomponente aufweisen und damit HK1 die Bodenphysik repräsentiert. Am stärksten korrelierte das Porenvolumen (PV: 0,94) mit der Komponente der Bodenphysik (HK 1) und lieferte daher den größten Erklärungsgehalt. Mit abfallendem Einfluss folgten nFK, TRD und LK. Die chemischen Parameter korrelierten eng mit der 2. Hauptkomponente. HK 2 repräsentiert daher die untersuchte Gesamtheit der Bodenchemie. Die Komponente der Bodenchemie (HK 2) korreliert am stärksten mit dem Gehalt an doppellaktatlöslichen Kalium (KDL: 0,88), im ähnlichen Maße aber auch durch den pH-Wert, PDL, Nt und Corg.

Tabelle 8: Anteile der durch die ersten beiden Hauptkomponenten (HK 1 und HK 2) erfassten Varianz und die standardisierten Loadings basierend auf der Korrelationsmatrix, welche den Grad der Korrelation mit den Hauptkomponenten angeben – Standort 8

Korrelation mit HK		
Anteil erfasster Varianz	45 %	44 %
Bodenparameter	HK 1	HK 2
PV	0,94	0,31
nFK	0,91	0,32
TRD	-0,89	-0,43
LK	0,85	0,19
KDL	0,11	0,88
pH	0,24	0,85
PDL	0,44	0,85
Nt	0,51	0,83
Corg	0,54	0,80

Tabelle 9: Signifikanz im F-Test zur Überprüfung der Effekte der Faktoren TBK und Beprobungstiefe auf die Komponente HK2 am Standort 8

Effekt	p-Wert
TBK	0,24
Beprobungstiefe	< 0,0001 ***
2-1	< 0,001 **
3-1	< 0,0001 ***
3-2	0,15

Tabelle 10: Signifikanz im F-Test zur Überprüfung der Effekte der Faktoren TBK und Beprobungstiefe auf die Komponente HK1 am Standort 8

Effekt	p-Wert
TBK	< 0,0001 ***
E-D	< 0,001 **
S-D	< 0,0001 ***
S-E	0,09
Beprobungstiefe	0,22

Das Ergebnis der ANOVA zeigt in Bezug auf die 1. Hauptkomponente signifikante Unterschiede zwischen den Tiefenstufen, jedoch keine Unterschiede zwischen den Trittbelastungsklassen (Tabelle 10). Erwartungsgemäß nehmen hier das Porenvolumen, die nutzbare Feldkapazität und die Luftkapazität mit der Tiefe ab, während die Trockenrohddichte mit der Tiefe zunimmt. Vor allem die Tiefe 0-5 cm unterscheidet sich von den beiden anderen Tiefen. Signifikante Unterschiede zwischen den Trittbelastungsklassen sind nur in Bezug auf die 2. Hauptkomponente zu finden, wobei sich die Klassen „E“ und „S“ nicht scharf voneinander abgrenzen lassen (Tabelle 10). Auf den Flächen mit erhöhter und starker Trittbelastung sind die Werte aller chemischen Parameter höher, als auf den durchschnittlich betretenen Flächen.

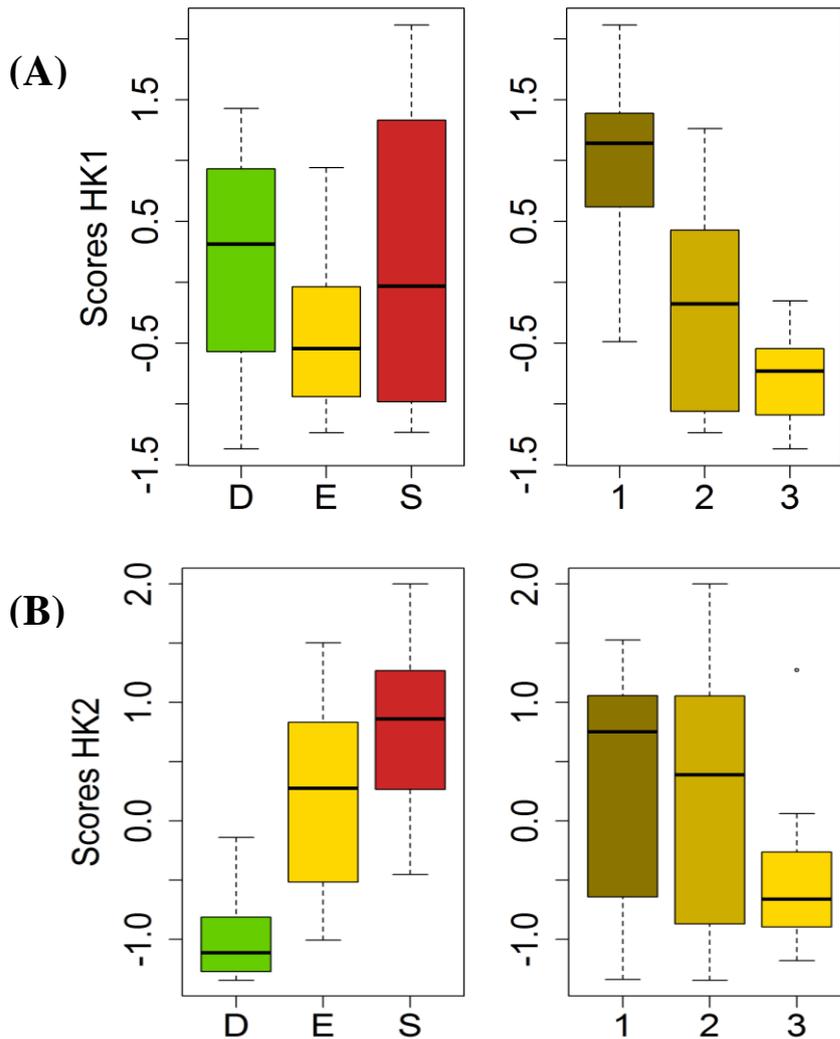


Abbildung 8: (A) Werte der 1. Hauptkomponente (HK 1) und (B) Werte der 2. Hauptkomponente (HK 2) in Abhängigkeit der Trittbelastungsklassen (links: mit „durchschnittlich betreten“ (D), „erhöht betreten“ (E) und „stark betreten“ (S)) und den drei untersuchten Tiefen

3.2.2 Betrieb 2

Die KMO-Statistik für die erhobenen Daten von Betrieb 2 weist einen Wert von 0,54 auf. Damit eignete sich der Datensatz ebenfalls für eine Hauptkomponentenanalyse. Das Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse ist in Abbildung 8 dargestellt sowie der Tabelle 11 zu entnehmen. Durch die ersten beiden Hauptkomponenten werden 74 % der gesamten Varianz des Datensatzes erklärt. Davon entfallen nach Rotation 39 % auf die 1.Hauptkomponente (HK 1) und 35 % auf die zweite Hauptkomponente (HK 2).

Die 1. Hauptkomponente korreliert mit wichtigen Kennwerten der organischen Substanz. Die 2. Hauptkomponente korreliert sowohl mit bodenphysikalischen als auch mit bodenchemischen Parametern. Mit Hilfe der ANOVA konnte auch für Betrieb B ein signifikanter Unterschied zwischen den Tiefenstufen in Bezug auf die 1. Hauptkomponente festgestellt werden, jedoch keine Unterschiede zwischen den Trittbelastungsklassen (Tabelle 12). Die korrelierten Parameter nehmen alle mit der Tiefe ab. Signifikante Unterschiede zwischen den Trittbelastungsklassen sind in Bezug auf die 2. Hauptkomponente zu finden (Tabelle 13). Die korrelierten Parameter unterscheiden sich vor allem zwischen den stark betretenen Flächen und den erhöht bzw. durchschnittlich betretenen Flächen. Die TBK „D“ und „E“ lassen sich nicht scharf voneinander abgrenzen. Während der pH-Wert, der Gehalt an Phosphor und Kalium, sowie die Trockenrohdichte mit erhöhter Trittbelastung zunimmt, nimmt die Luftkapazität ab.

Tabelle 11: Anteile der durch die ersten beiden Hauptkomponenten (HK 1 und HK 2) erfassten Varianz und die standardisierten Loadings basierend auf der Korrelationsmatrix, welche den Grad der Korrelation mit den Hauptkomponenten angeben – Standort 2

Korrelation mit HK		
Anteil erfasster Varianz	39 %	35 %
Bodenparameter	HK 1	HK 2
nFK	0,89	0.09
Corg	0,89	0.27
PV	0,88	-0.27
Nt	0,87	0.37
pH	-0.11	0,88
PDL	0.18	0,88
KDL	0,33	0,83
LK	-0,30	-0,58
TRD	-0,35	0,54

Tabelle 12: Signifikanz im F-Test zur Überprüfung der Effekte der Faktoren TBK und Beprobungstiefe auf die Komponente HK2 am Standort 2

Effekt	p-Wert
TBK	0,47
Beprobungstiefe	< 0,0001 ***
2-1	< 0,001 **
3-1	< 0,0001 ***
3-2	0,09

Tabelle 13: Signifikanz im F-Test zur Überprüfung der Effekte der Faktoren TBK und Beprobungstiefe auf die Komponente HK1 am Standort 2

Effekt	p-Wert
TBK	< 0,0001 ***
E-D	0,08
S-D	< 0,0001 ***
S-E	< 0,0001 ***
Beprobungstiefe	0,67

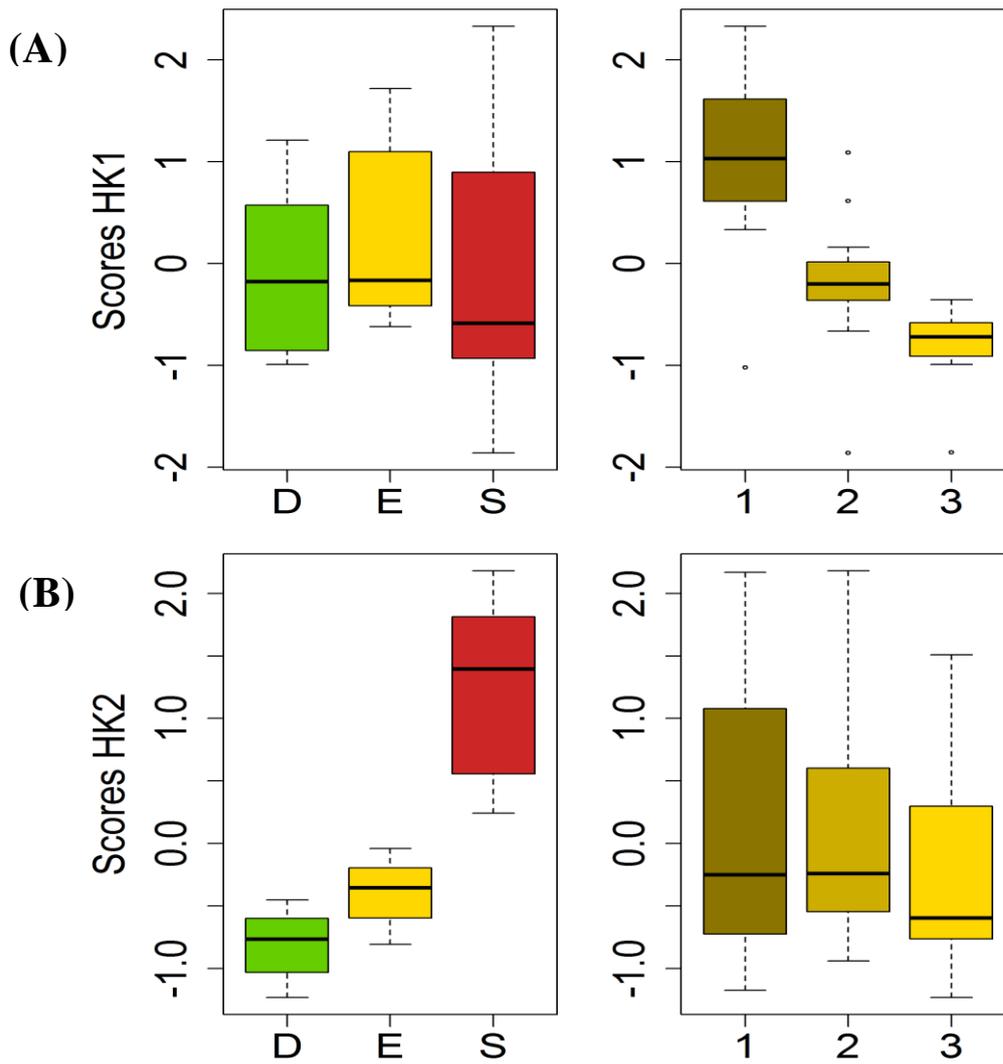


Abbildung 9: (A) Werte der 1. Hauptkomponente (HK 1) und (B) Werte der 2. Hauptkomponente (HK 2) in Abhängigkeit der Trittbelastungsklassen (links: mit „durchschnittlich betreten“ (D), „erhöht betreten“ (E) und „stark betreten“ (S)) und den drei untersuchten Tiefen

3.2.3 Betrieb 3

Die Auswirkung der Trittbelastung auf die untersuchten bodenphysikalischen- und chemischen Parameter konnte für Betrieb 3 nicht mittels Hauptkomponentenanalyse untersucht werden. Die Ergebnisse der Texturanalyse zeigen, dass sich die Trittbelastungsklassen „E“ und „S“ im Bereich der Reinsande befinden, die Klasse „D“ grenzt an den Bereich der Lehmsande an (Abbildung 10). Alle Untersuchungspunkte befinden sich im Bereich der Sanddeckkultur, jedoch ist der organische Kohlenstoffgehalt auf den durchschnittlich betretenen Flächen im Mittel zwischen 46-52 % signifikant höher, als auf den Flächen der beiden anderen untersuchten Trittbelastungsklassen (Tabelle 15, Tabelle 14). Der Einfluss des organischen Kohlenstoffgehaltes auf die Trockenrohichte ist mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,92 sehr stark (Abbildung 11) und überlagert den Effekt der Trittbelastung. Parameter wie Nt, LK und nFK werden ebenfalls stark durch den Corg-Gehalt beeinflusst, wodurch auch hier die Auswirkung der Trittbelastung nicht erkennbar ist. Die wiederholte Probeentnahme im Herbst wurde mit einem Meter Abstand zur Frühjahrsbeprobung durchgeführt. Der Abstand musste Aufgrund der aufwendigen Probeentnahme eingehalten werden (Abbildung 4).

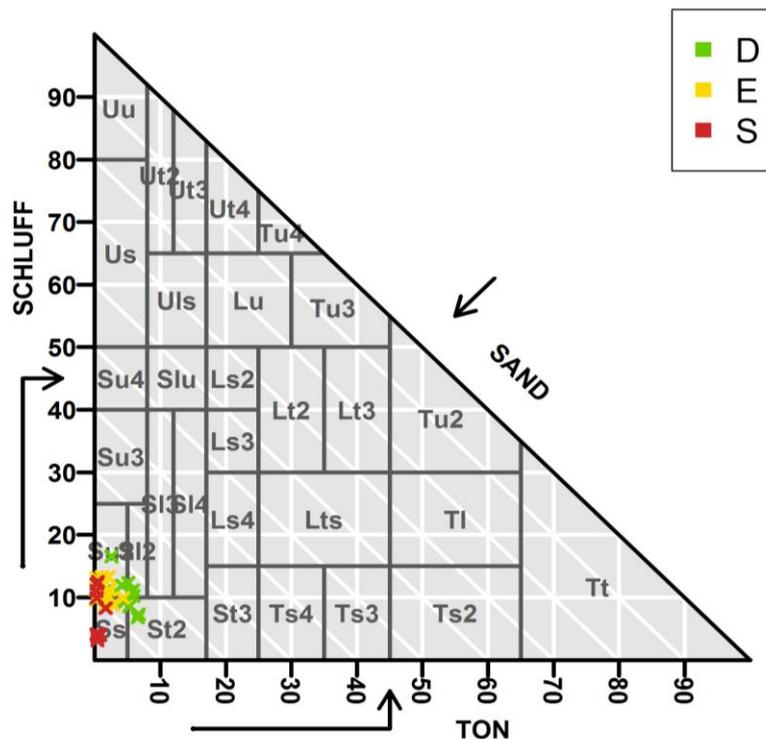


Abbildung 10: Bodenart am Standort 3 unterteilt nach den drei Trittbelastungsklassen „D“ (durchschnittlich betreten), „E“ (erhöht betreten) und „S“ (stark betreten)

Tabelle 14: Ergebnis der ANOVA mit angeschlossenen Post-hoc-Test zur Überprüfung des Effektes der TBK auf den Corg-Gehalt am Standort 3

TBK	p-Wert
E-D	< 0,0001 ***
S-D	< 0,0001 ***
S-E	0,66

Bei einem Vergleich der Frühjahrs- und Herbstproben für die Klasse „D“ wird deutlich, dass

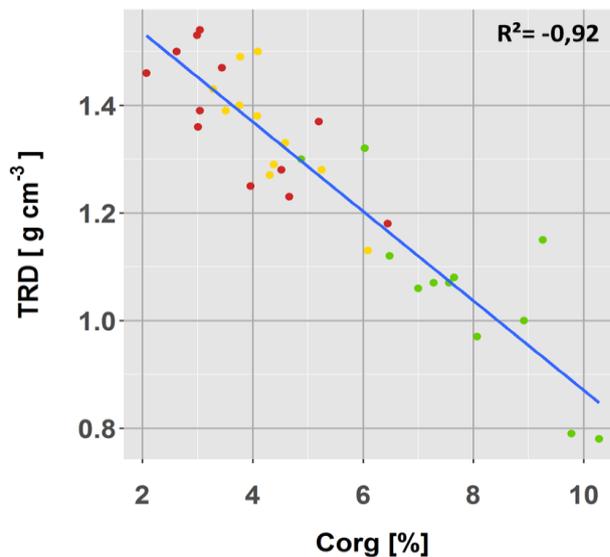


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen der organischen Kohlenstoffkonzentration und der Trockenrohichte am Standort 3 eingefärbt nach den Trittbelastungsklassen „D“ (grün), „E“ (gelb) und „S“ (rot)

Tabelle 15: Statistische Kennwerte der Corg- Konzentration in % am Standort 3 unterteilt nach den drei Trittbelastungsklassen „D“ (durchschnittlich betreten), „E“ (erhöht betreten) und „S“ (stark betreten)

TBK	Min	1st Quartil	Median	Mittelwert	3st Quartil	Max
D	4,88	6,87	7,60	7,77	9,00	10,30
E	3,28	3,70	4,08	4,20	4,43	6,09
S	2,07	3,00	3,24	3,75	4,56	6,45

trotz Beprobung am selben Plot (1 m versetzt) sich die Corg-Gehalte auch hier signifikant voneinander unterscheiden (Abbildung 12). Der C_{org}-Gehalt am Standort 3 ist auch innerhalb einer Trittbelastungsklasse auf der Sanddeckkultur kleinräumig hoch variabel. Daher kann auch der Effekt der Trittbelastung durch eine Weidesaison auf alle mit dem Kohlenstoffgehalt zusammenhängenden Parametern (LK, nFK, Nt) nicht dargestellt werden. Unterschiede in Bezug auf

den Kalium- und Phosphorgehalt zwischen der Frühjahrs- und Herbstbeprobung könne im Gegensatz dazu auf einen Weideeffekt zurückgeführt werden. Während sich der Phosphor- und Kaliumgehalt auf den TBK „S“ und „E“ nicht unterscheiden, ist auf den Flächen der TBK „D“ eine leichte, nicht signifikante Abnahme zu erkennen.

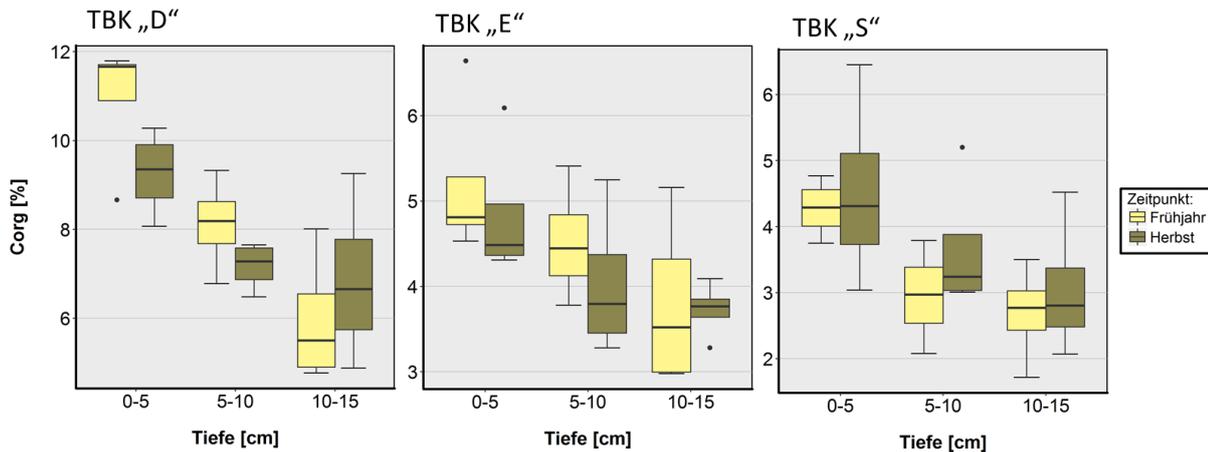


Abbildung 12: Dargestellt ist die Kohlenstoffkonzentration der Frühjahrs- und Herbstproben für die drei untersuchten TBK in abhängig von der Beprobungstiefe am Standort 3

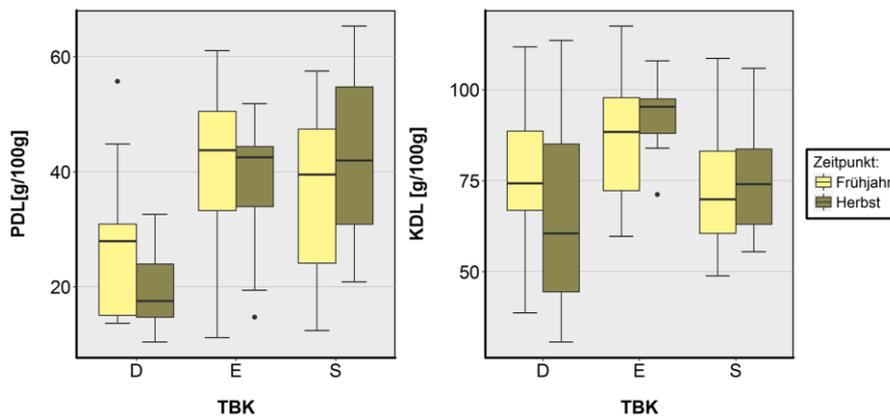


Abbildung 13: Dargestellt ist der doppelaktlösliche Phosphor- und Kaliumgehalt der Frühjahrs- und Herbstproben für die drei untersuchten TBK am Standort 3

3.3 Einfluss der Beweidung auf den Grünlandaufwuchs

3.3.1 Grünlandertrag

Der Gesamtertrag, welcher über den vollständigen Untersuchungszeitraum ermittelt wurde, ist für alle Weidebetriebe und untersuchten TBK der Tabelle 16 zu entnehmen. Die durchschnittlich betretenen Flächen waren meistens die ertragsreichsten Flächen. Auf den erhöht betretenen Flächen der Betriebe 2,3 und 8 konnten ebenfalls hohe Erträge ($\bar{\emptyset} > 80$ dt TM/ha) ermittelt werden. Der geringste Ertrag wurde in der Klasse „E“ auf Betrieb 6 gemessen. Auf den untersuchten Flächen der Klasse „S“ wurde auf den Untersuchungsbetrieben 2,3,6 und 8 die geringsten Erträge erzielt. Hier wurden zwischen 37 -76 % geringere Erträge im Vergleich zu den durchschnittlich betretenen Flächen gemessen. Die größten Auswirkungen zeigten sich im Frühjahr und Frühsommer. Hier konnten die deutlichsten Unterschiede zwischen den Trittbelastungsklassen ermittelt werden. Zum Ende des Untersuchungszeitraumes glichen sich die gemessenen Erträge im Durchschnitt an. Betrieb 1 und 7 wiesen auf den stark betretenen Flächen höhere Erträge im Vergleich zur Klasse „E“ auf. Diese Unterschiede sind nicht auf einen Effekt der Trittbelastung zurückzuführen. Die untersuchte Fläche der Klasse „S“ auf Betrieb 1 wurde 2012 nach einem Stallumbau neu eingesät. Die Grasnarbe auf den Untersuchungsflächen der

Tabelle 16: Gesamter Trockenmasseertrag in dt ha⁻¹ ermittelt aus der Summe aus den vier untersuchten Aufwüchsen über die Weideperiode zwischen Frühjahr und Herbst für alle Weidebetriebe

Betrieb	TBK	TME [dt ha ⁻¹]
1	D	80,38
1	E	64,59
1	S	105,42
2	D	103,82
2	E	91,73
2	S	36,58
3	D	138,5
3	E	111,51
3	S	71,22
6	D	83,38
6	E	42,19
6	S	19,76
7	D	88,59
7	E	53,52
7	S	71,41
8	D	90,32
8	E	97,15
8	S	56,83

Trittbelastungsklassen „D“ und „E“ stammt dagegen aus dem Jahr 1990. Und auch auf den Flächen auf Betrieb 7 wurde durch Bodenabtrag bzw. Auftrag der Effekt der Trittbelastung durch das Flächenmanagement überprägt.

Um zu prüfen, worauf die Ertragsunterschiede zwischen den Trittbelastungsklassen zurückzuführen sind, wurde der Zusammenhang zwischen dem über die vier Schnitte gemittelten Trockenmasseertrag und den untersuchten bodenphysikalischen Parametern untersucht. Während für Betrieb 8 kein Zusammenhang zwischen den untersuchten bodenphysikalischen Parametern und den mittleren Trockenmasseerträgen gefunden werden konnte (siehe 3.2.1), zeigt besonders die am Standort 2 gemessene Luftkapazität mit den Erträgen einen statistischen Zusammenhang (Abbildung 14).

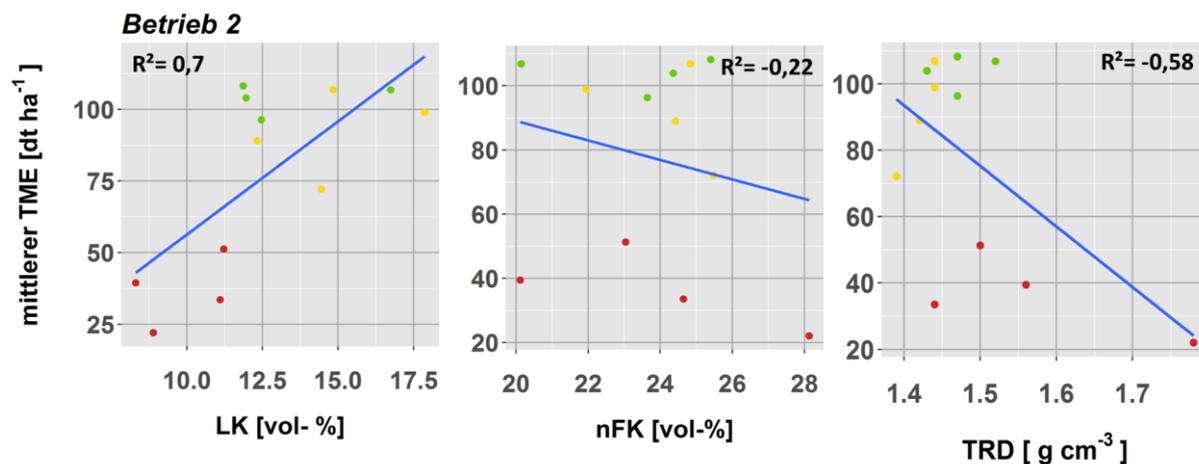


Abbildung 14: Statistische Zusammenhang zwischen dem mittleren Trockenmasseertrag und den untersuchten bodenphysikalischen Parametern Luftkapazität (LK), nutzbarer Feldkapazität (nFK) und Trockenroh-dichte (TRD) am Standort 2

3.3.2 Futterqualität

Mit Hilfe der Qualitätsanalysen wurde untersucht, ob sich neben den Ertragsminderungen durch die Folgen der Trittbelastungen auch die Futterqualität verändert. Die Darstellung der Ergebnisse konzentriert sich auf eine Auswahl wichtiger Futterqualitätsmerkmale: Rohprotein- (XP), Rohfasergehalt (XF) und Netto-Energie-Laktation (NEL).

In Abbildung 15 sind beispielhaft die Ergebnisse der Qualitätsanalyse für Betrieb 2 dargestellt. Die Rohproteingehalte nehmen generell über die Vegetationsperiode ab, während der Rohfasergehalt mit dem fortgeschrittenen Vegetationsstadium zunimmt. Auf den stark betretenen Flächen hatte vor allem der Aufwuchs im Frühjahr und Frühsommer einen geringeren Rohproteingehalt, welcher sich in der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode an die Werte der weniger

stark betretenen Flächen angeglichen hatte. Insgesamt waren die Unterschiede im Rohfasergehalt zwischen den TBK nicht so stark ausgeprägt. Auf den intensiv genutzten Weiden wurde mit Werten um die 6 MJ/kg TM ein gutes und energiereiches Futter angezeigt. Mit steigender Trittdensität ist auch hier mit einer Abnahme der Netto-Energie-Laktation zu rechnen, wobei die Unterschiede ähnlich dem Rohproteingehalt vor allem im Frühjahr auftreten. Im Anhang B: Ergebnisse Ertragsqualität sind die Ergebnisse der Qualitätsuntersuchungen der anderen untersuchten Standorte zu finden.

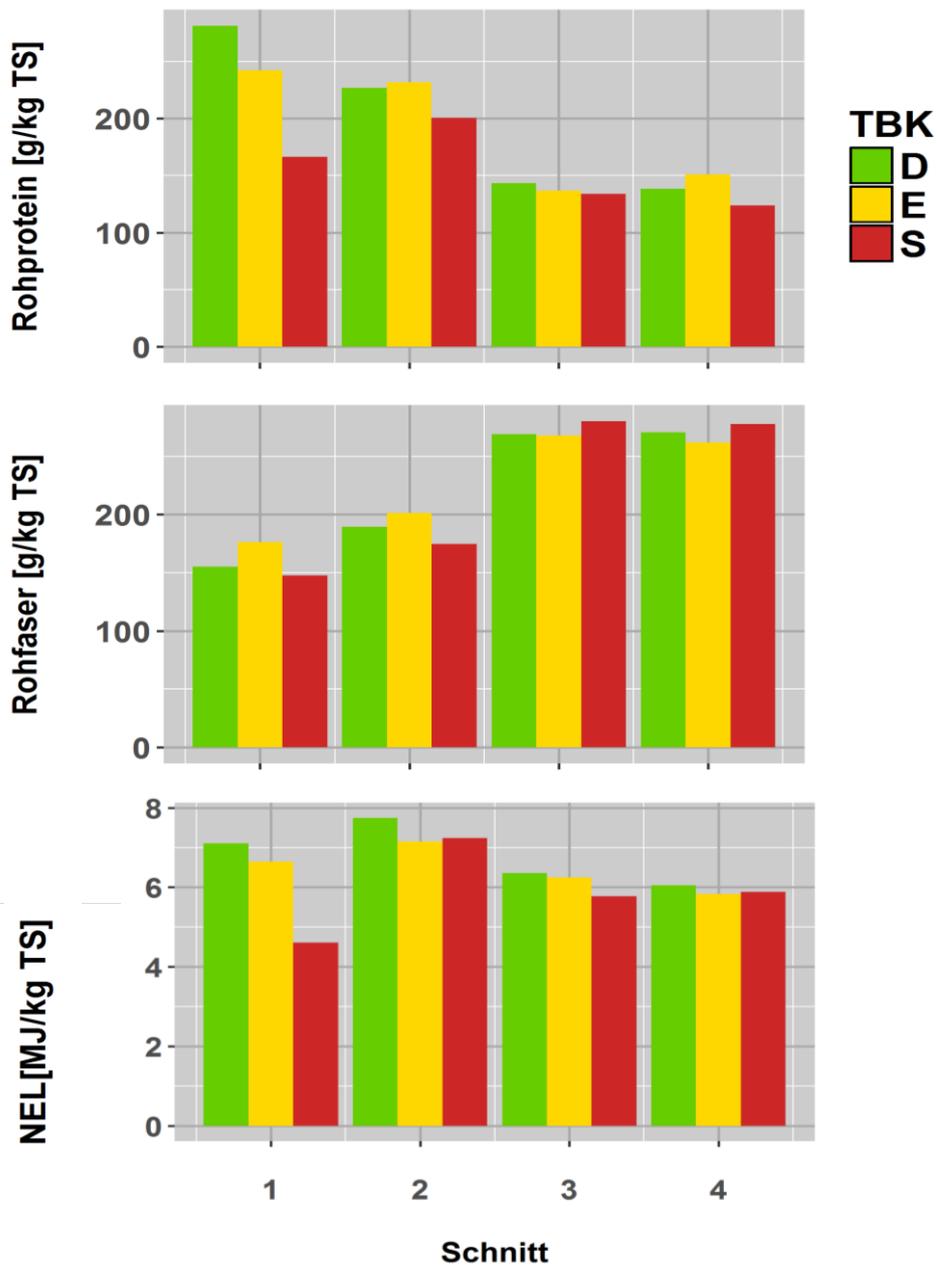


Abbildung 15: Mittlerer Rohproteingehalt, Rohfasergehalt und Netto-Energie-Laktation des Grünlandaufwuchses am Standort 2 unterteilt nach den Trittbelastungsklassen durchschnittlich betreten (D), erhöht betreten (E) und den vier untersuchten Aufwüchsen

3.3.3 Vegetationszusammensetzung

In Tabelle 17 sind die mittleren Anteile an Gräsern, Leguminosen und Kräutern für alle untersuchten Betriebe und die jeweiligen vier Trittbelastungsklassen dargestellt. Die zugehörigen Hauptertragsbildner sind in Anhang C: Hauptbestandsbildner zu finden. Ergänzt werden diese Daten durch den Lückenanteil an der gesamten Fläche und der aus der Ertragsanteilsschätzung

errechneten Futterwertzahl. Die Ergebnisse der Ertragsanteilschätzung zeigen, dass die Trittentensität die Artenzusammensetzung verändern kann. Durch die zunehmende lückenhafte Grasnarbe wird die Etablierung von trittunempfindlichen Kräutern begünstigt. Die Artenzahl kann dadurch zum Teil erhöht werden, jedoch nimmt der Futterwert gleichzeitig ab. Die untersuchten Bestände sind zumeist durch das Deutsche Weidelgras dominiert. Je nach Standort und TBK werden die Bestände durch verschiedene Rispenarten, Quecke, Wolliges Honiggras und anderen Grasarten durchmischt. Der Anteil an Leguminosen spielt an den untersuchten Standorten meist eine untergeordnete Rolle und ist durch das Vorkommen von Weißklee bestimmt. Die Betrachtung der Hauptertragsbildner zeigt, dass mit steigender Trittentensität die Bedeutung der Kräuter als Futterpflanze abnimmt. Während auf den weniger stark betretenden Flächen noch wertvolle Futterpflanzen wie Löwenzahn, Vogelmiere und Breitwegerich zu finden sind, wird der Kräuterbestand auf den stark betretenden Flächen durch Vogelknöterich dominiert, welcher kaum bis gar nicht durch Kühe gefressen wird (Pickert et al. 2012).

Tabelle 17: Mittlere prozentuale Anteile an Gräsern, Leguminosen und Kräutern für alle Betriebe und Trittbelaustungsklassen (TBK: N (nicht betreten), D (durchschnittlich betreten), E (erhöht betreten) und S (stark betreten)) sowie Lückenanteil an der Gesamtfläche und Futterwertzahl des Bestandes

Betrieb	TBK	Anteil Gräser [%]	Anteil Leguminosen [%]	Anteil Kräuter [%]	Lücken [% der Gesamtfläche]	Futterwertzahl
1	D	76,0	19,5	4,5	2,0	6,7
1	E	53,3	46,3	0,5	3,0	6,7
1	S	95,3	0,0	4,8	11,3	6,6
2	D	77,0	0,5	22,5	2,3	6,2
2	E	85,8	0,5	13,8	13,8	6,6
2	S	66,0	0,5	33,5	28,8	5,3
3	D	44,5	35,0	20,5	3,0	6,6
3	E	56,5	4,8	38,8	11,3	4,1
3	S	8,0	0,0	92,0	5,0	1,2
6	D	91,0	6,8	2,3	3,3	7,6
6	E	83,5	10,8	5,8	30,0	6,6
6	S	79,0	0,0	21,0	41,3	5,6
7	D	99,3	0,2	0,6	3,5	5,5
7	E	81,8	14,8	3,7	5,3	7,6
7	S	78,8	0,1	21,2	13,0	4,9
8	D	99,8	0,0	0,3	3,3	7,5
8	E	97,7	0,4	2,0	1,0	7,6
8	S	93,1	0,0	6,9	6,5	7,2

Abbildung 16 zeigt die Anzahl vorkommender Arten in Abhängigkeit der Nutzung. Für jede untersuchte Weide wurde zunächst die mittlere Artenzahl über die drei untersuchten TBK, daher über 24 m², gebildet. Für alle anderen untersuchten Flächen wurde die mittlere Artenzahl über die jeweils untersuchten 8 m² gebildet. Das Ergebnis zeigt, dass die hier untersuchten Wiesen mit 10,4 Arten im Mittel die höchste Artenzahl aufweisen, gefolgt von den beiden untersuchten Luzerneackerflächen mit 9,7 und den Weideflächen mit 7,7 Arten. Auf den Maisackerflächen (Vergleichsfläche am Standort 2; ausgewählt für die Fragen zur Kohlenstoffspeicherung) wurden im Durchschnitt 3,6 Arten pro Plot gefunden.

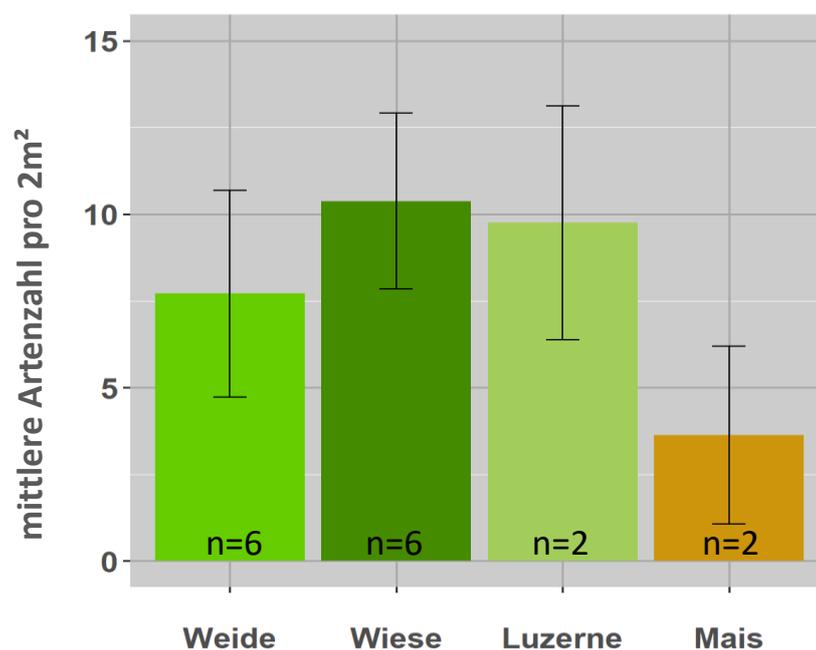


Abbildung 16: Mittlere Artenzahl für die nutzungsformen Weide, Wiese, Luzerneacker und Maisacker

3.4 Vergleich des Bodenkohlenstoffspeichers von Weide und Acker

Um die Ackerfläche insgesamt mit dem Nutzungstyp „Weide“ zu vergleichen, wurden für die folgenden Analysen die Plots der TBK „durchschnittlich betreten“, „erhöht betreten“ und „stark betreten“ zusammengefasst („Weide“) und mit der Kategorie „Acker“ verglichen. Als Referenz dienten darüber hinaus die Beprobungspunkte der TBK „Nicht betreten“.

3.4.1 Trockenrohddichte

Die Trockenrohddichte der Ackerfläche liegt im Mittel zwischen $1,43 \text{ g cm}^{-3}$ in 0 - 5 cm und $1,52 \text{ g cm}^{-3}$ in 10 – 15 cm, der Mittelwert der Beprobungstiefe 5-10 cm reiht sich mit $1,49 \text{ g cm}^{-3}$ zwischen diesen ein. Es ist somit eine Zunahme der Dichte mit der Tiefe festzustellen (Abbildung 17). Unter Ackernutzung ist die TRD im Vergleich zur Weide nur in den obersten 5 cm leicht erhöht. Die Referenzfläche weist in allen drei Tiefen eine geringere TRD auf.

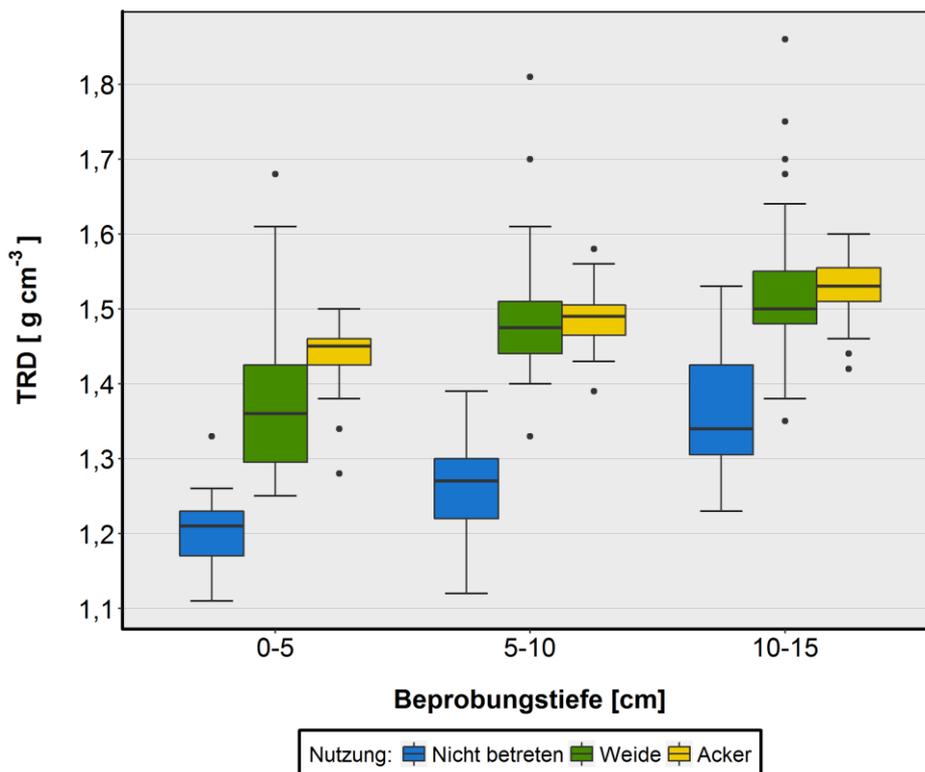


Abbildung 17: Trockenrohddichten in Abhängigkeit von der Beprobungstiefe für die unterschiedlichen Nutzungsformen am Standort 2

3.4.2 C_{org}-Konzentration

Die C_{org}-Konzentration der Ackerfläche liegt zwischen 1,03 % (Mittelwert für die Beprobungstiefe 10 – 15 cm) und 1,15 % (Mittelwert für die Beprobungstiefe 0 – 5 cm). Der Gehalt an organischem Kohlenstoff nimmt dementsprechend mit zunehmender Beprobungstiefe ab (Abbildung 18). Es zeigt sich eine deutliche Differenzierung hinsichtlich der Kohlenstoffkonzentrationen zwischen den Nutzungstypen. Insbesondere in der ersten Beprobungstiefe liegt der Mittelwert der Weidefläche mit 2,48 % deutlich über dem Mittel der Ackerfläche mit 1,15 %.

Eine zweifaktorielle ANOVA zwischen den drei Nutzungsformen bestätigt einen signifikanten Einfluss der Nutzung auf die Kohlenstoffkonzentration, ebenso zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den Beprobungstiefen (siehe Tabelle 18). Darüber hinaus ist die Interaktion der beiden Effekte signifikant. Der Einfluss der Nutzung unterscheidet sich folglich zwischen den Beprobungstiefen und der Tiefenverlauf der Konzentration an organischem Kohlenstoff ist je nach Nutzungstyp unterschiedlich. Diese Interaktion ist auch in Abbildung 18 zu erkennen. Die Änderung der Kohlenstoffkonzentration mit der Tiefe ist für die Weidefläche deutlich stärker ausgeprägt, als für die Ackerfläche. Der Unterschied zwischen den Nutzungen verringert sich mit zunehmender Beprobungstiefe, wobei die Werte der Weidenutzung in allen Tiefen über den Kohlenstoffkonzentrationen der Ackerfläche liegen.

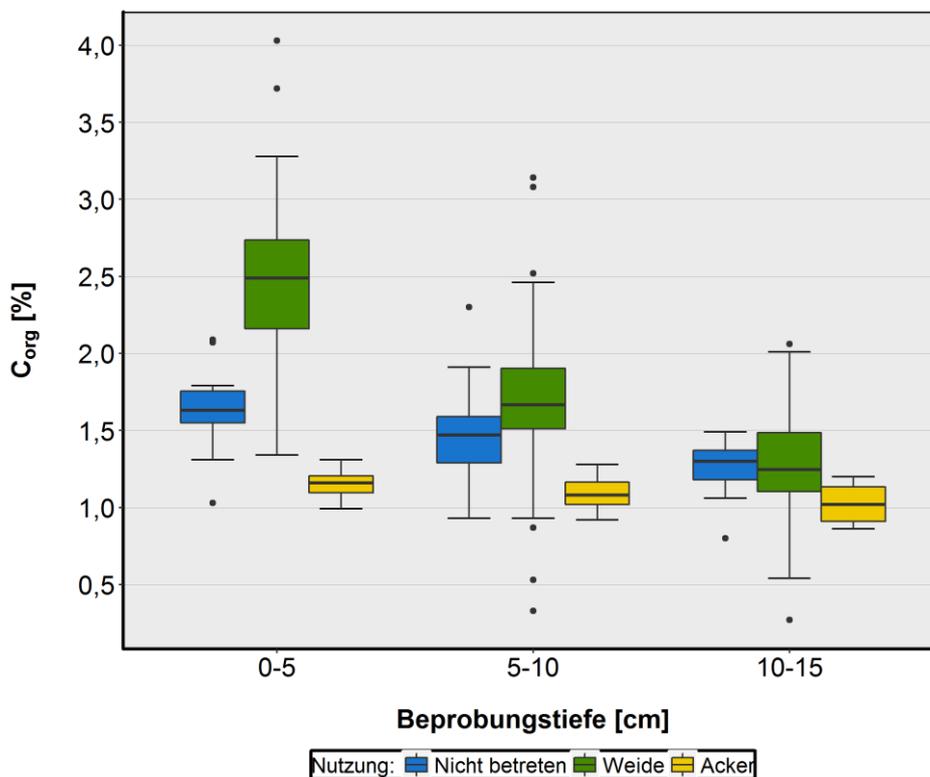


Abbildung 18: Organische Kohlenstoffkonzentration in Abhängigkeit der Beprobungstiefe für die unterschiedlichen Nutzungsformen am Standort 2

Ein angeschlossener Post-hoc-Test bestätigt signifikante Unterschiede zwischen den drei Nutzungsformen für die Beprobungstiefe 0 - 5 cm. In der Tiefe 5 - 10 cm unterscheiden sich Ackerfläche und Weidefläche noch signifikant voneinander, die Referenzfläche ist in dieser Tiefe

weder signifikant unterschiedlich zur Ackerfläche, noch zur Weidefläche. Für die Tiefe 10 – 15 cm bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Nutzungen mehr.

Tabelle 18: Signifikanz im F-Test (zweifaktorielle ANOVA) zur Überprüfung der Effekte der Faktoren Nutzung (mit „Weide“, „Referenz“, „Acker“) und Beprobungstiefe und deren Interaktion auf die Variable Corg [%] am Standort 2

Effekt	Signifikanz
Nutzung	< 0,0001 ***
Beprobungstiefe	< 0,0001 ***
Nutzung * Beprobungstiefe	< 0,0001 ***

3.4.3 Bodenkohlenstoffvorrat

Die Gesamtspeichermenge an organischem Kohlenstoff der Ackerfläche in 0 – 15 cm beträgt im Mittel circa 24 t ha⁻¹ (siehe Abbildung 19). Dies liegt deutlich unter der Kohlenstoffspeicherung der Grünlandfläche mit einer Spanne von circa 35 t ha⁻¹ (Mittel TBK „Durchschnittlich betreten“) bis etwa 42 t ha⁻¹ (Mittel TBK „Erhöht betreten“ und TBK „Stark betreten“). Die TBK „Nicht betreten“ ordnet sich mit einem Mittelwert 28 t ha⁻¹ in der Mitte zwischen Acker- und Weidenutzung ein.

Eine einfaktorielle ANOVA bestätigt einen signifikanten Einfluss der unterschiedlichen Nutzungen auf den Gesamtkohlenstoffvorrat in 0 - 15 cm ($F(2,67) = 31,59; p < 0,0001***$). Ein angeschlossener Post-hoc-Test zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen den Ackerplots und den Beprobungspunkten der Weidefläche (siehe Tabelle 19).

Tabelle 19: Ergebnisse des Tukey-Testes zur paarweisen Überprüfung der Mittelwerte der Variable Corg [t/ha] in 0-15cm der unterschiedlichen Nutzungen am Standort 2

Vergleich	Signifikanz
N – A	0,36
W – A	<0,0001
W – N	<0,0001

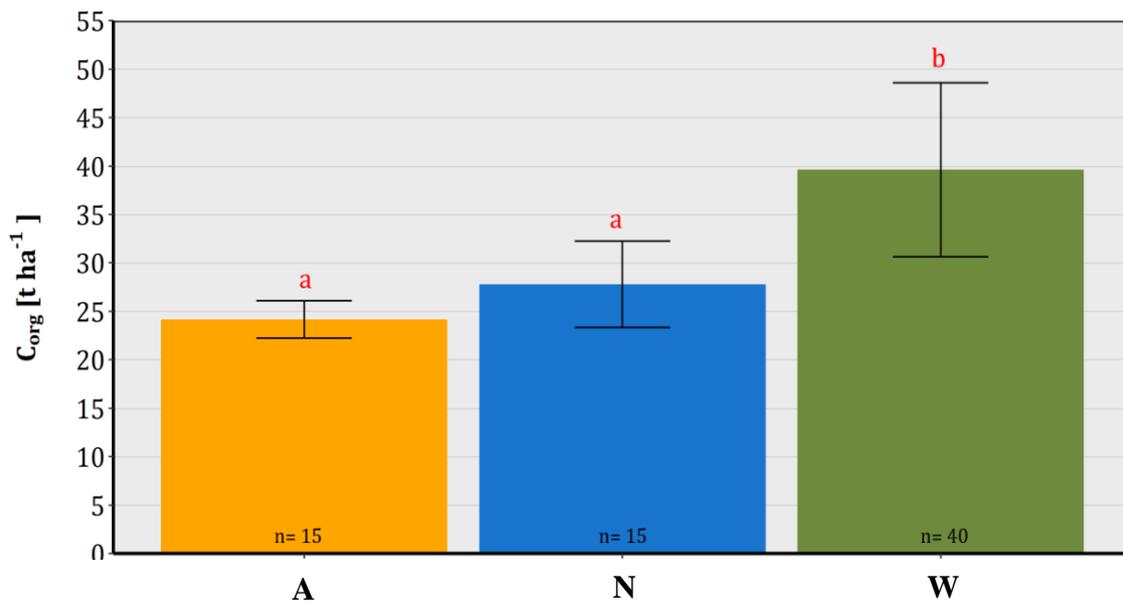


Abbildung 19: Gesamtbodenkohlenstoffvorrat in 0-15 cm der unterschiedlichen Nutzungen am Standort Standort 2; mit A=Ackerfläche; N= „Nicht betreten“/Referenzfläche; W=Weidefläche; ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

3.5 Ergebnisse Teilprojekt „Tier“

3.5.1 Analyse Milchleistungsprüfungsdaten

Die Untersuchungsbetriebe hatten im Untersuchungszeitraum einen über das Jahr einen stabilen Kuhbestand (Tabelle 20). Die kleinste und die größte Anzahl von Tieren weisen die Weidebetriebe auf.

Tabelle 20: Durchschnittliche Milchkuhanzahl nach Betriebsgruppen und Untersuchungsregion über 3 Jahre

	Mittlere Kuhanzahl	Min	Max
Weidebetriebe Sommer	259	126	731
Weidebetriebe Winter	258	132	719
Stallbetriebe Sommer	404	378	431
Stallbetriebe Winter	405	383	427
BB/ Mecklenburg Sommer	372	176	731
BB/ Mecklenburg Winter	369	177	719
Niedersachsen Sommer	219	126	431
Niedersachsen Winter	220	132	427

Tabelle 21 gibt einen Überblick über die dreijährige durchschnittliche tägliche Milchleistung je laktierende Kuh

Tabelle 21: Durchschnittliche Milchmenge pro Tier und Tag je Betriebsgruppe über 3 Jahre

	Mittlere Milch Kg	Min	Max
Weidebetriebe Sommer	30,4	26,3	34,4
Weidebetriebe Winter	30,4	25,7	34,6
Stallbetriebe Sommer	33,6	29,9	35,8
Stallbetriebe Winter	32,8	29,8	35,4
BB/ Mecklenburg Sommer	32,7	28,0	35,8
BB/ Mecklenburg Winter	32,9	29,6	35,4
Niedersachsen Sommer	29,9	26,3	33,6
Niedersachsen Winter	29,1	25,7	33,5

Die Stallbetriebe weisen im Durchschnitt eine durchschnittlich etwas höhere tägliche Milchleistung auf als die Weidebetriebe. Bei beiden Systemen sind die Melkdurchschnitte im Sommer bzw. im Winter annähernd gleich.

Die Altersstruktur in den Herden unterschied sich im Durchschnitt kaum zwischen den Stall- und Weidebetrieben (Tabelle 22). Den Minimalwert stellte ein Stallbetrieb mit 2,3 Laktationen und den Maximalwert ein Weidebetrieb mit 3,0 Laktationen

Tabelle 22: Durchschnittliches Mittel der Laktationsanzahl der Milchkühe pro Betriebsgruppe über 3 Jahre

	Mittelwert Laktation
Weidebetriebe	2,7
Stallbetriebe	2,6
BB/ Mecklenburg	2,6
Niedersachsen	2,7

Der Färsenanteil pro Herde unterschied sich ebenfalls im Mittelwert nur geringfügig zwischen den Gruppen Stall- und Weidebetriebe, jedoch z.T. deutlich zwischen den Einzelbetrieben: sowohl der Minimalwert (24,1 %) als auch der Maximalwert (40,8 %) wurde dabei von einem Weidebetrieb erreicht (Tabelle 23).

Tabelle 23: Durchschnittlicher Färsenanteil in der Herde pro Betriebsgruppe über 3 Jahre

	% Färsenanteil	Min	Max
Weidebetriebe	32,9	27,1	39,8
Stallbetriebe	32,4	31,9	32,8
BB/ Mecklenburg	34,4	29,5	39,8
Niedersachsen	31,2	27,1	34,8

Die Beziehung zwischen Haltungssystem und dem somatischen Zellgehalt in der MLP – Milch ist in Tabelle 24 dargestellt.

Tabelle 24: Durchschnittlicher Zellzahlgehalt pro Betriebsgruppe über 3 Jahre

	Zellzahl in T/ml	Min	Max
Weidebetriebe Sommer	227,4	203,0	277,6
Weidebetriebe Winter	204,7	150,8	266,7
Stallbetriebe Sommer	201,2	124,1	324,3
Stallbetriebe Winter	179,8	89,4	318,9
BB/ Mecklenburg Sommer	193,3	124,1	277,6
BB/ Mecklenburg Winter	169,3	89,4	266,7
Niedersachsen Sommer	250,4	211,9	324,3
Niedersachsen Winter	230,3	196,8	318,9

Im Durchschnitt trat in der Gruppe der Weidebetriebe ein leicht höherer Durchschnittswert bei den **Zellzahlen** auf als bei den Stallbetrieben. Der regionale Unterschied zwischen Nordostdeutschland und Niedersachsen war dabei größer als der Unterschied zwischen Stall- und Weidebetrieben. Der Maximalwert wurde durchgängig von einem Stallbetrieb erreicht.

Als Indikator für mögliche subklinische Pansenazidosen bzw. subklinischen Ketosen wurde der Fett - Eiweißquotient (F/E) in den MLP-Proben herangezogen. Die Ergebnisse sind der Tabelle 25 zu entnehmen.

Tabelle 25: Durchschnittliche Verteilung der Fett-Eiweiß-Quotienten bei den laktierenden Kühen in % je Hal-
tungsvariante

	Stallbetriebe Winter	Weidebetriebe Winter	Stallbetriebe Sommer	Weidebetriebe Sommer
F/E \geq 1,5	3,7	6,1	4,5	4,6
F/E 1,17 - 1,23	18,8	18,1	18,1	17,1
F/E \leq 1	10,2	9,0	10,8	16,9

In den Sommermonaten zeigte auf Weidebetrieben verglichen mit Stallbetrieben, ein im Durchschnitt um 6,1 Prozentpunkte höherer Herdenanteil, Anzeichen von **subklinischer Pansenazidose** (F/E \leq 1). Im Winterhalbjahr war dagegen der Herdenanteil der davon betroffenen Tiere

in Stallbetrieben um 1,2 Prozentpunkte höher als auf Weidenutzungsbetrieben. Bei den Anzeichen für **subklinische Ketose** ($F/E \geq 1,5$) wurde während der Weidesaison im Durchschnitt praktisch kein Unterschied zwischen Stall- und Weidebetrieben gefunden (0,1 Prozentpunkte Unterschied). Auf Weidenutzungsbetrieben stieg der Anteil der davon betroffenen Tiere in der Stallperiode gegenüber dem Sommerhalbjahr an und lag dann um 2,4 Prozentpunkte über dem jeweiligen Durchschnittswert der Stallbetrieb). Der Prozentsatz der Herde, welcher einen **idealen F/E Quotient** ($F/E = 1,17 - 1,23$) aufwies, schwankte zwischen den Jahreszeiten kaum und war auf Weidebetrieben nur geringfügig niedriger als in Stallbetrieben (0,7 Prozentpunkte im Winter und 1,0 Prozentpunkte im Sommer, Tabelle 25)

Bei allen untersuchten Betrieben stieg im Sommerhalbjahr der Prozentsatz an Tieren, welche einen erhöhten **Milchharnstoffgehalt** aufwiesen (Tabelle 26).

Tabelle 26: Durchschnittlicher Anteil laktierender Kühe mit erhöhtem Milchharnstoffgehalt

	% der melkenden Herde mit Milchharnstoff über 300mg/kg
Weidebetriebe Sommer	21,2
Weidebetriebe Winter	10,6
Stallbetriebe Sommer	13,1
Stallbetriebe Winter	8,1

Der Anstieg beim Harnstoffgehalt war bei den Weidebetrieben (um 10,6 Prozentpunkte) deutlicher ausgeprägt als bei den Stallbetrieben (um 5 Prozentpunkte).

Die gesundheitsbedingten Abgänge von Kühen aus den Herden werden in Tabelle 27 dargestellt.

Tabelle 27: Abgangsgründe (%) der jeweils durchschnittlichen Herdengröße über den Zeitraum von 3 Jahren

Grund	Weidebetriebe	Stallbetriebe
Stoffwechselprobleme	4,7	5,1
Eutererkrankungen	13,2	16,4
Unfruchtbarkeit	27,3	27,3
Klauenerkrankungen	10,5	10,1

Bei der Betrachtung der Häufigkeit unterschiedlicher **Abgangsgründe** zeigten die Weidebetriebe im Mittel eine geringere Häufigkeit bei den Abgängen durch Eutererkrankungen. Die Abgänge aufgrund von Unfruchtbarkeit unterschieden sich nicht zwischen den Betriebsgruppen. Klauenerkrankungen waren auf Weidebetrieben geringfügig häufiger der Grund für einen Abgang und Stoffwechselprobleme führten in Stallbetrieben etwas häufiger zu Merzungen.

3.5.2 Schätzung des Weidefutteranteils an der Energie- und Proteinversorgung der Kühe

Die Ergebnisse der Schätzung des Weidefutteranteils an der Gesamtration (Tabelle 28), sowie der ermittelte prozentuale Weideanteil an der Protein- (Tabelle 29) und der Energieversorgung (Tabelle 30) sind im Folgenden als Überblick dargestellt

Tabelle 28: Schätzwerte der Gesamt-Trockenmasseaufnahme und der Trockenmasseaufnahme über das Weidegras für die verschiedenen Weidesysteme

Betriebskennung	3	8	1	7	2	6
	GW	GW	HW	HW	HW	SW
Zugang zur Weide/Weidedauer (h/d)	22	16	8	8	8,5	5
Geschätzte Gesamt - TS-Aufnahme je Kuh (kg TS/d)	20,4	19,3	19,0	24,9	21,0	25,8
Weidegrasaufnahme (kg TS/d)	7,3	2,7	10,8	7,7	2,9	9,3
Weidegrasaufnahme (kg TS/h)	0,33	0,17	1,35	0,96	0,35	1,86
Weideanteil (% der Gesamt-TS-Aufnahme)	35,8	15,5	56,8	30,9	14,3	36,0

¹ GW = Ganztagsweide; HW = Halbtagsweide; SW = Stundenweide

Die aus den Milchleistungen abgeleiteten Werte für die Gesamt-Trockenmasse-Aufnahme pro Kuh schwanken zwischen 19 und 25,8 kg/d. Die Anteile des Weidefutters an der weisen eine erhebliche Varianz auf und scheinen die reale Situation auch nicht wider zu spiegeln. Die geringe Stichprobenzahl sowie Schwierigkeiten bei der Erfassung der tatsächlich aufgenommenen Futtermenge im Stall sind mögliche Ursachen für diese Ergebnisse. Diese Tatsache trifft auch für Rohprotein- und Energieversorgung zu, die in den Tabelle 29 und Tabelle 30 dargestellt sind.

Tabelle 29: Geschätzte Rohprotein-Aufnahme aus Weidegras und Anteil der Weide an der Deckung des nXP-Bedarfs pro Kuh und Tag

Betriebskennung	3	8	1	7	2	6
	GW	GW	HW	HW	HW	SW
nXP-Aufnahme aus Weidegras(g)	949	407	1462	956	383	1104
Weideanteil (%)	35,8	16,2	61,0	28,3	12,9	29,3

¹ GW = Ganztagsweide; HW = Halbtagsweide; SW = Stundenweide; S = Stall

Tabelle 30: Differenz zwischen Energiebedarf und -zufuhr über das Stallfutter (pro Tier und Tag) und prozentualer Anteil der Weide am Energiebedarf

Betriebskennung	3	8	1	7	2	6
	GW	GW	HW	HW	HW	SW
NEL (MJ)	41,7	18	67,1	41,3	17,8	50,8
Weideanteil (%)	32,5	14,7	56,6	26,4	12,7	29,7

¹ GW = Ganztagsweide; HW = Halbtagsweide; SW = Stundenweide; S = Stall

3.5.3 Tierwohlerfassung

Die Beurteilung tierbezogener Parameter lieferte bei Stall- und Weidebetriebe in der gemeinsamen Stallhaltungsperiode ähnliche Werte bei Verschmutzungen (Tabelle 31), Körperkondition (Tabelle 33), Nasenausfluss, Augenausfluss und Durchfällen (Tabelle 34). Im Sommerhalbjahr zeigten sich trotz Weidenutzung (Weidefütterung) auf der einen Seite und reiner Stallhaltung (ausschließlich gezielte Stallfütterung) auf der Anderen, nur geringe Unterschiede bei der Körperkondition (Tabelle 33). Bei beiden Betriebsgruppen stieg der Anteil unterkonditionierter Tiere im Sommerhalbjahr um ca. 7 Prozentpunkte verglichen mit dem Winterhalbjahr, auf dann ca. 30 % an.

Die Verschmutzung der Tiere nahm bei Weidenutzung im Sommerhalbjahr ab (Tabelle 31), ebenso die Anzahl von Tieren, die Beeinträchtigungen am Integument (Klasse 2 - 4, Tabelle 32) und Anzeichen von Durchfall (Tabelle 34) aufwiesen. Betriebe mit sommerlicher Weidenutzung wiesen verglichen mit reinen Stallhaltungen ebenfalls einen deutlich geringeren Anteil von lahmen Tieren auf – sowohl im Sommerhalbjahr (16,6 Prozentpunkte weniger als in Stallbetrieben) als auch im Winterhalbjahr (11,6 Prozentpunkte weniger als in Stallbetrieben, Tabelle 35).

Im Zusammenhang mit Weidenutzung war im Sommerhalbjahr eine Zunahme des Anteils von Tieren mit Augenausfluss zu beobachten (Tabelle 34).

Tabelle 31: Anteile der Herdenstichproben, die Verschmutzungen aufweisen

Verschmutzung	Sommer		Winter	
	Weidebetriebe	Stallbetriebe	Weidebetriebe	Stallbetriebe
Hinterbein (%)	87,2	95,5	77,5	78,8
Schenkel (%)	46,6	66,3	60,2	57,1
Euter (%)	28,7	45,6	30,6	29,7

Tabelle 32: Anteile der Herdenstichproben, die Veränderungen am Integument aufweisen

	Sommer		Winter	
	Weidebetriebe	Stallbetriebe	Weidebetriebe	Stallbetriebe
Klasse 1 (%)	70,3	28,5	46,3	35,7
Klasse 2 (%)	19,7	32,2	25,3	21,2
Klasse 3 (%)	4,0	16,8	7,1	14,5
Klasse 4 (%)	5,0	31,1	20,0	27,7

Tabelle 33: Anteile der Herdenstichproben, die unterdurchschnittliche Körperkondition aufweisen

	Sommer		Winter	
	Weidebetriebe	Stallbetriebe	Weidebetriebe	Stallbetriebe
BSC zu gering (%)	29,9	30,9	22,1	23,0

Tabelle 34: Anteile der Herdenstichproben, die Zeichen von Augenausfluss, Nasenausfluss oder Durchfall aufweisen

	Sommer		Winter	
	Weidebetriebe	Stallbetriebe	Weidebetriebe	Stallbetriebe
Augenausfluss (%)	7,0	2,7	1,1	1,4
Nasenausfluss (%)	13,6	13,3	10,8	10,6
Durchfall (%)	29,8	36,0	25,6	26,0

Tabelle 35: Anteile der Herdenstichproben, die Lahmheiten zeigen

	Sommer		Winter	
	Weidebetriebe	Stallbetriebe	Weidebetriebe	Stallbetriebe
Lahm (%)	16,1	32,7	24,0	35,6

3.5.4 Verhaltensuntersuchung

Die Merkmale des analysierten Aktivität- und Ruheverhaltens werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 36: Aktivitätsniveau und Liegezeiten pro Tag

Weideperiode	Steps /h am Tag	Liegezeit/Tag in h
Herde 3 (Vollweide)	732	11,9
Herde 2 (Halbtagsweide)	431	11,7
Herde 6 (Stundenweide)	479	10,0
Mittelwert (Weideherden Milchvieh)	547	11,2
Herde 5 (Stallhaltung)	375	10,5
Mittelwert Vergleichsgruppe (Weideherden Mutterkühe)	747	8,0
Stallperiode		
Herde 3 (Vollweide)	348	15,7
Herde 2 (Halbtagsweide)	320	12,6
Herde 6 (Stundenweide)	322	12,5
Mittelwert (Weideherden)	330	13,6
Herde 5 (Stallhaltung)	309	11,9

Während der Weideperiode zeigten sich deutliche Unterschiede in der Aktivität zwischen Herden mit und ohne Weidegang. Die Milchvieherden mit Weidezugang zeigten im Durchschnitt

im Sommerhalbjahr eine um 45,9 % höhere Aktivität als die Milchviehherde ohne Weidezugang (min: 14,9 % mehr als Stalltiere bei Halbtagsweide, max: 95,2 % mehr als Stalltiere bei Vollweide) – im Winterhalbjahr bei Stallhaltung aller Tiere sank dieser Unterschied auf durchschnittlich 7 % mehr Aktivität bei den Herden, die sommerlichen Weidegang gehabt hatten. Die Referenzgruppe Mutterkühe hatte während der Sommermonate eine um 99,2 % höhere Aktivität als die Gruppe in reiner Stallhaltung zur selben Zeit.

Im Durchschnitt zeigten die Tiere in reiner Stallhaltung sowohl im Winterhalbjahr als auch im Sommerhalbjahr etwas geringere Liegezeiten pro Tag als die Milchkühe mit Sommerweidegang. Die Mutterkuhherden hatten im Vergleich zu allen Milchviehherden eine deutlich geringere tägliche Liegezeit.

3.6 Betriebswirtschaftlichen Daten

Auf Basis der Daten aus dem Wirtschaftsjahr 2012/13, 2013/14 und 2014/15 wird nachfolgend ein Überblick über die betriebswirtschaftlichen Kennzahlen gegeben; hierbei wird zunächst die Outputseite betrachtet, im Anschluss daran werden die für die DEA in Betracht gezogenen Inputs diskutiert.

Einen Überblick über die Kooperationsbetriebe, deren Haltungsformen sowie die Betriebsgröße liefert Tabelle 37.

Tabelle 37: Überblick Kooperationsbetriebe, Mittelwerte über die Wirtschaftsjahre 2012/13, 2013/14, 2014/15

Projektinterne Betriebsnummer	Landkreis	Haltungsform	Milchkühe	Milchleistung nach MLP [kg je Kuh]	Grünlandfläche [ha]	Grünlandfläche [ha je Milchkuh]
1	Friesland	Halbtagsweide	118,8	7908,6	84,3	0,71
2	Nordvorpommern	Halbtagsweide	189,5	9235,9	104,9	0,55
3	Havelland	Ganztagsweide	162,2	8456,2	139,3	0,86
4	Ammerland	Stallhaltung	389,0	8750,1	269,1	0,69
5	Oberhavel	Stallhaltung	345,2	10632,9	259,4	0,75
6	Ludwigslust	Stundenweide	591,0	9900,0	337,6	0,57
7	Wesermarsch	Halbtagsweide	139,3	10080,2	119,5	0,86
8	Leer	Halbtagsweide	156,2	8627,4	106,6	0,68

Der Milchkuhbestand der Weidebetriebe lag auf einem ähnlichen Niveau zwischen 118 und 189 Tieren. Eine Ausnahme bildet Betrieb 6 mit der Haltungsform Stundenweide und einem Bestand von durchschnittlich 591 Milchkühen. Die Stallbetriebe hatten mit 389 bzw. 345 Tieren einen durchschnittlich größeren Bestand als die Weidebetriebe.

Die Stallbetriebe hatten mit 9691,5 M-kg je Milchkuh ein durchschnittlich höheres Leistungsniveau als die Weidebetriebe mit 9034,7 M-kg. Dabei ist zu beachten, dass die Leistung der Weidebetriebe stark variiert, einzelne Weidebetriebe erzielten höhere Leistungen als der Stallbetrieb mit der geringsten Leistung. Die höchste Leistung wurde von dem Stallbetrieb im Landkreis Oberhavel verwirklicht, die geringste Leistung erbrachte ein Weidebetrieb im Landkreis Friesland.

Die verfügbare Grünlandfläche je Milchkuh variiert stark zwischen den Betrieben, es kann kein Unterschied zwischen den Stall- und den Weidebetrieben ausgemacht werden. Die geringste und die höchsten Flächenanteile wiesen jeweils Weidebetriebe auf.

Die Anteile der landwirtschaftlichen Produktionsrichtungen am Gesamtertrag aus der landwirtschaftlichen Produktion sind in Abbildung 20 dargestellt. Hier ist ein deutlicher, regionaler Unterschied festzustellen. Während die Niedersächsischen Betriebe ihren Ertrag aus der Landwirtschaft fast ausschließlich über den Verkauf von Milch und Rindern erzielen, generieren die ostdeutschen Betriebe im Vergleich einen höheren Teil des Ertrages aus der Pflanzenproduktion. Im Vergleich mit den Weidebetrieben ihrer Region erwirtschaften die Stallbetriebe einen deutlich höheren Ertragsanteil durch die Pflanzenproduktion. Im Wirtschaftsjahr 12/13 wurde zudem vom Brandenburger Stallbetrieb 5 einen Teil des Ertrages durch die Schweinemast erzielt.

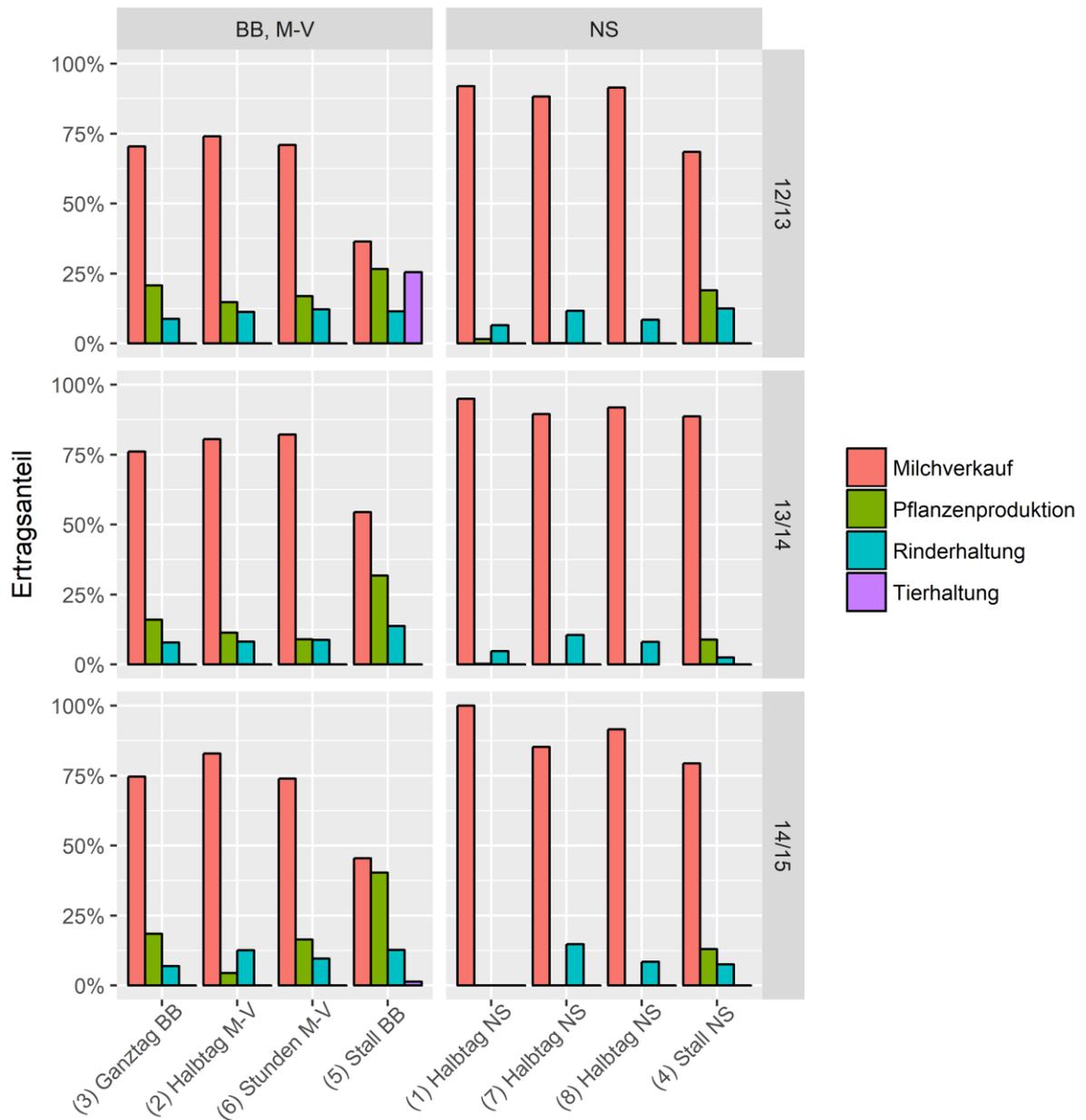


Abbildung 20: Anteile der landwirtschaftlichen Produktionsrichtungen am Gesamtertrag aus der landwirtschaftlichen Produktion für die Wirtschaftsjahre 2012/13, 2013/14 und 2014/15. Getrennt nach den Regionen Brandenburg (BB) / Mecklenburg-Vorpommer (M-V) und Niedersachsen (NS)

Abbildung 21 stellt die Aufwendungen für die Milchproduktion getrennt nach Kostenbereichen für die untersuchten Wirtschaftsjahre da (in € je kg ECM). Insgesamt sind je Betrieb über die einzelnen Wirtschaftsjahre zum Teil deutliche Variationen beobachtbar. Die einzelnen Aufwendungsbereiche variieren auch innerhalb der Regionen; in Tabelle 39 sind die Werte gemittelt über die Jahre zusammengefasst. Gemittelt über die Wirtschaftsjahre zeigte sich jedoch, dass die Weidebetriebe sowohl je Region als auch insgesamt geringere Aufwendungen hatten (Tabelle 38 und Abbildung 22).

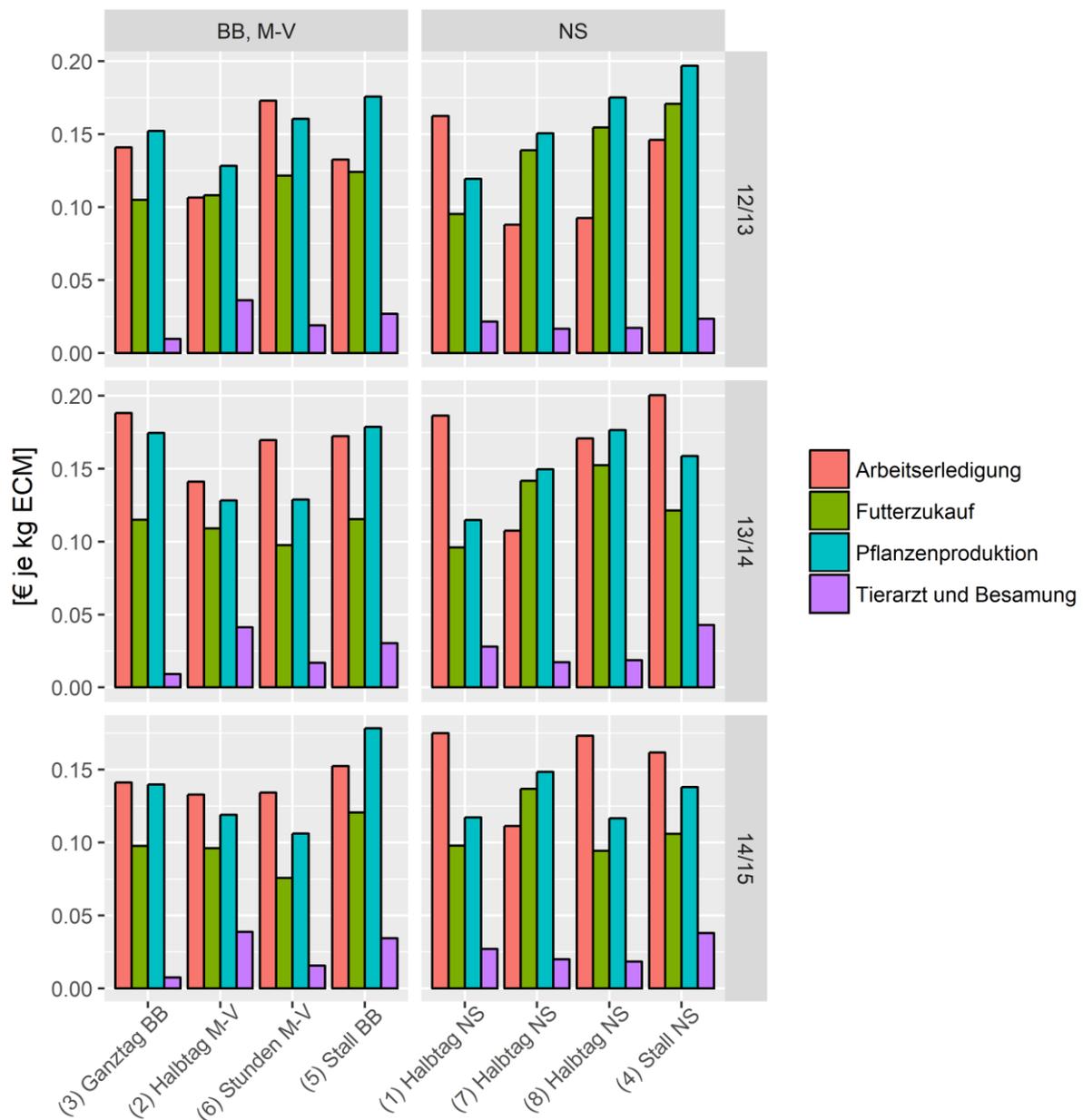


Abbildung 21: Kostenstruktur der Milchproduktion getrennt nach Aufwendungen für die Arbeitserledigung, den Futterzukauf, die Pflanzenproduktion sowie für Tierarzt und Besamung. Dargestellt für die einzelnen Wirtschaftsjahre 2012/13, 2013/14 und 2014/15 und die Untersuchungsregionen.

Dabei ist zu beachten, dass in den jeweiligen Wirtschaftsjahren einzelne Weidebetriebe in den einzelnen Kostenkategorien durchaus höhere Aufwendungen als der jeweilige regionale Stallbetrieb hatten.

Tabelle 38: Aufwendungen für die Milchproduktion in ct je kg ECM, gemittelt über den Beobachtungszeitraum gemäß BZA.

	Arbeitsleistung		Futterzukauf		Pflanzenproduktion		Tierarzt und Besamung	
	Stall	Weide	Stall	Weide	Stall	Weide	Stall	Weide
BB, M-V	15,2	14,6	12,0	10,8	17,8	14,3	3,0	2,3
NS	16,8	14,2	13,3	12,3	16,4	14,1	3,5	2,0
Alle Regionen	16,0	14,4	12,6	11,6	17,1	14,2	3,3	2,2

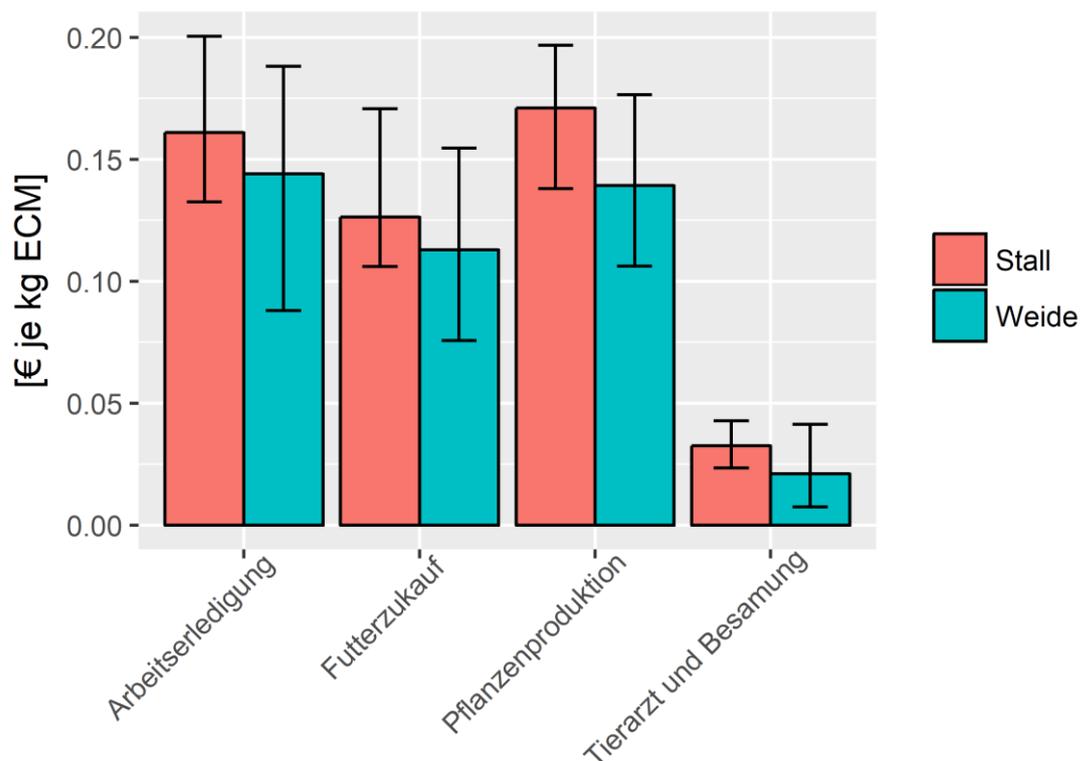


Abbildung 22: Kostenstruktur der Referenzbetriebe gemittelt über alle Wirtschaftsjahre

3.7 Arbeitszeitbefragung

Die folgenden Ergebnisse basieren auf der Bachelorarbeit Stark (2017), deren Ziel es war, die Unterschiede zwischen Weide- und Stallhaltung im Arbeitsaufwand unabhängig von der Betriebszweigabrechnung zu erfassen und zu systematisieren. Zunächst wird zur Validierung des gemessenen Arbeitsaufwandes eine Gegenüberstellung in der Innenwirtschaft mit Werten aus der Literatur sowie des KTBL präsentiert (Abbildung 23).

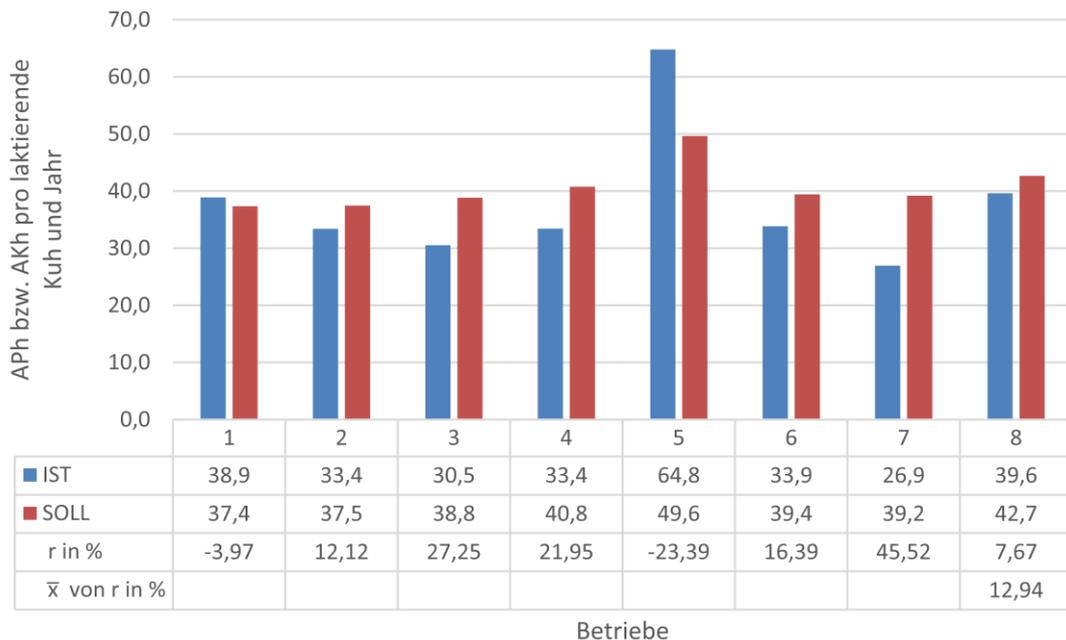


Abbildung 23: Vergleich des Arbeitszeitverbrauchs in der Innenwirtschaft der Milchviehhaltung nach ermittelten Werten und Literaturangaben

Für zwei Betriebe lagen die Planwerte (Soll) unter den Ist-Werten; bei den restlichen Betrieben lagen die Planwerte des Arbeitsaufwandes für die Innenwirtschaft oberhalb. Die relativen Abweichungen variieren zwischen 7,67 % und 45,52 %, das arithmetische Mittel bei 12,94 %.

In Abbildung 24 ist die Gesamtarbeitszeit in Arbeitspersonenstunden (APh) unterteilt in die wichtigsten Arbeiten: Stallarbeiten, Fütterung, Melken, Weidearbeiten, Buchführungsarbeiten und Sonderarbeiten für das gesamte Wirtschaftsjahr dargestellt. Die Fütterungs- und Buchführungsarbeiten variieren je nach Betrieb und es lassen sich keine systematischen Unterschiede finden. Das Melken nimmt in allen Betrieben den höchsten Arbeitszeitbedarf in Anspruch. Auffällig ist, dass die Melkarbeiten in beiden Stallbetrieben am aufwändigsten sind. Die Stallarbeiten sind bei allen Weidebetrieben geringer und zusammen mit den Weidearbeiten fällt auf, dass sich keine Unterschiede im Vergleich zu den Stallbetrieben festmachen lassen. Insgesamt ist

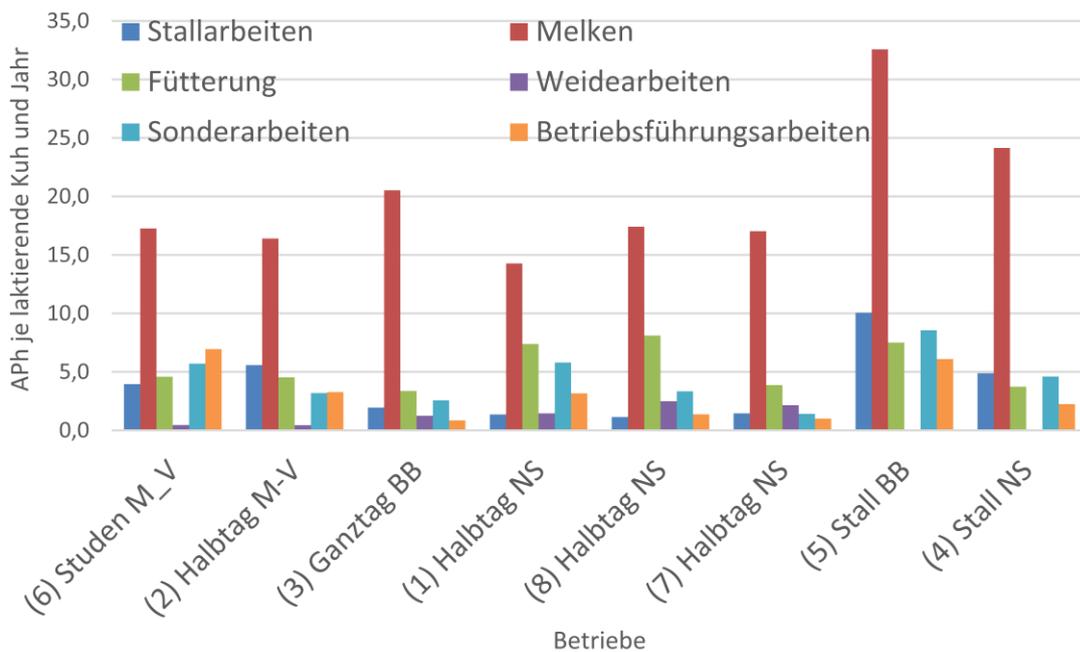


Abbildung 24: Erfasste Gesamtarbeitszeit der Innenwirtschaft

der zeitliche Aufwand für Weidearbeiten relativ gering, schwankt jedoch zwischen den Betrieben.

In Abbildung 25 sind in Arbeitspersonenminuten (APmin) je laktierende Kuh und Jahr die Ergebnisse der Befragung Bezug nehmend auf die saisonale Differenzierung nach Stall- und Weide-

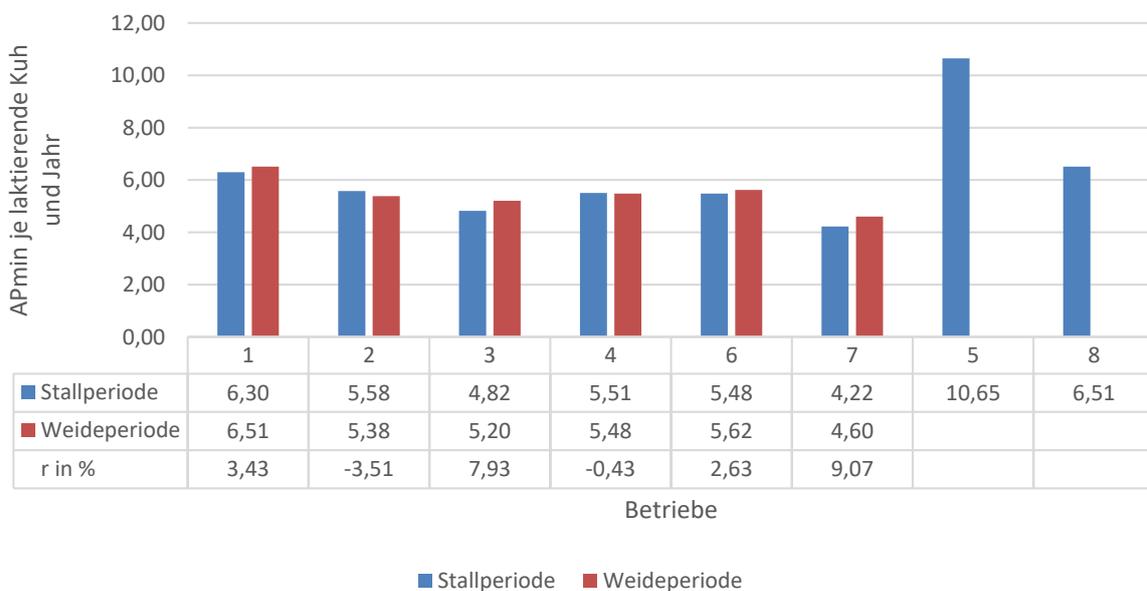


Abbildung 25: Ergebnisse Arbeitszeitbefragung in Arbeitspersonenminuten (APmin) je laktierender Kuh und Jahr

deperiode dargestellt. Beide Betriebe mit Halbtagsweidebetriebe (2 und 4) zeigten eine Verringerung des Arbeitsaufwands der Zeiten beim Übergang von der Stall- in die Weideperiode auf, da in der Weideperiode weniger Zeit pro Kuh und Tag benötigt wurde.

Der Stundenweidebetrieb (6) in M-V zeigte während der Weideperiode Mehrarbeit durch Weide- und Sonderarbeiten (+3,43 %). Für die Betriebe mit mehr als 12 h in (Ganztag BB und Halbtags NS 8), konnten Arbeitseinsparungen in der Stallarbeit während der Weidesaison gemessen werden, jedoch durch die zusätzlichen Weidearbeiten konnte die Einsparung nicht kompensiert werden, was zu einer Erhöhung der APmin je laktierender Kuh und Tag führt. Ein Halbtagsweidebetrieb in Niedersachsen zeigt mit 9,07 % Mehraufwand während der Weidesaison die größten prozentualen Abweichungen zwischen den Perioden.

Zudem wurden Unterschiede in der Grünlandbewirtschaftung näher untersucht; hierfür wurde der Arbeitszeitbedarf aller maschinellen Bewirtschaftungsmethoden erfasst und verglichen, wie sich der Arbeitszeitbedarf der Weidebetriebe vom Stallbetrieb 8 (Nds) unterscheidet. Um die Gefahr einer verzerrten Messung aufgrund der geringen Stichprobe zu verringern wurde zudem verglichen, inwiefern sich die Arbeitswirtschaft unter der hypothetischen Annahme ohne Weidehaltung in den Betrieben ändern würde (KTBL-Feldarbeitsrechner auf Basis der betriebseigenen Maschinenausstattung). Da von Stallbetrieb 5 keine Daten vorlagen, konnte dieser nicht in den Vergleich mit einbezogen werden.

In folgender Abbildung 26 ist der Arbeitsaufwand bezogen auf alle Kühe für verschiedene Varianten der Grünlandbewirtschaftung - mit und ohne Weide - gegenübergestellt. Zusätzlich wurden die Weidearbeiten integriert (Zaun-, Treib und sonstige Weidearbeiten; mW+).

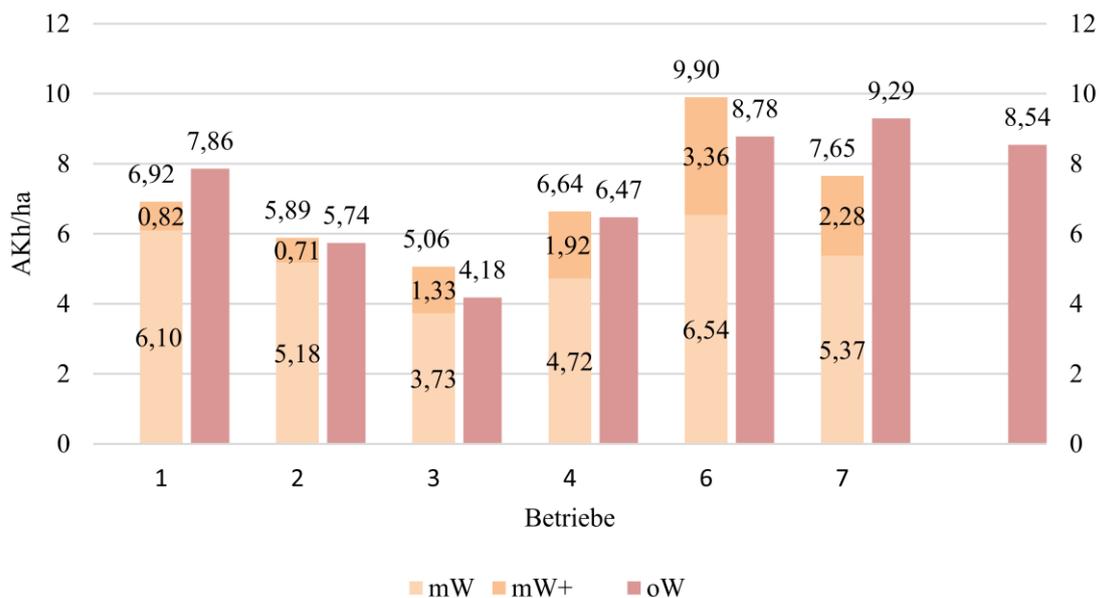


Abbildung 26: Arbeitszeitbedarf je ha Grünlandbewirtschaftung
 mW = Grünlandbewirtschaftung mit Weide; mW+ = Weidearbeiten ; oW = Grünlandbewirtschaftung ohne Weide

Der erfasste Arbeitszeitbedarf der Weidebetriebe für die Grünlandbewirtschaftung variiert zwischen 3,73 und 6,54 AKh je ha und Jahr. Alle Betriebe mit Weidebewirtschaftung benötigen weniger Zeit je Hektar sowohl als der Vergleichsstallbetrieb als auch im Vergleich zu einer hypothetischen Schnittnutzung des Grünlandes. Unter der Annahme der hypothetischen Schnittnutzung zeigen 2 Betriebe einen höheren jährlichen Aufwand als der Vergleichsstallbetrieb. Die prozentuale Änderung in der Arbeit durch eine hypothetische Schnittnutzung lag zwischen 10,73 % bei Betrieb 2 und 72,90 % bei Betrieb 7. Im Mittel weicht die hypothetische Variante um 32,62 % von der tatsächlichen Grünlandbewirtschaftung ab.

Allerdings zeigten die Ergebnisse auch, dass wenn zur Grünlandbewirtschaftung mit maschineller Weidepflege die Zaun-, Treib- und sonstige Weidearbeiten zugerechnet wurden, nur noch der Standweidebetrieb und der Portionsweidebetrieb arbeitswirtschaftliche Vorteile in der Weidehaltung im Vergleich zu einer hypothetischen reinen Schnittnutzung haben. Die relative Abweichung zur reinen Schnittnutzung liegt hier bei 13,66 bzw. 21,40 %. Bei allen übrigen Betrieben würde mit reiner Schnittnutzung der Arbeitszeitbedarf um 2,55 bis 11,30 % sinken. Ein Betrieb lag mit dem empirischen Arbeitszeitbedarf bei Berücksichtigung der zusätzlichen Weidearbeiten von 9,90 AKh je ha und Jahr sogar über dem des Stallbetriebs 8. Im Gegensatz dazu

lagen alle übrigen Weidebetriebe trotz Einbeziehen der Weidearbeiten im Arbeitszeitbedarf unter dem Stallbetrieb 8. Bei den Weidebetrieben lag das arithmetische Mittel der relativen Abweichung von tatsächlicher Situation mit Weidearbeit und hypothetischer Variante ohne Weide bei 0,20 %.

3.8 Data Envelopment Analysis

Auf Basis der betriebswirtschaftlichen Daten wurde zunächst ein DEA-Modell mit rein wirtschaftlichen Input- und Outputfaktoren berechnet wie es typischerweise in der Literatur zu finden ist. Um eine bessere Differenzierung der Ergebnisse vor dem Hintergrund der geringen Stichprobe zu erreichen wurden die von LFA M-V zur Verfügung gestellten Daten dreier Stallbetriebe (Nr. 9 - 11) aus dem Referenztestbetriebsnetz in M-V mitberücksichtigt. Allerdings konnte diese nicht bei allen Varianten berücksichtigt werden, da für diese Betriebe keine Informationen über die Tiergesundheit und die Arbeitszeit erhoben werden konnten. Die Referenzbetriebe in wiesen Bestandsgrößen von 613 bis 1246 Milchkühen und Milchleistungen von 10505 bis 10939 kg ECM je Kuh auf.

Tabelle 39: Technische Effizienz (TE) der Milchviehhaltung der untersuchten Betriebe. Inputfaktoren: Aufwand für Arbeit, Futterzukauf und Tierarzt/Besamung; Outputfaktor: Milchmenge

Haltung	BB, M-V		NS		Mittel Haltungssystem
	Betrieb	TE	Betrieb	TE	
Weide	(2) Halbttag M-V	0,950	(1) Halbttag NS	0,911	0,888
	(3) Ganzttag BB	0,910	(7) Halbttag NS	0,913	
	(6) Stunden M-V	0,838	(8) Halbttag NS	0,805	
Stall	(5) Stall BB	0,707	(4) Stall NS	0,717	0,834
	(9) Stall M-V	0,925			
	(10) Stall M-V	0,914			
	(11) Stall M-V	0,910			
Mittel Region		0,879		0,836	

Zunächst wurden als vergleichbare Inputfaktoren die Aufwendungen für die Arbeitserledigung (inkl. Entnahmen für die Lebenshaltung), den Futterzukauf und für Tierarzt und Besamung gemäß Betriebszweigabrechnung in der Effizienzanalyse berücksichtigt. Als relevanter und zu untersuchende Output wurde die erzeugte Milchmenge berücksichtigt. Sowohl Inputs als auch Outputs wurden auf Betriebsebene und Jahr skaliert.

Aufgrund der geringen Stichprobe und der Selektion der Referenzbetriebe auf Vergleichbarkeit war es nicht möglich zu testen, ob Betriebe mit variablen oder konstanten Skalenerträgen wirtschaften. Vor diesem Hintergrund wurde von variablen Skalenerträgen ausgegangen, was eine Vergleichbarkeit von Betrieben mit ähnlicher Größenskalierung der Inputs gewährleisten soll. Für die Referenzbetriebe aus M-V lagen nur Daten aus dem Wirtschaftsjahr 2014/15 vor und deshalb wurden ebendiese auch von den Kooperationsbetrieben verwendet. Eine weitere Ausnahme bildet der Stundenweidebetrieb (6). Von diesem waren nur die Daten aus dem Jahr 2012/2013 verfügbar und wurden daher für die Analyse genutzt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 39 dargestellt.

Im Mittel wiesen die Weidebetriebe eine um 5,3 % höhere Technische Effizienz als die Stallbetriebe auf. Im regionalen Mittel waren die ostdeutschen Betriebe um 4,3 % effizienter. Auffällig ist, dass in diesem Modell die beiden untersuchten Stallbetriebe geringere Effizienzwerte als die untersuchten Weidebetriebe aufweisen. Ebenfalls geringere Effizienzwerte als die restlichen Betriebe wiesen in dieser Modellspezifikation der Stundenweidebetrieb (6) aus M-V und der Halbtagsweidebetrieb (8) aus Niedersachsen. Die verbleibenden vier Weidebetriebe zeigten nach diesem Modell genauso hohe Scores als die Stallbetriebe aus dem Testbetriebsnetzwerk M-V.

Es sind nur wenige Ansätze bekannt, die das Tierwohl explizit im Rahmen einer Produktivitätsanalyse berücksichtigen. Im Rahmen dieses Projektes konnte die Diskussion in der Literatur zusammengetragen und weiter informiert werden (vgl. Schulte et al. 2017). Hierbei zeigte sich, dass insbesondere die Komplexität von Tierwohl eine Herausforderung darstellt. Das Welfare Quality® Protokoll, welches als fundiertes Konzept zur Tierwohlfortsbewertung erarbeitet wurde, zeigt diesen Sachverhalt sehr gut auf. So werden bei der Messung bis zu 50 verschiedene Merkmale berücksichtigt, die dann wiederum in vier Dimensionen (Verhalten, Fütterung, Haltung, Gesundheit) zusammengefasst werden und dann in einem Index münden (Welfare Quality® 2009). Die Aggregation dieses komplexen Sachverhalts erscheint zwar zunächst bequem, ist jedoch gleichzeitig kritisch zu hinterfragen. Das gilt insbesondere vor dem Hintergrund der Frage wie der Zusammenhang zwischen Tierwohl und Tiergesundheit zum einen, Weide und

betrieblichem Erfolg zum anderen ist. In dieser Pilotstudie wurde der Ansatz verfolgt, Tierwohl und Tiergesundheit explizit in der Effizienzanalyse zu berücksichtigen.

Die konkrete Einbeziehung des Tierwohls erforderte einige Vorüberlegungen, insbesondere die Frage ob dieses als Input oder Output in das DEA-Modell mit einbezogen werden soll. Für die Verwendung als Input würde sprechen, dass hohes Tierwohl als komplexer Produktionsfaktor mit hohem Managementanteil in den Prozess eingeht und hohe Leistungen und eine lange Nutzungsdauer sichert (Bormann 2014). Gegen die Verwendung als Input in der DEA spricht das Ziel des inputorientierten DEA Modells, nämlich aufzuzeigen in welcher Form der Einsatz von Produktionsfaktoren bei gleicher Outputleistung zu minimieren ist. Die Minimierung von Tierwohl kann jedoch, auch wenn es zunächst theoretisch sinnvoll erscheinen mag, nicht das Ziel der Produktionsoptimierung sein. Vielmehr kann Tierwohlbefinden dazu beitragen, dass der eigentliche Produktionsprozess effizient stattfinden kann. Diese Argumentation lässt sich vielmehr mit Tiergesundheit vereinbaren. Allerdings muss ebenso die Einordnung der Tiergesundheit in das DEA Modell diskutiert werden. In den rein ökonomischen Ansätzen wird diese bisher über die Tierarztkosten erfasst (Allendorf und Wettemann 2015). Dagegen spricht, dass die Tierarztkosten bei den untersuchten Betrieben nicht signifikant mit relevanten Gesundheitsindizes z.B. mit der Anzahl der lahmen Kühe korrelieren. Der Grund dafür könnte darin liegen, dass die Landwirte unterschiedlich mit Erkrankungen umgehen und kranke Tiere z.T. erst spät dem Tierarzt zukommen lassen, oder diese gleich ganz aus dem Bestand entfernen. Barnes et al. (2011) nutzen in ihrer Studie den Anteil lahrender Kühe als Inputfaktor und Ersatz für die Tierarztkosten. Der Vorteil dieses Ansatzes ist, dass er einen Indikator dafür liefert um wieviel der Anteil kranker Tiere reduziert werden muss um höhere technische Effizienz zu erreichen. Dieser Ansatz wird auch hier verfolgt, die Anzahl lahrender Tiere wird als Indikator für die Tiergesundheit als Input verwendet.

Alternativ kann Tierwohlfahrt zudem als öffentliches Gut verstanden werden, dass zusätzlich im Produktionsprozess bereitgestellt wird, jedoch nicht entlohnt wird und niemand von der Nutzung im Sinne eines Konsums ausgeschlossen werden kann. Weitere Autoren argumentieren sogar, dass es sich um ein quasi öffentliches Gut oder „partial responsibility“ Gut (z.B. Mann 2015). Auf Basis der in Teilprojekt Tier erhobenen Daten wurde Tierwohl über den Body Condition Score gemessen. Da dieser Score vielmehr das Wohlbefinden der Tiere abbildet und weniger den Gesundheitszustand, der wiederum als Negativindikator zu interpretieren wäre

und Kosten verursacht, kann der BCS eher als „Zugewinn“ interpretiert werden und wird deshalb als Output in der DEA Analyse berücksichtigt. Dieser wurde im Rahmen von Teilprojekt Tier erfasst und als Anzahl der normalgewichtigen Milchkühe skaliert verwendet.

Da die Futterleistung der Weide über die Kosten für den Futterzukauf nur zum Teil erfasst wird (und sich die Abschätzung sich als nicht valide herausgestellt hat, vgl. Abschnitt 3.5.2), werden diese in einem weiteren Schritt durch die, über die Stallfütterung aufgenommene, Energie [MJ NEL] ersetzt. Der Gedanke dahinter ist, dass auf der Weide aufgenommenes Grundfutter grundsätzlich günstiger ist als das aus der Futtermittelherstellung. Daher ist eine Reduzierung der über die Stallfütterung aufgenommenen Energie erstrebenswert (Elsäßer et al. 2014).

Eine weitere Motivation für diese Pilotstudie war zudem, ob Weidehaltung zu Tierwohlbefinden beitragen kann und ob sich dieser mögliche Zusammenhang in betrieblichen Erfolgsmaßen manifestieren lässt. Hierzu wurde die Grafik aus Henningsen et al. 2017 und Schulte et al. 2017 modifiziert (vgl. Abbildung 27) und illustriert zum einen, dass Weide zum einen ein relevanten Input über die Futterbereitstellung darstellt. Zum anderen kann Weide, ebenso wie Tierwohl, als gesellschaftlich relevante Leistung für das Landschaftsbild bewertet werden, für die es selbst keine direkte Entlohnung gibt und auch hier niemand vom Konsum ausgeschlossen werden kann. Somit entsteht auch in diesem Fall ein öffentliches Gut.

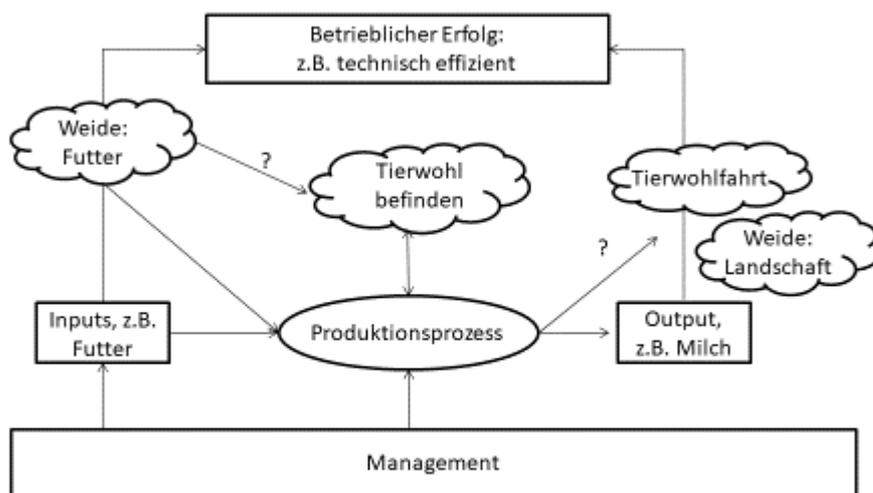


Abbildung 27: Das mögliche Zusammenspiel Weide-Tierwohlfahrt-technische Effizienz

Auf Basis dieser Überlegungen wurden fünf DEA Modelle berechnet, darunter ein Basismodell (Modell 1) mit denselben ökonomischen Input- und Outputfaktoren wie zuvor. Da für die Referenzbetriebe aus M-V keine Informationen über die Tiere erhoben werden konnten, wurden diese in den folgenden Berechnungen nicht weiter berücksichtigt. Datengrundlage bilden hier die über die drei Wirtschaftsjahre gemittelten Daten der Kooperationsbetriebe. In Tabelle 40 sind alle Modellspezifikationen zusammengefasst.

Tabelle 40: *Finale Modellspezifikationen*

	Inputfaktoren	Outputfaktoren
Modell 1	Aufwand für Tierarzt und Besamung (TA) Aufwand für Futterzukauf (FK) Arbeits erledigungskosten (AEK)	Milchmenge (MM)
Modell 2	Aufwand für Tierarzt und Besamung (TA) Aufwand für Futterzukauf (FK) Arbeits erledigungskosten (AEK)	Milchmenge (MM) Body Condition Score (BCS)
Modell 3	Anzahl lahrender Tiere (Lahmheit) Aufwand für Futterzukauf (FK) Arbeits erledigungskosten (AEK)	Milchmenge (MM)
Modell 4	Aufwand für Tierarzt und Besamung (TA) NEL in MJ über Stallfutter (NEL Stall) Arbeits erledigungskosten (AEK)	Milchmenge (MM)
Modell 5	Anzahl lahrender Tiere (Lahmheit) NEL in MJ über Stallfutter (NEL Stall) Arbeits erledigungskosten (AEK)	Milchmenge (MM) Body Condition Score (BCS)

In Abbildung 28 sind die Technischen Effizienzwerte (TE) für alle Betriebe über alle Modell dargestellt. Hierbei fiel zunächst auf, dass der Unterschied zwischen Stall- und Weidebetrieben weiterhin besteht, unabhängig von der jeweiligen Modellspezifikation, auch wenn weniger Betriebe in der Gruppe ohne Weidehaltung berücksichtigt werden. Das Ranking änderte sich innerhalb der Gruppe der Betriebe mit Weidehaltung je nach Modellspezifikation, wenngleich einige Unterschiede nur wenig ausgeprägt sind.

Ein direkter Vergleich der Modelle ist vor dem Hintergrund zu sehen, dass unterschiedliche Variablen unterschiedlich gut die Variabilität der Betriebe abbilden. Dieser Vergleich soll helfen, herauszufinden, inwiefern Futter und tierspezifische Indikatoren für die Ermittlung der technischen Effizienz relevant sein können. So zeigte sich bei der Berücksichtigung von Lahmheiten (Modell 3 im Vergleich zu Modell 1 mit Tierarztkosten) und der Berücksichtigung der Futteraufnahme im Stall, die als kostenintensiver eingestuft werden kann, anstatt der Kosten für Futterzukauf (Modell 1 versus Modell 4), dass sich die Effizienzwerte so ändern, dass sich die Reihenfolge zwischen den Betrieben ändert. Bei Berücksichtigung der Tierarztkosten in Modell 1 erscheinen die Betriebe mit mehr als 12 h Weidegang im Vergleich trotz niedrigerer Milchleistung durchaus effizient. Werden die Lahmheiten als Approximation für den Gesundheitsstatus der Tiere berücksichtigt, so geht dies‘ insgesamt niedrigeren Effizienzwerten für alle Betriebe einher (Modell 3), insbesondere für den Betrieb mit Ganztagsweide in BB. Für den Betrieb mit mehr als 12 h Weidegang in Niedersachsen geht diese Modellspezifikation ebenso mit geringeren Effizienzwerten einher, jedoch ändert sich die Reihung zwischen den Betrieben in Niedersachsen nicht. Gleichermaßen geht die Berücksichtigung von Energie aus Stallfutter anstelle der Kosten für Futterzukauf mit Änderungen in der Reihenfolge einher. Die so ermittelten Werte sind insgesamt geringer und weisen für BB/M-V relativ geringere Effizienzwerte für die Betriebe mit Stundenweide und für den Stallbetrieb im Vergleich zum Ganztagsbetrieb auf. Für die Betriebe in Niedersachsen ändert sich die Reihenfolge, so dass der Betrieb mit Halbtagsweide (8) die höchsten Werte aufweist. Auffällig und erwähnenswert erschien jedoch, dass sich durch Hinzunahme des BCS als Output (Modell 1 versus Modell 2) bei Berücksichtigung der Tierarztkosten das Ranking nicht ändert und die Werte nur im vernachlässigbarem Bereich. Werden jedoch sowohl die Tierarztkosten durch die Lahmheiten ersetzt und der BCS mit aufgenommen (Modell 5), so zeigt sich in den ostdeutschen Betrieben eine Relativierung zwischen Weide und Stall, d.h. es sind weniger Unterschiede im Vergleich zu Modell 1 zu finden und der Betrieb mit Ganztagsweide weist wie auch in Modell 4 die höchsten Effizienzwert auf. In Niedersachsen lassen sich in dieser Konstellation keine Unterschiede zwischen den Betrieben mit mehr als 12 h Weide und Stundenweide feststellen. Da der Unterschied zwischen Weide- und Stallbetrieben über alle Modellspezifikationen bestehen bleibt und aufgrund der geringen Stichprobe keine statistisch abgesicherte Validierung möglich ist, wird im Folgenden darauf nicht mehr eingegangen und konzentriert auf die Weidebetriebe eingegangen. Im Standardmodell (Modell 1), in Modell 2 sowie im Modell 3, wenn der BCS als zusätzlicher Output bzw. die Lahmheiten anstelle der Tierarztkosten berücksichtigt wird, zeigte die Form der ganz-

tägigen Weidehaltung einmal den höchsten (Niedersachsen) und einmal den niedrigsten Effizienzwert (BB) bei getrennter Betrachtung der Regionen innerhalb der Gruppe der Betriebe mit Weidehaltung.

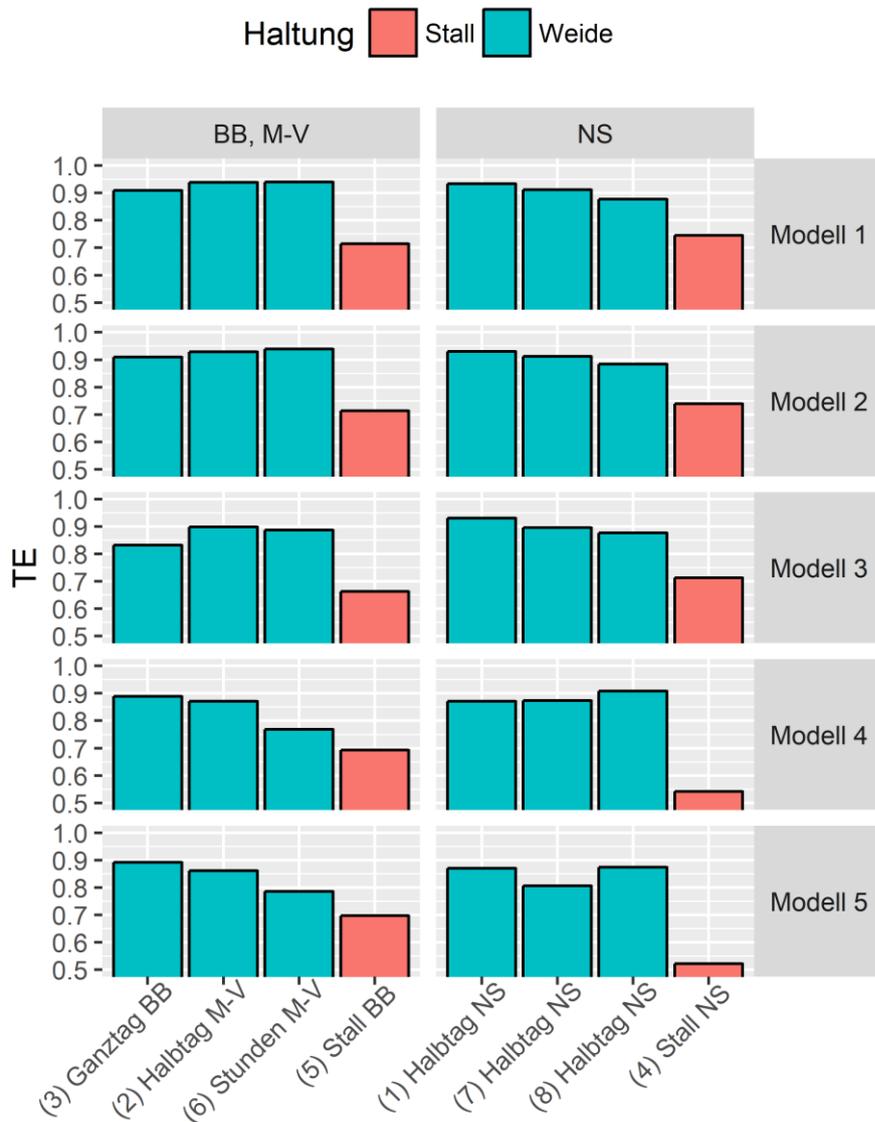


Abbildung 28: DEA Ergebnisse Modellspezifikationen 1-5

Gegenüber dem horizontalen Betriebsvergleich bietet die DEA den Vorteil, dass direkt ableitbar ist, welche Optimierungspotentiale für einen Betrieb bestehen. Auch kann für wirtschaftlich erfolgreiche Betriebe Information zur Verbesserung ihrer ökonomischen Situation gewonnen werden. Vor dem Hintergrund der geringen Stichprobe ist es jedoch schwierig, die Referenzsituation (Effizienzlinie) abzubilden. Deshalb wird diese Idee exemplarisch dargestellt, um den

Demonstrationscharakter der vorliegenden Ergebnisse zu untermauern. Unter Berücksichtigung der Lahmheiten und der Arbeit als relevante Inputs, so zeigt sich in untenstehender Abbildung 29, dass deutliche Einsparpotenziale im Anteil der lahmen Kühe möglich sind, wodurch die Betriebe die technische Effizienz verbessern können. Technische Effizienz ist als eine Kerndimension wirtschaftlichen Erfolgs zu sehen und somit kann eine Verbesserung zu insgesamt wirtschaftlich erfolgreicherer Betrieben führen. Lediglich ein Betrieb zeigt in dieser Spezifikation ein Einsparpotenzial bei den Arbeitskosten.

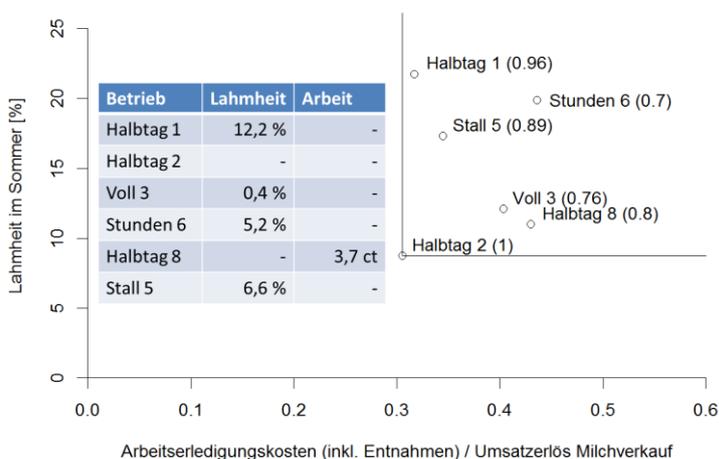


Abbildung 29: Exemplarische Darstellung der Verbesserungspotenziale anhand der Effizienzkurve

4 Diskussion der Ergebnisse

4.1 Teilprojekt Boden

Die Ergebnisse aus den bodenphysikalischen und -chemischen Untersuchungen zeigen, dass die Art der Auswirkungen intensiver Beweidung auf den Boden stark von den Standortsvoraussetzungen abhängig ist. Am Standort 2 konnte mit steigender Trittbelastung eine Verdichtung des Oberbodens mit einhergehender Abnahme der Luftkapazität festgestellt werden, während am Standort 8 keine Veränderungen der bodenphysikalischen Parameter durch eine intensivere Weidenutzung nachzuweisen war. Auch Singleton et al. (2000) haben in ihrer Studie gezeigt, dass die Trockenrohdichte, das Gesamtporenvolumen und die Porengrößenverteilung nicht immer gute Indikatoren für Veränderungen durch Beweidung darstellen. Die Resistenz gegenüber Verdichtungen durch Trittbelastungen kann auf die individuellen Standortsvoraussetzungen zu-

rückgeführt werden. Standort 8 weist einen hohen Jahresniederschlag auf. Auf der Untersuchungsfläche befinden sich vorwiegend Knickmarschen, welche durch Stau- und Haftnässe geprägt sind. Es ist daher davon auszugehen, dass hier häufig Verhältnisse mit hoher Bodenfeuchte oder sogar Wassersättigung vorliegen. Die Art der Bodenveränderungen infolge von Trittbelastungen ist primär von der Bodenfeuchte abhängig. Bei hoher Bodenfeuchte oder Wassersättigung treten vermehrt “pugging” oder “poaching” auf (Bilotta et al. 2007). Diese Prozesse führen weniger zu einer Verdichtung des Oberbodens mit einer einhergehenden Verringerung des Porenvolumens, als vielmehr zu einer Deformation der Bodenstruktur mit einhergehender Abnahme der Porenkontinuität. Im Falle von trockeneren Bodenverhältnissen sind Marschböden aufgrund ihres hohen Tongehaltes ebenfalls wenig verdichtungsanfällig. Standort 2 weist einen geringeren Jahresniederschlag auf, zudem ist die Bodenart von einem hohen Sandgehalt geprägt (lehmiger Sand). Bei trockeneren Bodenfeuchteverhältnissen dominiert der Prozess der klassischen Verdichtung („compaction“) mit steigenden Trockenrohdichten unter Abnahme des Porenvolumens (Bilotta et al. 2007, Steffens et al. 2008, Singleton et al. 2000, Singleton und Addison 1999, Willatt und Pullar 1984). Wie auch schon Singleton und Addison (1999) und Opitz von Boberfeld et al. (2007) untersucht haben, ist hier vor allem der Anteil weiter Grobporen (Luftkapazität) betroffen. Diese Porengröße kann maßgeblich die Wasserleitfähigkeit und die Durchlüftung des Bodens und damit auch wasserregulierende Prozesse sowie das Pflanzenwachstum beeinflussen. Standortunabhängig ist hingegen der erhöhte Nährstoffeintrag vor allem von Phosphor und Kalium mit steigender Trittbelastung. Da die stark beanspruchte Grasnarbe auf den stark betretenen Flächen oft lückenhaft ist, wird der Nährstoffüberschuss kaum durch das Pflanzenwachstum ausgeglichen. Hinzu kommt das steigende Erosionspotenzial, welches bei entsprechender Hangneigung zum Tragen kommt. In solchen Fällen ist mit einem erhöhten Stoffaustrag in das umliegende Gewässersystem zu rechnen. Die stark betretenen und potenziell gefährdeten Flächen machen allerdings in den meisten Fällen nur einen kleinen prozentualen Anteil an den beweideten Flächen aus. Auch Hilder (1964) und Schuman et al. (1999) konnten mit steigender Beweidungsintensität einen erhöhten Nährstoffeintrag über Exkremate und Urin und eine Akkumulation von organischem Kohlenstoff und Stickstoff im Vergleich zu naturbelassenen oder extensiv genutzten Flächen beobachten. Andere Studien konnten hingegen eine Abnahme von organischem Kohlenstoff und Stickstoff unter intensiver Weidenutzung im Vergleich zu naturbelassenen oder extensiv genutzten Flächen nachweisen (Xie und Wittig 2004, Steffens et al. 2008, Han et al. 2008). Ursache für die Abnahme der organischen Substanz ist meist eine gestörte und lückenhafte Vegetationsdecke, welche vor allem Bodenerosion und damit einen großflächigen Abtrag des Oberbodens begünstigt, aber auch

eine verringerte Kohlenstoffanreicherung durch Rhizodeposition und Wurzelumsatz zur Folge hat. Die Bodenkohlenstoffspeicherfunktion auch von intensiv genutzten Weidestandorten ist im Vergleich zu Ackerstandorten insgesamt positiv zu bewerten. Am Standort 2 wird unter Weidenutzung im Vergleich zur Ackernutzung knapp 40 % (15 t C ha⁻¹) mehr Kohlenstoff in den obersten 15 cm gespeichert. Die untersuchte Ackerfläche ist direkt an die Weidefläche angrenzend. Neben dem möglichen Einfluss der Bodenart konnte durch die räumliche Nähe der beiden untersuchten Flächen auch der Einfluss des Klimas auf den Kohlenstoffspeicher ausgeschlossen werden. Die Unterschiede sind daher allein auf die Nutzung zurückzuführen. Der Acker wird konservierend bearbeitet, die Fruchtfolge ist von Mais und Winterweizen dominiert. Hingegen den Erwartungen unterscheidet sich die Trockenrohdichte nicht signifikant zwischen Weide und Acker (im Vergleich Chen et al. 2009, Wang et al. 2015). Grund hierfür könnte zum einen die intensive Nutzung der Weide und die damit verbundenen hohen Trockenrohdichten sein. Zum anderen könnte die konservierende Bodenbearbeitung des Ackerstandortes den Aufbau eines stabilen Bodengefüges gefördert und folglich zu einer höheren Tragfähigkeit im Vergleich zu konventionell bearbeiteten Böden geführt haben (Carter 1992). Der unterschiedliche Verlauf der Konzentration an organischem Kohlenstoff mit der Tiefe zwischen der Acker und der Weidefläche stimmt mit den Ergebnissen von Chen et al. (2009) überein. Bei dessen Untersuchung von 13 Grünlandstandorten im Vergleich zu Ackerstandorten (auch reduziert bearbeitet) wurden ebenfalls in 0 - 5 cm und 5 - 10 cm signifikant höhere Kohlenstoffkonzentrationen gefunden, in 10 - 15 cm waren die Unterschiede bereits nicht mehr signifikant. Aufgrund der ähnlichen TRD ist der höhere Kohlenstoffvorrat unter Weidenutzung ausschließlich auf die erhöhten C_{org}-Konzentrationen zurückzuführen. Die Unterschiede in der Kohlenstoffkonzentration zwischen Grünland und Acker können auf einen verringerten anthropogenen Eingriff bei Grünlandbewirtschaftung, der grünlandspezifischen Vegetation und dem Eintrag über Exkrememente zurückgeführt werden (Soussana et al. 2004, Jobbagy und Jackson 2000, Schuman et al. 1999, Hilder 1964). Dieses Ergebnis reiht sich in die Ergebnisse anderer Studien ein. Freibauer et al. (2015) stellten bei den bisher ausgewerteten Beprobungspunkten der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft innerhalb einer Bodenklasse in allen untersuchten Tiefenstufen 20 bis 30 % geringere Kohlenstoffvorräte unter Acker im Vergleich zu Grünland fest. Chen et al. (2009) ermittelten 44 % höhere Bodenkohlenstoffvorräte unter Grünlandnutzung.

Zur Weidehaltung von Hochleistungskühen sind gute bis sehr gute Grünlandstandorte mit qualitativ hochwertigen Pflanzenbeständen Voraussetzung (Pries 2004). Zur Gewährleistung eines hohen Leistungsniveaus von 8000 kg und mehr in der Milchproduktion wird vom Grünland ein energiereiches und hochverdauliches Futter benötigt (Hertwig und Pickert 2006). Angestrebt

wird ein Proteingehalt von über 18 % mit einem Rohfasergehalt unter 21 %, die Verdaulichkeit der organischen Substanz sollte mehr als 78 % betragen und eine Energiekonzentration von mindestens 6,7 MJ NEL/kg TS aufweisen (Hertwig und Pickert 2006; Pries 2004). Die ermittelten Erträge auf den durchschnittlich betretenen Flächen und zum Teil auch auf den erhöht betretenen Flächen entsprechen den Ertragsleistungen von Intensivgrünland (Vergleich: Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein 2012: 80 und 120 dt TM/ha). Durch die steigende Trittbelastung muss mit einem Ernteverlust gerechnet werden. Die saisonal auftretenden Trittschäden konnten mit dem hier gewählten Untersuchungsdesign noch nicht erfasst werden. Der Ertragsverlust würde daher bei „echter“ Beweidung noch höher ausfallen als hier quantifiziert. Die Höhe des Verlustes ist nicht direkt auf das Haltungssystem zurückzuführen. Das intensivste Weidenutzungssystem (Standweide, Betrieb 6) wies zwar insgesamt die geringsten Erträge und die höchsten Ertragsverluste auf. Jedoch wurden auf dem Halbtagsweidebetrieb (Betrieb 2) sehr viel höhere Ertragsverluste durch starke Trittbelastungen ermittelt, als auf den beiden Ganztagsweidebetrieben 3 und 8. Grünlandpflanzen sind im Allgemeinen gut an die regelmäßige Entblätterung durch die Tiere angepasst, so dass die Entblätterung sogar die ober- und unterirdische Biomasseproduktion durch vermehrtes Wachstum anregen kann. Da bei Halbtagsweidebetrieben die Kühe oft schon durch Stallfutter gesättigt auf die Weide gehen, könnte das konsequentere und regelmäßige Abgrasen auf den Ganztagsbetrieben zu moderateren Ertragsverlusten geführt haben. Zusätzlich wird hier der Einfluss der individuellen Standortfaktoren sichtbar. Die Ergebnisse der Ertragsanteilsschätzung zeigen, dass durch steigende Trittintensität die Artenzusammensetzung verändert und das Vorkommen von wertvollen Futterpflanzen gemindert werden kann. In erster Linie wirken sich sehr hohe Trittintensitäten ungünstig auf den Grasbestand zugunsten trittunempfindlicher Kräuter aus. Verstärkt wird die Etablierung von Kräutern ebenfalls durch den höheren Lückenanteil in der Grasnarbe. Leguminosen sind bei den hier untersuchten intensiven Weidestandorten weniger vertreten. Ihr Vorkommen beschränkt sich auf die durchschnittlich und erhöht betretenen Flächen und zeigt, dass Klee gegenüber einer mäßigen Tritt- und Verbiss-Dynamik tolerant ist, jedoch gegenüber sehr starken Trittbelastungen empfindlich ist. Damit unterstützt diese Studie das Ergebnis von Menneer et al. (2005). Bevorzugte Aufenthaltsorte der Tiere auf der Weide und der räumlich unterschiedliche Nährstoffeintrag durch Exkremate können zu einer größeren Vielfalt an Nischen und damit zu einer Erhöhung der Heterogenität in der Fläche führen. Studien haben gezeigt, dass so das Potenzial zur Erhaltung und Förderung der Artenvielfalt auf beweideten Flächen größer sein kann als auf Schnittgrünland (Socher et al. 2013, Klimek, Grünlandmonitoring Bayern). Die hier vorgenommenen Untersuchungen zur Bewertung der Artenzahl auf Intensivgrünland

im Vergleich zu Schnittgrünland und Futterackerflächen lassen vermuten, dass der positive Einfluss der Beweidung mit steigender Intensivierung abnimmt. Auf den hier untersuchten Schnittwiesen wurde im Mittel ein höheres Artenvorkommen als auf den Weideflächen gefunden. Die Untersuchungen des Grünlandmonitorings Bayern wiesen auf den Weideflächen im Durchschnitt mehr Arten im Vergleich zu Mähweiden und Wiesen nach, wobei die extensiv genutzten Weiden die artenreichsten waren. Die Rolle von Intensivgrünland für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität in Agrarlandschaften ist nicht abschließend geklärt. Weitere Untersuchungen könnten Aussagen über den regionalen Einfluss, Standortvoraussetzungen, Bewertung der Artenfunktionalität und Grenzen der Intensivierung liefern.

Die hier vorgenommenen Untersuchungen zur Bewertung des ökologischen Potenzials von Weidegrünland bestätigen, dass Weiden neben der Bereitstellung von hochwertigem Futter direkt Vorort auch weitere Ökosystemleistungen in Agrarlandschaften erfüllen. Sie haben ein großes Regulierungspotenzial durch Kohlenstoffspeicherung und leisten einen Beitrag zur Erhaltung der Diversität in Agrarlandschaften vor allem im Vergleich zu Ackerflächen.

4.2 Teilprojekt Tier

Die Ergebnisse der MLP Auswertung zeigten im Durchschnitt der Stichprobe eine etwas geringere **Herdengröße** bei Weidenutzungsbetrieben. Dies deckt sich mit der Feststellung des Thünen-Instituts (2017), dass die Häufigkeit von Weidenutzung mit wachsenden Bestandszahlen abnimmt. Da der größte Betrieb der Stichprobe (mit über 700 Tieren) trotzdem in der Lage war, Weidegang anzubieten, macht aber deutlich, dass Weidegang bei entsprechender Flächenverfügbarkeit und mit angepasstem Management, bei jeglicher Bestandsgröße machbar ist – auch wenn, wie im vorliegenden Fall - dann u.U. nur noch Stundenweide möglich ist. Die Gruppengrößen ähneln auch in sehr großen Betrieben denen von kleineren Betrieben (ca. 80 - 100 Tiere pro Gruppe), wobei Letztere dann entsprechend weniger Gruppen halten. Das Management bei Aus- und Eintrieb einer Gruppe ist (ebenso wie der Melkzutrieb) demzufolge nicht von der Gesamtanzahl des Betriebes beeinflusst und somit auch bei großen Betrieben genauso möglich.

Da ÖKOTAWEK sich mit dem Weidegang von Hochleistungstieren beschäftigte, war bei der Auswahl der Betriebsstichprobe eine Mindestdurchschnittsleistung der Herde vorgegeben. Innerhalb der recht kleinen Stichprobe in dieser Untersuchung war aber trotzdem noch eine Varianz bezüglich der Herdenmilchleistung zwischen den Betrieben festzustellen, mit im Durchschnitt etwas geringerer **Milchleistung** in Herden mit sommerlichem Weidegang gegenüber

Herden in ganzjähriger Stallhaltung. Eine Reihe von Studien (Soriano et al. 2001; Hernandez-Mendo et al. 2007; Kolver und Muller 1998) haben ebenfalls festgestellt, dass Betriebe mit Weidegang häufig etwas geringere Milchleistungen erzielen. Doch bleibt dabei offen, ob der Weidegang tatsächlich der ursächliche Grund für diese geringere Leistung ist, oder ob nicht andersherum Betriebe, die, aus welchen Gründen auch immer (Genetik, Einstellung des Betriebsleiters, weniger ausgefeiltes/kostenintensives Futtermangement, Haltungseinrichtungen, etc.) so und so geringere Milchleistungen erzielen, von vorherein eher offen für den Weidegang sind. So fanden zum Beispiel Chapinal et al. (2010), dass Halbtagsweidegang, wie er auch von der Mehrheit der hier untersuchten Betriebe praktiziert wurde, weder die Trockenmassenaufnahme noch die Milchleistung negativ beeinflusst. Wenn es gelingt, die Kühe während ihres Stallaufenthalts zu einer intensiven Futteraufnahme zu motivieren bzw. diese uneingeschränkt zu ermöglichen (z.B. durch ein Fressplatzangebot, welches tatsächlich für alle Kühe auf einmal Fressmöglichkeiten bietet und/oder Einsperren aller Tiere im Stall zu festen Fresszeiten), kann Weidegang auch auf hohem Leistungsniveau ohne Einbußen des Milchertrags praktiziert werden.

Auf vier der sechs hier untersuchten Weidebetriebe wurde den Kühen „freier“ Zugang zur Weide zu geben. Damit wird zwar die Arbeit des Austriebes eingespart, doch neben dem Nachteil, dass die Stallfütterung eventuell vernachlässigt wird (Weidezugang wird z.B. geöffnet, obwohl die Stallfutterphase noch nicht abgeschlossen ist), neigen lahme Kühe, deren Klauengesundheit besonders vom Weidegang profitieren würde, eventuell dazu, aufgrund der Schmerzen, den Laufweg zur Weide ganz zu vermeiden (Burow et al. 2011).

Bei einigen Betrieben dieser Untersuchung kam z.T. ein Überbesatz der Ställe vor, was ebenfalls zu einer Beeinträchtigung der optimalen Futteraufnahme im Stall führen kann, da rangniedere Tiere bei Futtervorlage keine Fressplätze ergattern und die Stallfütterungszeit so nicht optimal nutzen können. Je nach Futterangebot finden diese Kühe später nur noch vorselektiertes (und eventuell energetisch und geschmacklich minderwertiges) Futter vor. Dies kann die Stallfutteraufnahme (Energieaufnahme) negativ beeinflussen, besonders, wenn als Alternative dann schmackhafteres Weidegras zur Verfügung steht oder die Kühe dem Herdeninstinkt folgend auf die Weide gehen, obwohl sie noch nicht ausreichen Stallfutter aufgenommen hatten (weil z.B. ranghohe Tiere, deren Stallfutteraufnahme beendet ist, sich schon auf die Weide bewegen können).

Im Gespräch mit den beteiligten Landwirten der vorliegenden Studie wurde zudem deutlich, dass die Milchleistung auf manchen Betrieben bewusst auf niedrigerem Niveau als genetisch

möglich gehalten wurde. Dies unterstreicht, dass eine Bewertung des Leistungsniveaus im Zusammenhang mit der Weideverfügbarkeit in dieser Untersuchung nicht abschließend bewertet werden kann, da die Gründe für ein bestimmtes Leistungsniveau auf einem Betrieb vielschichtig sind.

Ähnlich ist die ermittelte durchschnittliche **Laktationsanzahl** zu bewerten, welche auf Weidenutzungsbetrieben im Durchschnitt mit 2,7 Laktationen nur geringfügig über dem Durchschnitt der Stallbetriebe (2,6 Laktationen) lag. Diese Werte liegen etwas über dem deutschlandweiten Mittel von ca. 2,4 Laktationen (Wangler 2009). Ökonomische Betrachtungen, die das wirtschaftliche Ideal der Nutzungsdauer bei 6 Laktationen vermuten (Steinwidden und Greimel 1999), scheinen in der Praxis der allermeisten deutschen Milchviehbetriebe offensichtlich nicht umsetzbar zu sein. Gründe dafür können vor allem in hochleistender Genetik vermutet werden, da die Selektion auf hohe Leistungen, Fitnessmerkmale und vor allem auch die Fruchtbarkeit (Wichtigster Abgangsgrund!) negativ beeinflusst hat (Knaus 2006). Dem theoretischen Mehrertrag durch längere Nutzungsdauern stehen in der Praxis sehr wahrscheinlich, mit dem Kuhalter steigende Behandlungs- und Besamungskosten entgegen. In der vorliegenden Untersuchung ist Unfruchtbarkeit mit Abstand der häufigste Abgangsgrund. Ob ein Teil dieser Abgänge mit mehr Besamungsversuchen (Kosten) zu vermeiden gewesen wäre, lässt sich nicht sagen. Schlussendlich haben die Landwirte aufgrund der herrschenden Praxisbedingungen (Aufzuchtkosten, Milchpreis, Tierarztkosten, Besamungskosten) so entschieden und somit entsprechend geringere Nutzungsdauern ihrer Kühe erreicht.

Veauthier (2016) vertritt die Meinung, dass hohe Leistungen und längere Nutzungsdauern theoretisch kein Widerspruch seien. Dem steht sowohl die gängige Praxis (mit tatsächlich deutlich niedrigen Nutzungsdauern) als auch eine Reihe wissenschaftlicher Studien entgegen: die geschätzte Wahrscheinlichkeit des Auftretens verschiedener u.U. Lebensverkürzender und Fruchtbarkeitsbeeinflussender Erkrankungen wie Mastitis, Klauenerkrankungen, Eierstocksystemen, Gebärmutterentzündungen, Nachgeburtsverhalten und Milchfieber sind mit der Milchleistung hoch positiv korreliert (Fleischer et al. 2001). Deshalb ist nicht auszuschließen, dass die geringen Unterschiede in der Nutzungsdauer, welche in dieser Untersuchung gefunden wurden, auf das ähnlich hohe Leistungsniveau bzw. dieselbe Rasse der untersuchten Tiere, zurückzuführen sind.

Die **somatischen Milchzellgehalte** waren auf allen Betrieben im Sommerhalbjahr höher als im Winterhalbjahr. Dieser bekannte, jahreszeitlich bedingte Anstieg (Green et al. 2006) fiel auf Weidebetrieben jedoch deutlicher aus, als in reinen Stallbetrieben. Die Gründe dafür können

nicht genau bestimmt werden. Von Landwirten wurde berichtet, dass erhöhte Aktivität z.B. besonders an den ersten Tagen des Weideaustriebs zu deutlich erhöhten Milchzellzahlen führt. Da bei Weidezugang in dieser Untersuchung eine grundsätzlich erhöhte Aktivität gefunden wurde, könnte dies eventuell ein Grund für die im Durchschnitt etwas höheren Zellzahlen sein. Ein weiterer möglicher Grund ist, dass überdurchschnittlich oft genutzte Liegeplätze auf der Weide (z.B. im Schatten) durch lange Nutzungszeiten (Standweide) von Kot verunreinigt werden, und somit ein erhöhtes Infektionsrisiko für die dort vermehrt liegenden Kühe darstellen können. Letzteres wäre mit geeignetem Weidemanagement (Umtriebsweiden mit wechselndem Schattenangebot) zu vermeiden.

Im Sommerhalbjahr wiesen auf Weidebetrieben mehr Tiere einen **F/E Quotienten** auf, welcher auf eine subklinische Pansenazidose hinweist. Dies ist vielleicht mit der Attraktivität von frischem, strukturarmen Weidefutter zu begründen, deren hohe Eiweißgehalte auch die Ursache für die bei Weidenutzung erhöhten **Milchharnstoffwerte** sein können.

Trotzdem die MLP Daten bei Stoffwechselfparametern auf Weidebetrieben mehr Abweichungen vom Ideal bestätigen, konnten auf Basis der hier erhobenen Daten keine negativen Auswirkungen der Weidefütterung auf die Körperkondition der Tiere oder die Abgangszahlen aufgrund von Stoffwechselproblemen gefunden werden. In den hier untersuchten Betrieben schien die Weidefütterung somit die Anpassungsfähigkeit der Tiere nicht überfordert zu haben.

Ein ähnlicher Widerspruch zeigt sich bei der Bewertung der Eutergesundheit. Trotz im Durchschnitt niedrigerer Milchzellzahlen in reinen Stallhaltungsbetrieben, weisen diese höhere Abgangsraten aufgrund von Eutererkrankungen auf. Die Gründe dafür können vielfältig sein und z.B. in der Häufung anderer Stressoren unter reinen Stallhaltungsbedingungen liegen, z.B. sozialer Stress (Olmos et al. 2009) (besonders bei Überbesatz) oder in vermehrtem Entzündungsgeschehen im Bereich des Bewegungsapparates (Hernandez-Mendo et al. 2007). Solche Stressoren können sich insgesamt negativ auf die Immunsituation der Tiere auswirken und somit die auch Widerstandsfähigkeit in Bezug auf Eutererkrankungen negativ beeinflussen (Dréau et al. 1999; Bailey et al. 2006; Freestone et al. 2008).

Unter den Abgangsgründen lag die **Unfruchtbarkeit** bei allen untersuchten Betrieben, unabhängig von der Weidenutzung, ebenso wie auf Bundesebene (ADR Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V. 2017) an erster Stelle. In der vorliegenden Untersuchung konnte kein positiver Effekt der Weidenutzung auf die Fruchtbarkeit belegt werden, obwohl dieser häufig

als Vorteil der Weidehaltung benannt wird (Diersing-Espenhorst 2016). Dies könnte unter anderem an dem insgesamt sehr hohen Leistungsniveau der untersuchten Betriebe gelegen haben, welches sich negativ auf die Fruchtbarkeit auswirkt (Lucy 2001). Ein weiterer Grund könnte in der Tierbeobachtungspraxis der Betriebe liegen. Brunstanzeichen sind aufgrund des griffigeren Untergrunds auf der Weide eher sichtbar als in Stallhaltungsumgebung (Wlcek und Herrmann 1996). Um dies für das Fruchtbarkeitsmanagement nutzen zu können, müsste auch eine entsprechende Tierbeobachtung auf der Weide stattfinden. Wenn die Tiere weiterhin nur in der Stallhaltungsumgebung beobachtet werden, nützt ein auf der Weide besser sichtbares Brunstverhalten nur wenig, um die Fruchtbarkeitssituation zu verbessern.

Die **Verhaltensuntersuchung** zeigte, dass die reine Stallhaltung das Verhalten der Kühe deutlich beeinflusst. Insbesondere die Aktivität wird im Vergleich zur Vollweide stark eingeschränkt. Die im Vollweidesystem gehaltenen Kühe in dieser Untersuchung wiesen bei Sommerweidegang ein ähnlich hohes Aktivitätsniveau auf, wie Mutterkühen auf der Sommerweide. Dagegen zeigten Kühe in reiner Sommerstallhaltung nur die Hälfte dieser Aktivität.

Bewegungsaktivität ist ein Haupteinflussfaktor auf die Gesundheit bzw. gesunde Entwicklung des Bewegungsapparates. Beim Rind ist dies nicht wissenschaftlich untersucht, doch Ellendorf (2011) beschrieb beim Pferd, dass die Ernährung des Knorpels (welcher von Natur aus nicht durchblutet ist) nur durch Bewegung ermöglicht wird und Bewegungsmangel die Knochen-, Sehnen- und Bänderfestigkeit deutlich negativ beeinflusst. Auch für das Wachstum (die Ernährung) des Klauenhorns ist Bewegung ein entscheidender Faktor. Bewegungsmangel führt dabei zu verringertem Klauenwachstum (Loeffler 2002). Die deutlich verringerte Aktivität unter Stallhaltungsbedingungen könnte also auch ein Grund für die in dieser Untersuchung gefundenen höheren Lahmheitsinzidenzen in Stallbetrieben sein.

Auch die in Weidebetrieben dokumentierten längeren Liegezeiten bei Weidenutzung, welche sich mit den Erkenntnissen von Olmos et al. (2009) decken, können ebenfalls einen positiven Einfluss auf die Klauengesundheit haben, da die Klaue bei längeren Liegezeiten mehr Zeit zum Abtrocknen bekommt. Da bei den Verhaltensuntersuchungen keine kranken und lahmen Tiere in die Datenauswertung einfließen, kann ausgeschlossen werden, dass Aktivitäts- und Liegezeiten von bereits vorhandenen Krankheiten verfälscht wurden. Gründe für die insgesamt bei Milchkühen sehr viel längeren Liegezeiten im Vergleich zu Mutterkühen, könnten z.B. in der bei Milchkühen weit höheren Stoffwechselrate (aufgrund der extrem viel höheren Leistung) liegen, welche auch eine höhere Futteraufnahme nötig macht. Die daraus folgende erhöhte Wiederkauaktivität wird bevorzugt im Liegen ausgeführt.

Der in dieser Untersuchung gefundene Anteil von 33 - 36 % **lahmer Tiere** in Stallbetrieben im bundesdeutschen Durchschnitt. Laut Dippel et al. (2009) geht ca. ein Drittel der Tiere in deutschen und österreichischen Milchviehhaltungen lahm. Lahmheiten sind mit Schmerzen für das Tier verbunden. Diese äußern sich in manchen Fällen z.B. in längeren Liegezeiten, Verringerung der Fresszeit (Galindo und Broom 2002), geringerer Brunstaktivität und Abnahme der Körperkondition (Walker et al. 2008). Das deutlich häufigere Auftreten von Lahmheiten bei fehlendem Weidegang kann deshalb als eindeutig negativen Einfluss auf das Tierwohl bezeichnet werden.

Ob der Anteil an Lahmheiten auch einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit einer Milchviehhaltung hat, ist umstritten. Zwar haben eine Reihe von Untersuchungen herausgefunden, dass bei lahmen Tieren die Milchleistung sinkt (z.B. Green, L.E., Borkert, J., Monti, G., Tadich, N. 2010; Pavlenko et al. 2011), doch da hochleistende Tiere eher Lahmheiten entwickeln (Green et al. 2002; Archer et al. 2010), vermutet Huxley (2013), dass der Leistungsabfall bei lahmen Tieren eher ein Rückgang auf das durchschnittliche Leistungsniveau ist.

Ebenfalls umstritten ist, ob lahme Kühe ein höheres Abgangsrisiko haben. Manche Studien (z.B. Machado et al. 2010) fanden ein höheres Abgangsrisiko, andere konnten diesen Zusammenhang nicht bestätigen (z.B. Hultgren et al. 2004) oder sogar das Gegenteil belegen (Barkema et al. 1994). Barkema et al. (1994) fanden auf 13 niederländischen Milchviehbetrieben, dass lahme Kühe im Gegensatz zu nicht lahmen Tieren in der vorangegangenen Laktation höhere Leistungen erzielt hatten und (eventuell aufgrund dessen) auch ein geringeres Abgangsrisiko hatten.

Weiler (2014) untersuchte im Rahmen seiner Dissertation 120 Milchkühe auf vier verschiedenen Schlachthöfen auf ihre Klauengesundheit. Von diesen Tieren waren nach Angaben der Landwirte 20 % aufgrund von Klauenerkrankungen abgegeben worden. Bei der Untersuchung jedoch stellte sich heraus, dass nur 3 Tiere (2,5 %) tatsächlich frei von makroskopisch sichtbaren Klauenerkrankungen waren. Bei 77,5 % der Tiere lag also eine Erkrankung vor, ohne dass der Landwirt davon Kenntnis hatte oder zumindest hatte sie für den Abgang keine Relevanz gehabt. Dies deutet darauf hin, dass auch lahme Kühe weiterhin genutzt werden, was auch eine Erklärung dafür sein könnte, dass in den Stallbetrieben dieser Untersuchung trotz deutlich höherer Anteile von lahmen Tieren, etwas weniger Abgänge wegen Klauenerkrankungen verzeichnet wurden als in Weidebetrieben mit weniger lahmen Tieren. Dass mit vergleichsweise hohen Anteilen von lahmen Tieren immer noch höhere durchschnittliche Milchleistungen als in Betrieben mit geringerem Anteil lahmer Tiere im Bestand realisiert werden können, wird

von der vorliegenden Untersuchung bestätigt. Da der positive Effekt der Weidehaltung auf die Klauengesundheit schon oft gezeigt wurde (z.B. Burow et al. 2013) und Stallbetriebe oftmals trotzdem eine hohe (höhere) Leistung ohne Weidegang erzielen können (Soriano et al. 2001; Hernandez-Mendo et al. 2007; Kolver und Muller 1998), scheint der oft angenommene negative Zusammenhang zwischen Lahmheiten und Wirtschaftlichkeit weiterhin diskussionswürdig.

Auch bezüglich der **Verschmutzungen** zeigte sich in dieser Untersuchung eine deutliche Verbesserung der Situation im Bereich von Schenkel- und Euterverschmutzungen durch sommerlichen Weidegang. Da Tränkebereiche und Triebwege zur Weide häufig verschlammte waren, wurde im Bereich der Beine aber eine höhere Verschmutzung als in der Stallhaltungsphase gefunden. Gerade in Betrieben mit Überbesatz oder suboptimalen Liegeplätzen, welche im Winterhalbjahr immer einen gewissen Prozentsatz extrem verschmutzter Tiere aufwiesen (rangniedere Spaltenlieger) konnte im Sommer eine deutliche Verbesserung festgestellt werden. Dicke Mistverkrustungen im Fell, welche mit der Zeit zu Haarverlust und Hautbeschädigungen führen, verschwanden bei Weidenutzung im Sommerhalbjahr, da auf der Weide auch rangniedere Tiere saubere Liegeplätze finden können und der Regen die Krusten mit der Zeit aufweicht.

Einen ähnlichen Regenerationseffekt hatte der Weidegang bei den **Integumentveränderungen**. Haarlose Stellen oder geschwollene Gelenke, welche durch den Untergrund von Liegeboxen oder das Anschlagen an Boxenbegrenzungen entstanden waren, konnten auf der weichen und unbegrenzten Liegefläche der Weide z.T. zurückgebildet werden. Während bei reiner Stallhaltung die permanent weitere Belastung solcher (mit der Zeit enthaarten) Problemzonen irgendwann zu Hautverletzungen führte, konnten Tiere auf Weidebetrieben häufig mit erneut nachgewachsenem Fell an Problemstellen in die neue Stallhaltungsphase gehen. Dadurch wurde die Haut wieder eine gewisse Zeit vor Verletzungen geschützt, was sich darin zeigt, dass auch in der Stallhaltungsphase weniger Integumentveränderungen auf Weidehaltungsbetrieben vorkamen.

Haarlose Stellen mögen aus Sicht des Tieres noch keine große Beeinträchtigung des Wohlergehens darstellen, doch sicherlich der Prozess, ihres Entstehens. Ständiges Anschlagen von z.B. Hüftböckern oder Wirbelvorsprüngen an Metallbügeln oder das Aufschlagen der Gelenke auf hartem Untergrund sind sehr wahrscheinlich wenig angenehm für die Tiere. In dem Beeinträchtigungsstadium, bei dem jeder Abliegevorgang einen Schlag in eine offene, eventuell noch entzündete Wunde bedeutet, kann man aber fast sicher von deutlicher Schmerzbeeinträchtigung durch solche Läsionen ausgehen.

Es kann abschließend geschlussfolgert werden, dass anhand der Daten, welche im „Teilprojekt Tier“ erhoben wurden, das Angebot von sommerlichem Weidegang als deutliche Verbesserung der Haltungsumgebung bewertet werden kann. Ganzjährige Stallhaltung hat in den hier untersuchten Betrieben zu einem deutlichen Defizit im Bereich des Tierwohls geführt. Das begründet sich damit, dass ein höherer Anteil von Tieren unter schmerzhaften Beeinträchtigungen (Lahmheit, Verletzungen an beanspruchten Stellen) gelitten hat, welche mit dem Angebot von regelmäßigem Weidegang sehr wahrscheinlich z.T. zu vermeiden gewesen wären.

Eine Verallgemeinerung der Erkenntnisse aus dieser Untersuchung ist aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht möglich, doch einzelne kausale Zusammenhänge, die auf Einzelbetrieben unter bestimmten Haltungs- und Managementbedingungen beobachtet und hier beschrieben wurden, können so auch auf vielen anderen Betrieben unter ähnlichen Bedingungen gefunden werden.

4.3 Teilprojekt Ökonomie

Die Ergebnisse des Vergleichs der **Leistungskostenrechnung** zeigten zunächst, dass die Milchkuhbestände der Weidebetriebe auf einem ähnlichen Niveau lagen, jedoch hatten die Stallbetriebe durchschnittlich einen größeren Bestand. Diese Beobachtungen decken sich mit den Ergebnissen vorheriger Studien (z.B. Lassen et al. 2008), wonach Weidehaltung eher in Betrieben mit großen Herden rückläufig ist. Die insgesamt hohe Milchleistung zeigt, dass Weidehaltung und hohe Leistungen per se keinen Widerspruch darstellen. Einzelne Weidebetriebe erzielten sogar höhere Leistungen als der Stallbetrieb mit der geringsten Leistung. Ein ähnliches Ergebnis wurde von Kiefer (2013) für eine größere Stichprobe in Süddeutschland vorgestellt; allerdings sind in dieser Studie die Milchleistungen insgesamt geringer, was sich auf die typischerweise eingesetzten Zweinutzungsrasen (Fleckvieh) in dieser Region zurückführen lässt.

Die durchschnittliche betriebliche Ausstattung an Grünlandfläche je Milchkuh zeigt sehr starke Variation und es lässt sich nicht auf einen erhöhten Grünlandflächenbedarf aufgrund von Weidehaltung schließen. Auch hier sei auf die Studie von Kiefer (2013) verwiesen, der ebenso nur geringfügige Unterschiede. Vielmehr konnte gezeigt werden, dass die Arondierung der Flächen sowie die Nutzungsmöglichkeit als Weide eine Rolle spielt.

Die Ergebnisse der Stichprobe zeigten eine große Variation in der Diversifizierung der einzelnen Betriebe; hierbei zeigten sich insbesondere die regionalen Unterschiede. Diese Beobachtungen decken sich mit den Ergebnissen der Landwirtschaftszählung 2010 (Statistische Ämter

des Bundes und der Länder 2011) nach der Betriebe in Nordwestdeutschland eher auf Milchviehhaltung fokussieren und dabei, auch aus Gründen der natürlichen Standortbedingungen, vermehrt auf Weidehaltung setzen und Betriebe in Ostdeutschland eine insgesamt höhere Flächenausstattung sowie größere Herden in der Milchviehhaltung aufweisen und dabei weniger Weidegang zeigen. Die Herausforderung geeignete Kooperationsbetriebe für dieses Projekt in Ostdeutschland zu finden bestätigt diese Tendenz.

Alle Kooperationsbetriebe lassen sich als spezialisierte Milcherzeuger klassifizieren, wenn gleich der Anteil des Einkommens bzw. Erlösanteil durch die Milchviehhaltung sehr stark je Betrieb variiert. Dennoch zeigten die Ergebnisse eine leichte regionale Systematik, wonach die Betriebe in den östlichen Bundesländern eher diversifizierter aufgestellt sind. Diese Unterschiede können teilweise durch strukturelle Unterschiede erklärt werden. So sind Betriebe in den östlichen Bundesländern generell größer, und mit der Größe steigt der Anteil an Fremdarbeitskräften sowie Fremdkapital, wodurch eine Spezialisierung im Bereich Milch und Ackerbau möglich wird, da eine Expertise in mehreren Bereichen umsetzbar ist im Vergleich zu kleineren Betrieben mit einem Betriebsleiter und wenigen Fremd-Arbeitskräften. Der Anteil der Verkaufserlöse dient oftmals als ein Indikator für den Spezialisierungsgrad von Betrieben, so werden oftmals in wissenschaftlichen Untersuchungen ab 75-80 % Anteil Umsatzerlöse aus Milch als Betriebe als spezialisierte Milcherzeuger deklariert; hier sei auf eine Übersichtsstudie von Lakner und Breustedt (2017) für den Bereich Milch verwiesen. Gemäß dieser Klassifizierung würde einen Teil der Betriebe der vorliegenden Stichprobe als nicht-spezialisiert einstufen z.B. der Stallbetrieb in Brandenburg. Die regionalen Unterschiede müssten also berücksichtigt werden, wie die Ergebnisse dieser Erhebung zeigen. Zudem erscheint es vor diesem Hintergrund diskutabel, was der Begriff „spezialisiert“ beinhaltet. Wie diese Erhebung zeigt, schließt „spezialisiert“ Weidehaltung weder ein noch aus. Die Ergebnisse zeigen, dass eine hohe Expertise im Bereich Milchviehhaltung in beiden Systemen gegeben ist und dieses Begriffspaar keinen Widerspruch darstellt.

Der Vergleich in der **Arbeitszeit** von Weide- zu Stallperiode bei Weidebetrieben zeigte nur sehr geringe Abweichungen. Die durchschnittliche Abweichung lag bei 3,19 %. Es lässt sich also kein Mehraufwand bei den Weidebetrieben im Saisonwechsel durch die Haltungsform feststellen, da durch Einsparungen bei anderen Arbeitsvorgängen der Mehraufwand der Weidearbeiten ausgeglichen wurde. Im Vergleich hatten die untersuchten Weidebetriebe die arbeitswirtschaftlich besseren Werte im Vergleich zum Stallbetrieb. Sie lagen im Gesamtarbeitsaufwand unter und in der Arbeitsproduktivität darüber. Allerdings muss dieses Ergebnis vor

dem Hintergrund der geringen Stichprobe interpretiert werden, wodurch die individuellen Gegebenheiten der einzelnen Betriebe stark ins Gewicht fallen.

Als Fazit kann veranschlagt werden, dass entgegen der Meinung, nur Vollweide (mit saisonaler Abkalbung) wäre (arbeits-)wirtschaftlich konkurrenzfähig gegenüber Stallhaltung (Kiefer et al. 2014), auch Teilweidebetriebe bei entsprechenden Gegebenheiten weniger arbeitsaufwendig sein können (vgl. Zube und Priebe 1999). Als Stellschrauben werden in diesen Arbeiten Herdengröße, Zugang und Entfernung zur Weide sowie das Weidesystem (Koppel, Umtrieb, Kurzrasen etc.) genannt. In der vorliegenden Untersuchung konnte der Zeitaufwand für Weidearbeiten ebenso als wesentliche Stellschraube ermittelt werden: Hilfsmittel beim Treiben verringerten den Arbeitsaufwand und scheinen einen größeren Einfluss zu haben als die hier Entfernungen der Weideflächen. Doch muss berücksichtigt werden, dass je länger die Weidedauer ist, desto höher der Aufwand für die täglichen Treibarbeiten. Weiterhin wirkten sich eine stationäre Wasserversorgung und stationäre Zäune positiv auf die benötigte Arbeitszeit aus. Das Vermeiden von sonstigen Weidearbeiten wie Planungs- und Kontrollarbeiten verstärkte diesen Effekt erheblich. Darüber hinaus spielten im Vergleich von Weide- und Stallbetrieben die technischen Gegebenheiten eine Rolle. Die verwendete Verfahrenstechnik beim Melken, Füttern und den Stallarbeiten, sowie die Anzahl der Arbeitspersonen je Teilvorgang hatten einen höheren Einfluss auf den Gesamtarbeitszeitaufwand als das Weidesystem und -management, da der prozentuale Anteil der Weidearbeiten am Gesamtaufwand sehr gering war.

Im Hinblick auf die Weidenutzungssysteme stimmen die vorliegenden Ergebnisse des Arbeitsvorgangs „Weidearbeiten“ mit denen aus der Literatur überein. Der Arbeitsaufwand sinkt von Portionsweidebetrieb 7 über die Umtriebsweidebetriebe und die Kombinationsmodelle mit Standweide zum arbeitseffizientesten Modell der Weidehaltung, der Standweide. Dies deckt sich mit den Angaben aus der Literatur (Voigtländer und Boeker 1987). Bezogen auf den gesamten Arbeitsaufwand für die Haltung laktierender Kühe trifft diese Abstufung nicht zu. Hier hatte Betrieb 7 den geringsten Aufwand. Allerdings muss, wie oben erwähnt, beachtet werden, dass die Angaben des Betriebs sich am meisten von den KTBL-Werten unterschieden und in Frage gestellt werden muss, ob dies an ungenauen Angaben des Betriebsleiters, einer effizienten Arbeitsweise oder anderen Gründen lag. Standweidebetrieb 1 mit dem höchsten jährlichen Aufwand je Kuh unter den Weidebetrieben erwähnte bereits im Gespräch, dass der Weidegang mehr für das Tierwohl und weniger arbeitswirtschaftliche Vorteile hat. Dass Weidehaltung im Fall dieser Untersuchung arbeitswirtschaftlich konkurrenzfähig ist, trifft im Einzelnen betrach-

tet sowohl auf die Innenwirtschaft, als auch auf die maschinellen Maßnahmen der Grünlandnutzung zu. Werden Weidepflege und Weidearbeiten aus der Innenwirtschaft kombiniert, scheinen die hypothetischen Annahmen reiner Schnittnutzung bei den meisten Betrieben weniger arbeitsaufwendig. Im Mittel der Weidebetriebe war dieser Vorteil mit einer relativen Abweichung von 0,20 % von tatsächlicher Situation zu hypothetischer Variante „ohne Weide“ jedoch gering. Unter Betrachtung des einzelnen Betriebs hing der arbeitswirtschaftliche Vorteil der Weidewirtschaft v.a. von der Größe des Grünlands und dem Anteil der beweideten Flächen ab. Im Vergleich lagen jedoch fünf von sechs Weidebetrieben nach wie vor unter dem Arbeitszeitbedarf von Stallbetrieb 8. Da im hypothetischen Fall einer reinen Schnittnutzung im Sommer auch die Einsparung bei den Stallarbeiten wegfallen und der Aufwand für die Gülleausbringung durch einen höheren Anfall von Exkrementen im Stall steigen würde, lässt vermuten, dass die reine Schnittnutzung wie bei Stallhaltung angewendet arbeitsaufwändiger als Beweidung ist. Dies wäre jedoch in Folgeuntersuchungen unter Betrachtung aller Weidetiere festzustellen. Laut Zube und Priebe (1999) hat die Teilweide mit Stallzugang in der Innenwirtschaft den geringsten Aufwand zur Folge. Werden jedoch Weidepflege und Gülleausbringung hinzugerechnet, ist keine genaue Aussage möglich. Die vorliegenden Betriebe zeigen die gleichen Ergebnisse. Welches Weidesystem bzw. -verfahren und welche Weidedauer gewählt wird, muss neben dem arbeitswirtschaftlichen Aspekt auch im Hinblick auf Flächengröße, Pflanzenbestand oder Investitionsmöglichkeiten getroffen werden.

Für alle Betriebe der Arbeitszeituntersuchung gilt: Melken benötigt im prozentualen Vergleich der Arbeitsvorgänge die meiste Arbeitszeit. Nach Schick und Hartmann (2005) kann durch zunehmende Automatisierungen beinahe 25 % der Zeit gespart werden. Eine Aufrüstung des Melkstands wäre demnach in Betracht zu ziehen. Als Voraussetzung für zeitsparendes Melken empfiehlt Veauthier (2002) die Bauweise des Melkstands so zu dimensionieren, dass zwei Arbeitskräfte Melk-, Treib- und Stallarbeiten parallel ausführen können. Zusätzlich kann auch über eine Modernisierung der Ställe nachgedacht werden, um die Arbeitseffizienz zu steigern. Dies betrifft vor allem Betrieb 5, der durch die baulichen Maßnahmen überwiegend per Hand entmisten muss und durch einen Um- bzw. Neubau der Stallgebäude eine maschinelle Entmistung umsetzen könnte. Da die betriebsspezifisch eingesetzte Verfahrenstechnik einen starken Einfluss auf den jeweiligen Arbeitszeitaufwand je laktierender Kuh und Jahr zeigte, könnte eine detaillierte Analyse der individuellen Verfahren von Melk-, Stall-, und Fütterungstechnik, weitere Begründungen für Unterschiede und resultierende Handlungsempfehlungen zur Optimierung liefern.

Für eine effiziente Arbeitswirtschaft wird das Weidemanagement als besonders wichtig erachtet (Elsäßer et al. 2014; Kiefer et al. 2014). Dies beinhaltet eine stationäre Wasserversorgung und ist insofern relevant, dass Betrieb 6 hierbei durch das Anlegen von festen Tränken die Zeit für Transport und Befüllen der mobilen Wasserversorgung einsparen könnte. Daneben zeigte die Untersuchung, dass Hilfsmittel in Form von Fahrzeugen oder einem Hund die täglichen Treibarbeiten erleichtern. Solche Hilfsmittel könnten auch dabei helfen, die benötigte Anzahl an Arbeitskräften dauerhaft zu senken. Die Triebwege sollten kurzgehalten werden, da zu lange Treibwege die Milchbildung einschränken können und den Aufwand bei Treibarbeiten enorm erhöhen. Hinsichtlich der Mähweideflächen ist dieser Gesichtspunkt für alle untersuchten Weidebetriebe interessant, da die durchschnittlichen Entfernungen hier über dem Richtwert liegen (1200 m).

Ein Vorteil der Weidehaltung ist die Möglichkeit der Zeitersparnis (und Kostenersparnis) bei der Futterproduktion und Fütterung. Durch eine Anpassung des Laktationsverlaufs an die Vegetationsperiode können zudem hohe Futtermittelerwartungen und steigende Milchleistung erreicht werden (Steinwider und Häusler 2015). Diese Anpassung kann durch saisonale Abkalbung realisiert werden. Für Hochleistungskühe eignet sich ausschließlich die Winterkalbung zwischen Ende November und Ende Januar, da nur dann der steigende Energiebedarf zu Laktationsbeginn mit der besser kontrollierbaren Fütterung im Stall ausgeglichen werden kann (Steinwider und Starz 2015). Die Umstellung auf saisonale Abkalbung bietet grundsätzlich eine Möglichkeit trotz Arbeitsspitzen bei Abkalbung und Brunstbeobachtung den Gesamtjahresaufwand an Arbeit zu reduzieren. Allerdings ist diese Umstellung ganzheitlich für jeden Betrieb individuell und den jeweiligen milchverarbeitenden Unternehmen zu diskutieren. In der Praxis wird saisonale Abkalbung üblicherweise nur mit Vollweide kombiniert, da durch Vollweide der Weidegrasanteil optimiert und Kraftfutter eingespart wird. Durch den geringeren Kraftfuttermittelerinsatz sind Vollweidebetriebe weniger stark abhängig von schwankenden Futter- und Milchpreisen und durch Förderprogramme zur Weidehaltung kann das Einkommen stabilisiert werden (Kiefer et al. 2014). Eine weitere Untersuchung von ökologischen und konventionellen Weidebetrieben in Bayern ergab, dass ökologische Vollweidehaltung mit saisonaler Abkalbung selbst im Vergleich mit den erfolgreichsten Stallbetrieben großes ökonomisches Potential aufweist. Sowohl Stundenlohn als auch Gewinn waren doppelt so hoch wie bei konventionellen Weidehaltern und Betrieben mit Halbtagsweide (Kiefer et al. 2014). Bei saisonaler Abkalbung mit Vollweide besteht die Gefahr, dass das Energiedefizit durch den reduzierten Kraftfuttermittelerinsatz nicht gedeckt werden kann. Dadurch steigt die Gefahr für Fruchtbarkeitsstörungen. Bei Stunden- oder Halbtagsweidebetrieben kann jedoch durch die Zufütterung der Energiebedarf

gut gedeckt werden (Steinwigger und Starz 2015). Ob Vollweidehaltung letztendlich für den Einzelbetrieb geeignet ist, kann z.B. anhand einer Checkliste von Steinwigger und Starz (2015) geprüft werden.

Interessanterweise zeigten die untersuchten Weidebetriebe im Schnitt weniger **Kosten** für Tierarzt und Besamung, aber auch im Futterzukauf. Dieses kann als weiteres Indiz für die Machbarkeit von Weidehaltung mit Hochleistungskühen gewertet werden, auch wenn Leistungen der untersuchten Stallbetriebe höher sind. An dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass ein reiner Kostenvergleich schwierig ist und es genau Ziel dieser Pilotstudie war, die technische Effizienz unter Berücksichtigung nicht-monetärer Indikatoren für Tierwohl und Tiergesundheit als wesentliches Element des betrieblichen Erfolgs zu untersuchen.

Zunächst wurde unter Berücksichtigung weiterer Betriebe aus dem Testbetriebsnetz Mecklenburg-Vorpommern ein Standardmodell verwendet. Im Mittel wiesen die Weidebetriebe eine höhere **technische Effizienz** als die Stallbetriebe auf. Im regionalen Mittel waren die ostdeutschen Betriebe effizienter. Auffällig ist, dass in diesem Modell die beiden untersuchten Stallbetriebe geringere Effizienzwerte als die untersuchten Weidebetriebe aufweisen. Dies könnte in der Kostenstruktur aber auch in der, im Vergleich zu den Weidebetrieben, nicht deutlich höheren Milchleistung begründet liegen. Ebenfalls könnten in diesem Fall durch die Hinzunahme der größeren Stallbetriebe und den geringen Stichprobenumfang trotz der Verwendung von VRS Skaleneffekte eine Rolle spielen (Dyson et al. 2001). Ebenfalls geringere Effizienzwerte als die restlichen Betriebe wiesen in dieser Modellspezifikation der Stundenweidebetrieb (6) aus M-V und der Halbtagsweidebetrieb (8) aus Niedersachsen. Beide Betriebe haben, im Vergleich zu den restlichen Weidebetrieben, relativ hohe Aufwendungen, der Betrieb (8) wies zudem die geringste Milchleistung der untersuchten Betriebe auf.

Ein direkter Vergleich der verschiedenen Modelle ist vor dem Hintergrund zu sehen, dass unterschiedliche Variablen unterschiedlich gut die Variabilität der Betriebe abbilden und somit Änderungsraten nicht direkt interpretierbar sind (vgl. Bogetoft und Otto 2011). Die verschiedenen Varianten zeigten jedoch, dass die Berücksichtigung von Lahmheiten sinnvoll erscheint und als relevanter Input im Sinne einer Annäherung an die Tiergesundheit sein kann (vgl. hierzu Barnes et al. 2011) Die inverse Betrachtung kann so interpretiert werden, dass weniger Lahmheiten mit mehr Tiergesundheit einhergehen und somit zur Verbesserung der Effizienz beitragen (weniger Input bei gleichem Output). So kann geschlussfolgert werden, dass die differen-

zierte Betrachtung des Komplexes Tierwohl sinnvoll ist und eine getrennte, jedoch nicht unabhängige Betrachtung von Tiergesundheit und Tierwohlbefinden im Produktionsprozess sinnvoller ist, was im Rahmen einer größeren Stichprobe durch Schulte et al. (2017) bestätigt wird.

Die untersuchten Weidebetriebe „punkten“ insgesamt und zeigten insgesamt hohe technische Effizienzwerte. Dieses Resultat ist robust über alle Modellspezifikationen und liefert ein Indiz, dass die geringere Milchleistung einen vermeintlichen Nachteil darstellt. Auch geht die höchste Milchleistung nicht mit dem höchstem Effizienzwert einher. Das Ergebnis kann des Weiteren durch mögliche Kostenvorteile in der Weidehaltung erklärt werden und ist konsistent mit den Ergebnissen der Arbeitszeitbefragung. Allerdings kann daraus nicht geschlossen werden, dass Weide per se besser ist, da der Erfolg maßgeblich vom kombinierten Weide- und Herdenmanagement abhängig ist (Elsäßer et al. 2014). Die Ergebnisse deuten zudem darauf hin, dass die untersuchten Weidebetriebe die Vorteile von Weidehaltung gezielt einsetzen, um Nachteile alter Stallungen wie unzureichende Lüftung zu kompensieren. In der Literatur ist ein Zusammenhang von Weidehaltung und technischer Effizienz nicht eindeutig belegt. So finden Allendorf und Wettemann (2015) keinen Zusammenhang, wohingegen Lakner et al. (2012) zeigen, dass ökologisch wirtschaftende Weidebetriebe gleichermaßen effizient wirtschaften können wie konventionelle Betriebe ohne Weidehaltung. Ähnliche Ergebnisse zeigen auch Schulte et al. (2017).

Regionale Unterschiede lassen sich teilweise durch den hohen Einsatz an Futterzukauf erklären. Das System Standweide in M-V, welches zunächst vielversprechend aussah, zeigte durch die explizite Berücksichtigung von kostenintensiverem Stallfutter weniger hohe technische Effizienzwerte, wenngleich geringfügig höher als der Stallbetrieb in Brandenburg. Die Berücksichtigung des BCS als Output zeigt wenige Änderungen und es liegt der Verdacht auf einen irrelevanten Output auf der Hand. Ähnliche Ergebnisse zeigt die Studie von Schulte et al. (2017).

4.4 Fazit

Die Ergebnisse des Projektes führen, unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus anderen nationalen und internationalen Untersuchungen zu folgendem Fazit.

Bodenökologie, Vegetation Die standörtlichen Voraussetzungen spielen eine bedeutende Rolle, um bei vergleichbarer Besatzdichte die Weide erfolgreich durchführen zu können. Die Bodenarten sind sehr unterschiedlich verdichtungsempfindlich. Grundsätzlich kann über die Kombination der Bodenart und den Bodenfeuchteverhältnissen auf die tragenden Prozesse

(„pugging“, „poaching“ und „compaction“) und damit auf die Verdichtungsanfälligkeit gegenüber Trittbelastungen geschlossen werden.

Böden mit einem hohem Tongehalt, wie sie z.B. in den nordwestdeutschen Marschstandorten typische Weidestrandorte darstellen, neigen bei hoher Bodenfeuchtigkeit und intensivem Tritt eher zum „pugging“ bzw. „poaching“. Die unterschiedliche Trittbelastung führte nicht wie erwartet zu einer Verdichtung des Oberbodens mit abnehmenden Porenvolumen. Derartige Marschböden sind durch Stau- und Haftnässe geprägt. Es ist daher davon auszugehen, dass im Nordwesten des Landes häufig Verhältnisse mit hoher Bodenfeuchte oder sogar Wassersättigung vorliegen. Bei hoher Bodenfeuchte oder Wassersättigung treten wie bereits geschrieben vermehrt „pugging“ bzw. „poaching“ auf. Diese Prozesse führen weniger zu einer Verdichtung des Oberbodens mit einer einhergehenden Verringerung des Porenvolumens, als vielmehr zu einer Deformation der Bodenstruktur mit abnehmender Porenkontinuität. Im Falle von trockenen Bodenverhältnissen sind Marschböden aufgrund ihres hohen Tongehaltes ebenfalls weniger verdichtungsanfällig als sandige Böden.

Böden mit einem hohen Sandgehalt, wie sie typisch im Nordosten des Landes sind, neigen bei hoher Bodenfeuchte und starkem Tritt eher zur „compaction“: mit steigender Trittbelastung ist eine Verdichtung des Oberbodens festzustellen. Bei trockeneren Bodenfeuchteverhältnissen dominiert der Prozess der klassischen Verdichtung („compaction“) mit steigenden Trockenrohdichten unter Abnahme des Porenvolumens. Dabei sinkt vor allem der Anteil weiter Grobporen (Luftkapazität). Diese Porengröße kann maßgeblich die Wasserleitfähigkeit und die Durchlüftung des Bodens und damit auch wasserregulierende Prozesse sowie das Pflanzenwachstum beeinflussen.

Erwartungsgemäß nimmt innerhalb eines Tiefengradienten von 0 bis 15 cm das Porenvolumen, die nutzbare Feldkapazität und die Luftkapazität mit der Tiefe ab, während die Trockenrohdichte mit der Tiefe zunimmt.

Auf allen Standorten zeigen sich an Stellen des längeren Aufenthaltes der Tiere starke Änderungen der bodenchemischen Eigenschaften: Der Nährstoffeintrag ist auf den stark betretenen Flächen sehr hoch und unabhängig vom Standort. Da die stark beanspruchte Grasnarbe auf diesen Flächen oft lückenhaft ist, wird der Nährstoffüberschuss kaum durch das Pflanzenwachstum ausgeglichen. Hinzu kommt das steigende Erosionspotenzial, welches bei entsprechender Hangneigung zum Tragen kommt. In solchen Fällen ist mit einem erhöhten Stoffaustausch in das umliegende Gewässersystem zu rechnen. Auf den Flächen mit erhöhter und starker

Trittbelastung wurden im Vergleich zu den durchschnittlich betretenen Flächen höhere Phosphor-, Kalium-, Kohlenstoff- und Stickstoffwerte, sowie ein höherer pH-Wert gemessen.

Die Ergebnisse der Ertragsanteilsschätzung haben gezeigt, dass durch eine steigende Trittintensität die Artenzusammensetzung verändert und das Vorkommen von wertvollen Futterpflanzen gemindert werden kann. In erster Linie wirken sich sehr hohe Trittintensitäten ungünstig auf den Grasbestand zugunsten trittunempfindlicher Kräuter aus. Verstärkt wird die Etablierung von Kräutern ebenfalls durch den höheren Lückenanteil in der Grasnarbe. Leguminosen sind bei den untersuchten intensiven Weidestandorten weniger vertreten.

Der Ertragsrückgang zwischen den durchschnittlich betretenen Flächen und den stark betretenen Flächen beträgt für den Marschboden-Standort 37 %, für den sandig-lehmigen Standort im Nordosten 65 %. Der Ertragsrückgang ist zum einen auf die Vegetationszusammensetzung und die Ausprägung der Grasnarbe (Lückigkeit) zurückzuführen. Zum anderen kann am letzteren Standort ein Zusammenhang zwischen der Luftkapazität und Ertragspotenzial nachgewiesen werden. Das Ergebnis deutet darauf hin, dass unterhalb von ca. 11,5 Vol-% weiter Grobporen mit einem Ertragseinbruch zu rechnen ist.

Grünlandnutzung als Weide führt zu einer erhöhten Humusspeicherung und somit zu einer echten klimawirksamen Kohlenstoffsequestrierung. Unter einem als Weide genutzten Dauergrünland im Nordosten Deutschlands (sandig-lehmiger Boden) wurden mit 39 t C/ha in den ersten 15 cm im Vergleich zu einer danebenliegenden als Maisacker genutzten Fläche mit 24 t C/ha (auch 15 cm Mächtigkeit) deutlich höhere Mengen an Kohlenstoff gespeichert.

Die stark betretenen und potenziell gefährdeten Flächen in den untersuchten Betrieben machen allerdings nur einen kleinen prozentualen Anteil an den beweideten Flächen aus. Insgesamt ist das große ökologische Potenzial auch intensiv genutzter Weiden wegen ihres Regulierungspotenziales und durch ihren Beitrag zur vermehrten Kohlenstoffspeicherung und Biodiversität im Vergleich zu Ackerflächen hervorzuheben.

Milchleistung, Gesundheit, Tierwohl Weidebetriebe in nordwestlichen Breitengraden bevorzugen mehrheitlich die Halbtagsweide. Dabei befinden sich die Tiere tagsüber zwischen den Melkzeiten auf der Weide und müssen nur einmal täglich in den Stall geholt werden. Für den Weidegang bei großen Herden bietet eine Stundenweide dadurch Vorteile, dass dieselben Weideflächen über den Tag verteilt von mehreren Kuhgruppen genutzt werden können.

Die kombinierte Stall -Weidehaltung ermöglicht gleich hohe Milchleistung wie die ganzjährige Stallhaltung. Das Leistungsniveau wird in erster Linie durch die Produktionsziele und das betriebliche Management bestimmt.

Die Nutzungsdauer der Milchkühe sowie die Reproduktionsrate der Herde werden allein durch eine sommerliche Weidehaltung gegenüber einer ganzjährigen Stallhaltung nicht verbessert. Die somatische Zellzahl der Milch unterliegt einem jahreszeitlichen Einfluss. Sie ist i.R. im Sommerhalbjahr etwas höher als in der kühleren Jahreszeit. Das trifft sowohl für die Weidehaltung als für die ganzjährige Stallhaltung gleichermaßen zu.

Auf Grund der wechselnden Qualitäten des Weidegrases (Rohfasergehalt, Proteingehalt) ist das Risiko für Stoffwechselprobleme (z.B. subklinische Acidose) bei Weidegang höher als beim Angebot einer ausgeglichenen Futterration im Stall. Das stellt hohe Anforderungen an das Fütterungsmanagement während der Weideperiode. Der Beitrag des Weidefutters zur Deckung des Energie- und Proteinbedarfes einer Milchkuh hängt in erster Linie von der Entscheidung des Betriebsleiters ab. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Sicherheit für eine stabil bedarfsgerechte Energieversorgung von Hochleistungskühen mit steigendem Stallfutteranteil zunimmt. Milchkühe mit mittleren Leistungen können dagegen Schwankungen in der Zusammensetzung der Gesamtration besser kompensieren.

Die durch verschiedene Krankheiten (Stoffwechsel, Euter, Klauen, Fruchtbarkeit) verursachten Abgänge von Milchkühen sind durch die Weidehaltung allein nicht zu reduzieren. Auffälligkeiten am Integument (z.B. haarlose Stellen, geschwollene Gelenke) resultieren hauptsächlich aus Mängeln in der Haltungsumwelt und können das Tierwohl erheblich beeinträchtigen. Die Haltung auf der Weide bringt unter diesem Aspekt deutliche Vorteile für die Kühe. Allerdings werden die Regenerationseffekte im folgenden Winter größtenteils wieder neutralisiert.

Betrieblicher Erfolg, Arbeitszeit, technische Effizienz Es lässt sich kein Arbeitsmehraufwand bei den Weidebetrieben im Saisonwechsel durch die Haltungsform feststellen, da durch Einsparungen bei anderen Arbeitsvorgängen der Mehraufwand der Weidearbeiten ausgeglichen wurde. Entgegen der Meinung, nur Vollweide (mit saisonaler Abkalbung) wäre (arbeits-)wirtschaftlich konkurrenzfähig gegenüber Stallhaltung, zeigten auch Teilweidebetriebe in dieser Pilotstudie, dass bei entsprechenden Gegebenheiten diese Form der Weidehaltung weniger arbeitsaufwendig sein kann. Der Arbeitsaufwand sinkt von Portionsweidebetrieb über die Umtriebsweidebetriebe und die Kombinationsmodelle mit Standweide zum arbeitseffizientesten Modell der Weidehaltung, der Standweide.

Weidegang wird in dieser Stichprobe aus Betriebsleitersicht oft mehr zum Wohl der Tiere, insbesondere „weil es dazu gehört“ und weniger aus arbeitswirtschaftlichen Vorteilen genutzt. Dennoch zeigte sich, dass Weidehaltung in dieser Untersuchung arbeitswirtschaftlich konkurrenzfähig sein kann. Werden Weidepflege und Weidearbeiten aus der Innenwirtschaft kombiniert, scheinen die hypothetischen Annahmen reiner Schnittnutzung bei den meisten der untersuchten Betrieben weniger arbeitsaufwendig, im Mittel ist der Unterschied jedoch gering.

Für eine effiziente Arbeitswirtschaft wie auch für die insgesamt betriebliche technische Effizienz kristallisierten sich das Weidemanagement sowie das Herdenmanagement als wesentliche Stellschrauben heraus. Beim Weidemanagement ist es insbesondere das Management der Wasserversorgung sowie Treiben der Tiere. Das größte Potenzial bietet die Futtermittellieferung über die Weide. Hierfür ist ein eng aufeinander abgestimmtes Weide- und Herdenmanagement essenziell. Hierbei erscheint nicht nur eine effizientere und mögliche kostengünstigere Grundfütterung von zentraler Bedeutung, sondern auch eine mögliche Reduktion des Kraftfüttereinsatzes. Neben einer möglichen Verbesserung der technischen Effizienz könnte eine mehr weidebasierte Milchproduktion zu einer verringerten Abhängigkeit des betrieblichen Erfolgs von Preisschwankungen beitragen. Hierfür müsste dann allerdings eine größere Abhängigkeit an wetterbedingten Ertrags- und Nährstoffschwankungen im Grundfutter in Kauf genommen werden. Des Weiteren könnte je nach betrieblicher Situation der Ackerfutteranteil reduziert werden. Diese Option ist jeweils vor dem Hintergrund der Opportunitätskosten der Ackerfläche zu diskutieren. In der Regel sind die alternativen Verwertungsmöglichkeiten von Grünland gering und wenn diese existieren, dann meist in Abhängigkeit von agrar- oder umweltpolitischen Fördermaßnahmen. Insofern stellt die weidebasierte Milchproduktion ein auch weiterhin interessantes System dar.

Die technische Effizienz ist in der vorliegenden Pilotstudie insgesamt bei Weidebetrieben höher, wenngleich die Unterschiede nicht sehr ausgeprägt sind. Auch muss hierbei berücksichtigt werden, dass die Vergleichsgruppe sehr klein war. Bei der Berücksichtigung von Aspekten der Tiergesundheit über den Anteil lahrender Tiere und der Tierwohlfahrt über den Body Conditioning Score zeigten die Auswertungen plausible Ergebnisse. Die Unterschiede zwischen den Betrieben mit Weidehaltung (außer Standweide) nivellierten sich, wenngleich das mitunter größte Einsparpotential im Sinne einer Verbesserung der technischen Effizienz bei den Lahmheiten zu sehen ist. Diese Studie konnte zudem zeigen, dass Tierarztkosten die betriebliche Situation nicht adäquat widerspiegeln und es geeigneter erscheint tatsächliche Gesund-

heitsindikatoren auf der Inputseite in der Effizienzanalyse zu berücksichtigen. Die Bereitstellung von Tierwohl im Sinne eines gesellschaftlichen Gutes spielte eine eher untergeordnete Rolle in dieser Stichprobe. Das könnte zum einen an der geringen Stichprobe liegen, zum anderen auch daran, dass es für das betriebliche Management nicht relevant ist, Tierwohl der Gesellschaft bereitzustellen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Tierwohl als Komplex für das betriebliche Management relevant sind, da die Tiere das Kapital darstellen und Defizite im Tierwohl zu einer ineffizienteren Produktion an sich beitragen können. Insofern kann abschließend geschlussfolgert werden, dass Weidegang wirtschaftlich und effizient sein kann, auch wenn hierdurch die Milchleistung pro Kuh und Jahr sinkt.

Wenngleich es nicht abschließend möglich ist, differenziert zu erfassen in welche Richtung Weide im Produktionsprozess wirkt, so hat diese Studie Demonstrationscharakter und konnte zeigen, dass Hochleistungskühe und Weidehaltung keinen Widerspruch an sich darstellen. Diese Studie hat zudem einen wichtigen Fortschritt im Verständnis von Tierwohlfahrt dokumentiert. So gibt es bislang relativ wenige Studien, die sich mit Tierwohl und betrieblichen Produktivitäts- bzw. Effizienzanalysen beschäftigen und in diesem Zusammenhang tragen die Ergebnisse dazu bei, die Berücksichtigung von Tierwohl und Tiergesundheit als Input und Output respektive besser zu verstehen. Weide an sich kann dazu beitragen, ist betriebsbedingt und sehr stark vom Management abhängig.

Des Weiteren dienen die Erkenntnisse dieser Studie dazu, die Messung von Tierwohlfahrt besser zu verstehen. So zeigte sich, dass ein alleiniges Zurückgreifen auf ressourcenbasierte Maße wie Platzangebot oder Weidemöglichkeit zwar hilfreich sein können, dennoch kann auf Basis der vorliegenden Ergebnisse geschlussfolgert werden, dass ergebnisorientierte Maße (outcome based measures) in Kombination sinnvoll sind, da diese Auskunft über den tatsächlichen Wohlfahrtsstatus der Tiere geben können.

5 Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwendbarkeit der Ergebnisse

Der in diesem Projekt verwendete transdisziplinäre Forschungsansatz ermöglichte es, bei der betrieblichen Effizienzanalyse neben klassischerweise betrachteten Erlösen und Kosten zudem Tiergesundheit und Tierkonstitution explizit zu berücksichtigen, um so das System Weidehaltung im Komplex Tierwohl besser zu verstehen. Vor dem Hintergrund der erarbeiteten wichtigen ökologischen Funktionen der Grünlandnutzung bei Weidehaltung trägt ÖKOTAWEK dazu bei, die Diskussion im Themenkomplex Weidehaltung, Weidemilch und Grünlanderhalt vor dem Hintergrund der Diskussion um die zukünftige Ausrichtung der EU-Agrarpolitik, einer

gesellschaftlich akzeptierten und nachhaltigen Erzeugung von sicheren Nahrungsmitteln zu versachlichen. Wir beziehen uns hierbei auf die Richtlinie zur Förderung von FuE-Vorhaben im Bereich „Optimierung der Dauergrünlandwirtschaft unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten“.

Aus den Erkenntnissen kann geschlussfolgert werden, dass eine kombinierte Betrachtung von Weide-, Futter- und Herdenmanagement ein zentraler Aspekt für den betrieblichen Erfolg darstellt. Durch Weidehaltung besteht ein großes Potenzial zur Kosteneinsparung im Bereich Grundfuttermittellieferung, aber auch in der Optimierung der Arbeitsorganisation. Weide stellt per se keinen arbeitswirtschaftlichen Nachteil dar. Allerdings muss dieses Potenzial vor dem Hintergrund der kontinuierlichen Futter- und Nährstoffversorgung im Sommer, des Bodens und der natürlichen Gegebenheiten sowie dem Stallsystem im Winter diskutiert werden. So zeigen die Erkenntnisse zwar positive Effekte durch Weide auf die Tiere, jedoch besteht die Gefahr, dass diese durch nachteilige Stallsysteme in der Winterperiode kompensiert werden.

Vor diesem Hintergrund kann eine fokussierte (agrar-)politische Förderung von Weidehaltung von Milchkühen nicht empfohlen werden. Es ist insbesondere kritisch zu hinterfragen, ob Weideförderung von Milchkühen ausschließlich aus Gründen zur Steigerung des Tierwohls sinnvoll ist. Weidegang ist zwar fördernd, jedoch nicht ausreichend, da Managementfehler nicht kompensiert werden können. Vor dem Hintergrund der enormen Wichtigkeit von einer kombinierten Betrachtung des Weide-, Futter- und Herdenmanagements wird eine Förderung der Beratung als sinnvoll erachtet. Das Grünlandzentrum in Niedersachsen hat jüngst das Projekt Weidecoach (<http://www.gruenlandzentrum.org/projekte-des-gruenlandzentrums/weidecoach>) ins Leben gerufen. und des Weiteren wurde erst im Januar 2018 die Weideprämie im Rahmen der zweiten Säule Maßnahmen in Niedersachsen gestrichen. Dieser Schritt in Richtung einer Kompetenzförderung und weg von einer Flächenzahlung und hin zu einer marktgeleiteten Preisbildung erscheint vielversprechend. So kann Weidehaltung gefördert werden und vor dem Hintergrund des politischen Ziels einer vielfältigen Produktionsstruktur gerechtfertigt werden, dass eine diverse Milcherzeugung hierdurch gefördert wird. Weitere Gründe, die eine Unterstützung von Beratungsangeboten rechtfertigen, sind zudem, dass hierdurch Erhalt von Grünland ermöglicht wird. Das wiederum ist aus ökologischer Sicht relevant, da Weidehaltung zur biologischen Diversifizierung beitragen kann und insgesamt Grünland als Kohlenstoffspeicher erhalten bleibt.

Die Weidehaltung von großen Wiederkäuern, insbesondere von Milchkühen wird derzeit von Verbrauchern sehr geschätzt. Zudem genießt Weidemilch ein sehr hohes Ansehen, was sich

auch in der Zahlungsbereitschaft für solche Produkte widerspiegelt. Vor dem Ziel, eine von der Gesellschaft akzeptierte Form der Nahrungsmittelerzeugung, die vielfältig und nachhaltig ist, zu erreichen erscheint eine Sicherstellung einer wertschöpfenden Nutzung von Grünland erstrebenswert.

Privatwirtschaftliche Vereinbarungen zwischen Lebensmitteleinzelhandel, Molkereien und Milcherzeuger sind die hierbei erstrebenswerteste Lösung.

Weitere Maßnahmen, die es näher zu untersuchen gilt, beinhalten Label, ähnlich dem Tierschutzlabel für Mastschweine und Mastgeflügel. Kritisch zu diskutieren ist hierbei, dass einzelne Verbraucherinnen und Verbraucher zwar bereit sind, Tierwohlmaßnahmen sowie Maßnahmen zum Erhalt der Diversität in der Produktion und dem Landschaftsbild wie durch Weidehaltung zu unterstützen, jedoch viele zögern, diese Produkte zu kaufen. Gründe liegen darin, dass der Einzelbeitrag der VerbraucherIn als zu gering eingestuft wird (Freifahreranreiz aufgrund des Charakters von Weide und Tierwohl im Sinne eines öffentlichen Gutes, der dazu führt, dass niemand vom Konsum ausgeschlossen werden kann). Aufgrund dessen erscheint es vielmehr sinnvoll, Labels mit neuen Technologien wie Blockchain zu kombinieren und eine evidenzbasierte Kommunikationsstrategie zu entwickeln. So könnte sowohl über das Tier als auch über die Weide beispielsweise via QR-code Information für VerbraucherInnen bereitgestellt werden. Eine verbesserte Transparenz im Markt für Produkte, die über Attribute wie mehr Tierwohl, nachhaltiger oder weidebasiert verfügen, würde wiederum den Freifahreranreiz verringern und insgesamt zu einem höheren Tierwohl und einem Erhalt der diversen Produktionsstruktur beitragen können.

ÖKOTAWEK war ein kleineres Projekt und hat sich intensiv mit Betrieben beschäftigt, die erfolgreich Weidehaltung von Hochleistungskühen betreiben. Die On-Farm Analysen ermöglichen gezielte Einblicke in die betrieblichen Strukturen, und durch den transdisziplinären Ansatz war es möglich, die einzelnen Aspekte, die sonst getrennt voneinander betrachtet werden, gemeinsam zu betrachten. Zum Zeitpunkt der Antragsstellung konnte nur auf wenig Erfahrung in der ökonomischen und transdisziplinären Forschung im Themenkomplex Tierwohl, Weide und Ökosystemleistung zurückgegriffen werden. Vor diesem Hintergrund hatte ÖKOTAWEK einen Demonstrationscharakter und konnte die Möglichkeiten und Grenzen dieses Forschungsansatzes aufzeigen. Die On-Farm-Analysen waren zudem essentiell, um weiteren Forschungsbedarf zu konkretisieren.

In der vorliegenden Analyse konnte aufgrund der Datenverfügbarkeit nur eine statische Analyse der technischen Effizienz vorgenommen werden. Da neben dem Komplex Tierwohl zudem die Nutzungsdauer von Milchkühen zunehmend in die gesellschaftliche Kritik gerät, erscheint es sinnvoll, die Möglichkeiten von Weide im Sinne einer Investition in die Tiergesundheit und Robustheit zu analysieren. Vor dem Ziel, eine nachhaltige Grünlandnutzung mit einer verbraucherakzeptierten Erzeugung von Milch in Einklang zu bringen, müssen neue, innovative Systeme weiter untersucht werden.

So gilt es, die Makronährstoffversorgung vom Grünland durch neue Technologien im Bereich Saat, Düngung und Pflanzenschutz zu untersuchen. Des Weiteren besteht zum einen Untersuchungsbedarf im Bereich der Tierzucht durch den Einsatz von Zuchtwerten im Bereich Robustheit vor einem möglichen Potenzial, von Weidehaltung deutlich mehr zu profitieren als bisherige Zuchtlinien und zum anderen in den Tierhaltungssystemen. So erscheint bei Weidenutzung ein Anpassen des Verlaufs der Laktationskurve an den Grünlandaufwuchs wie über Blockabkalbung, Weidesysteme mit Paddocks und Ammenkuhhaltung zur Kälberaufzucht in Kombination mit Weide als vielsprechende Richtungen für zukünftige Forschung. Diese Forschung verlangt ein Zusammenspiel mit Beratung, Kammer, Politik, Verarbeitungsindustrie und Verbraucherverbänden, ist möglichst interdisziplinär und kann versuchsbasiert Effekte quantifizieren sowie Implikationen ausarbeiten.

6 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den erreichten Zielen; Hinweis auf weiterführende Fragestellungen

Ursprünglich stand die Frage nach einem ökonomisch messbaren Weideeffekt über einen Vergleich Betriebe mit und ohne Weidehaltung im Vordergrund. Aufgrund der Datenlage mit nur zwei Stallbetrieben in der Vergleichsgruppe, bei denen tier- und grünlandbezogene Untersuchungen durchgeführt werden konnten, war es nicht möglich, auf kausale Weideeffekte zu schließen. Über die Kooperation mit der Landesforschung in Mecklenburg-Vorpommern konnte zwar ein Effizienzvergleich im klassischen Sinne durchgeführt werden, jedoch wären gerade die tierwohlbezogene Betrachtung und der Gesundheitszustand der Tiere von Bedeutung gewesen. Im Rahmen dieses Projektes konnte stattdessen eine Kooperation mit der Universität Göttingen aufgebaut werden, und die methodischen Erkenntnisse konnten auf eine fundierte Datenbasis für niedersächsische Weide- und Stallbetriebe übertragen werden.

Eine weitere Frage war, inwiefern sich Lebensstagleistung und Remontierungsrate in die Ermittlung der langfristigen Effizienz integrieren lassen. Diese Analyse hätte das Vorliegen von Daten

mehreren Jahren verlangt; diese Information war nicht für alle Betriebe verfügbar und konnte somit nicht weiterverfolgt werden. Im Teilprojekt Tier konnte die Remontierungsrate sehr intensiv durchleuchtet werden. Da sich hier nur wenige Unterschiede zwischen den Betrieben und keine systematischen Unterschiede zwischen Weide- und Stallbetrieben nachweisen ließen, und zudem die Anzahl der Inputs durch die geringe Beobachtungszahl stark limitiert war, wurde die Remontierungsrate nicht weiter berücksichtigt und stattdessen auf Lahmheiten sowie den Body Conditioning Score zurückgegriffen. Die Berücksichtigung der Lebensstapleistung hätte eine Analyse über mehrere Perioden erfordert, um die zeitliche Komponente mit zu berücksichtigen. Dieses war leider aufgrund der mangelnden Datenverfügbarkeit für einzelne Betriebe nicht möglich.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen zum Teilprojekt Tier musste z.T. auf andere Daten bzw. alternative Methoden zurückgegriffen werden. Es stellte sich im Laufe der Untersuchungen heraus, dass es für die Landwirte schwierig und aus ihrer Sicht aufwändiger als ursprünglich angenommen war, bestimmte Daten zu erfassen. Deshalb wurde folgendermaßen vorgegangen:

Die ursprünglich geplante kontinuierliche Behandlungs-/Krankheitsaufzeichnung konnte von den beteiligten Landwirten nicht umgesetzt werden, da die Bestände teilweise sehr groß sind. Zur Auswertung der Gesundheitssituation in der Herde wurden dafür die nach Ursachen unterteilten Abgangszahlen aus den MLP-Daten, sowie die für tierärztliche Behandlungen aufgewandten Kosten herangezogen. Die ursprünglich geplante, kontinuierliche Aufzeichnung der Futterrationen bei jedem Wechsel der Ration ist von den Landwirten nicht umgesetzt worden, da es z.T. zu viel Aufwand bedeutet hätte. Anstelle dessen wurde die Futterration einer Leistungsgruppe pro Betrieb exemplarisch bei den Betriebsbesuchen zur Sommer- und Winterbonitur direkt durch die Projektmitarbeiterin erfasst. Die Prävalenz für Stoffwechselprobleme sollte ursprünglich mittels Ketoseschnelltests an 25 hochleistenden, frischlaktierenden Tieren pro Herde jeweils zweimal in der Weidesaison und zweimal in der Stallsaison durchgeführt werden. Dazu wurde den 4 Betrieben, die ab Sommer 2014 im Projekt mitarbeiteten, ein Erfassungsbogen und Ketoseschnelltest - Streifen für Milch zur Verfügung gestellt. Nur ein Betrieb hat die Tests durchgeführt. Um dennoch eine Einschätzung der Stoffwechselsituation hinsichtlich subklinischer Ketosen und Azidosen vornehmen zu können sind die bei den monatlichen Milchleistungsprüfungen anfallenden Fett-Eiweiß-Quotienten tierindividuell ausgewertet worden.

In den ursprünglichen Forschungsfragen war des Weiteren angedacht, auf Basis der Ergebnisse aus den Exakt-Versuchen mittels GIS-Ansatz auf größere Landschaften zu schließen. Vorausgegangen war dem der Ansatz, dass Bodensubstrate eine sehr unterschiedliche Vulnerabilität gegenüber Dichteeintrag und ebenso unterschiedliche Potentiale für die Biomassebildung haben. Es sollten im TP Bodenökologie daher Indikatoren bezüglich der Standorteigenschaften erarbeitet werden, die das Beweidungspotential als auch die Gefährdung der Ökosystemfunktion von DGL durch Beweidung bewerten.

Die ausgewählten Weidestandorte repräsentierten einerseits zwar einen Gradienten des Standortes (z.B. kontinentales Klima Standort Süderholz; atlantisches Klima Standort Jemgum; eher sandige und zur Verdichtung durch „Compaction“ neigende Böden in Süderholz, eher tonige Marschböden in Jemgum), erlaubten aber keine statistische Auswertung. Dazu war einerseits die Anzahl der Betriebe zu gering, und andererseits – das traf dann erst während der konkreten Betriebsauswahl zu - war die Anzahl der Marschböden überwiegend. Die Auswahl der Betriebe konnte nicht nach rein projektbezogenen Kennwerten erfolgen, sondern stellte einen Kompromiss dar. Dieser Bestand aus dem Untersuchungsdesign – den die TPs im Vorfeld gemeinsam erarbeitet hatten und das einen hohen wissenschaftlichen Anspruch auf Basis der Literaturrecherche darstellte – und der Bereitschaft von Betrieben im Projekt mitzuarbeiten. Als absolute Unsicherheit ergab sich die doch sehr zögerliche Zusage der Betriebe. Dies wurde aus Sicht des TP Bodenökologie absolut unterschätzt. So wurden Zuarbeiten aus dem BL Niedersachsen und Brandenburg nicht oder sehr stark verzögert eingehalten, und die Arbeiten nach der Suche eines passenden Betriebes nahm sehr viel mehr Zeit und Aufwand ein, als geplant.

Die Zusammenarbeit mit den ausgewählten Betrieben wiederum zeigte sich dann – trotz einiger Verzögerungen – sehr kooperativ. Den Mitarbeitern des TP wurde während der Feldkampagnen jede Unterstützung gegeben. Trotzdem waren einige erwartete Standortuntersuchungen nicht zielführend. Dazu gehörte ein Ergebnis, das absolut nicht erwartet wurde: dass die Trittbelastungsklasse „gering“ – unter einem Weidezaun; unbelastet – als Vergleich nicht geeignet ist. Das durch das TP Bodenökologie adaptierte Verfahren basiert auf einem von der FAO anerkannten Verfahren des „Visuell Soil Assessment (VSA)“, es wurde in Neuseeland entwickelt und bisher erfolgreich in vielen Ländern der Welt eingesetzt. Leider war keine Möglichkeit, diese Abweichung mit dem Erfinder des VSA zu diskutieren. Weiterhin erwies sich der sehr interessante und für Weidehaltung in Brandenburg und Nordostdeutschland repräsentative Standort in Warsow (Brandenburg) hinsichtlich seiner Standortheterogenität als sehr ungeeignet. Nachdem sehr engmaschige Detailbodenuntersuchungen durchgeführt worden waren,

zeigte sich, dass die Fläche in der Vergangenheit vermutlich mittels einer Sanddeckkultur verbessert worden war. Dies war selbst den Besitzern bis dahin nicht klar gewesen.

Erschwerend auf die Zusammenführung der Kompartimente Boden und Biomasse wirkte sich das durch Kürzung bedingte Fehlen eines eigenen TPs „Vegetation/Biomasse“ aus. Zwar hat der Unterauftraggeber sich sehr viel Mühe bei der Erfassung des Ertrages gegeben, in der Auswertung dieser Daten und der Futterinhaltsqualitäten zeigte sich jedoch, dass es im Verbundprojekt an der detaillierten Expertise eines Futterexperten fehlt. Dieser Fakt scheint deutschlandweit ein Problem zu sein: Expertenwissen zur Futterproduktion (Quantität und Qualität) auf Weiden ist nur sehr spärlich vorhanden.

Eine Regionalisierung konnte, wie oben beschrieben, aufgrund nicht ausreichender Wiederholungen und Konzentration auf Marschböden nicht durchgeführt werden. Dafür wurde mit dem Standortvergleich in Süderholz sehr gut die höhere C-Speicherung auf Grünlandweiden im Vergleich zu Acker nachgewiesen werden. Dieses Ergebnis ist von großer Bedeutung, da in der Literatur hierzu sehr wenige Arbeiten vorliegen.

7 Zusammenfassung

Dieses Projekt zielte darauf ab, die Grünlandnutzung durch Weidehaltung für Milchkühe in den Bundesländern Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen mit einem interdisziplinären Forschungsansatz zu untersuchen. Bei Hochleistungsherden kann der grundfutterbezogene Energiebedarf durch alleinige Weidehaltung in den Sommermonaten nicht gedeckt werden. Weiterhin kann die Weidehaltung mit einem höheren Arbeitsaufwand verbunden sein, und es kommen Unsicherheiten wie etwa durch mögliche Infektionen auf der Weide hinzu. Weidehaltung kann jedoch unter dem Aspekt des Tierwohles und unter Berücksichtigung der ökologischen Landschaftsfunktionen des Grünlandes eine wichtige gesellschaftliche Rolle spielen. Vor diesem Hintergrund war es das Ziel zu untersuchen, ob ein ökonomisch messbarer Weideeffekt besteht und welche Rolle das Tierwohl dabei spielt. Hierbei sollte auf die technische Effizienz fokussiert werden und dabei näher durchleuchtet werden, inwiefern Tierwohl, Weide als Futtergrundlage sowie die Wirkung von Weide auf die Tierwohlfahrt sowie der Ökosystemfunktionen bei der Analyse des betrieblichen Erfolgs berücksichtigt werden kann. Des Weiteren war es ein Ziel die Rolle des Bodens für den Weideerfolg zu untersuchen.

Die Ergebnisse zeigten, dass bei kombinierter Stall- und Weidehaltung ähnlich hohe Milchleistungen wie bei ganzjähriger Stallhaltung möglich sind. Auch wenn Stallbetriebe eher höhere

Leistungen zeigen, so sind Weidebetriebe mindestens gleichermaßen technisch effizient. Auffälligkeiten am Integument (z.B. haarlose Stellen, geschwollene Gelenke) resultieren hauptsächlich aus Mängeln in der Haltungsumwelt und können das Tierwohl erheblich beeinträchtigen. Die Haltung auf der Weide bringt unter diesem Aspekt deutliche Vorteile für die Kühe. Allerdings werden die Regenerationseffekte im folgenden Winter größtenteils wieder neutralisiert. Die Berücksichtigung dieser Aspekte in der Effizienzmessung zeigte, dass das mitunter größte Einsparpotential im Sinne einer Verbesserung der technischen Effizienz bei den Lahmheiten liegt.

Es lässt sich kein Arbeitsmehraufwand bei den Weidebetrieben im Saisonwechsel durch die Haltungsform feststellen, da durch Einsparungen bei anderen Arbeitsvorgängen der Mehraufwand der Weidearbeiten ausgeglichen wurde. Entgegen der Meinung, nur Vollweide (mit saisonaler Abkalbung) wäre (arbeits-)wirtschaftlich konkurrenzfähig gegenüber Stallhaltung, zeigten auch Teilweidebetriebe in dieser Pilotstudie, dass bei entsprechenden Gegebenheiten diese Form der Weidehaltung weniger arbeitsaufwendig sein kann. Das größte Potenzial bietet die Futterversorgung über die Weide. Hierfür ist ein eng aufeinander abgestimmtes Weide- und Herdemanagement essentiell.

Bei unangepasstem Weidemanagement kommt es allerdings zu unterschiedlich ausgeprägten Trittschäden und in der Konsequenz zu Ertragsausfällen und Veränderungen der Futterqualität infolge Verschieben der Artenzusammensetzung. Die unterschiedliche Trittbelastung führte bei Böden mit hohem Tongehalt wie Marschböden, die oftmals durch Stau- und Haftnässe geprägt sind, nicht wie erwartet zu einer Verdichtung des Oberbodens mit abnehmenden Porenvolumen, vielmehr zu einer Deformation der Bodenstruktur mit abnehmender Porenkontinuität. Bei trockenen Bodenverhältnissen sind Marschböden ebenfalls weniger verdichtungsanfällig. Böden mit einem hohen Sandgehalt hingegen neigen bei hoher Bodenfeuchte und starkem Tritt eher zur einer Verdichtung des Oberbodens. Bei trockeneren Bodenfeuchteverhältnissen dominiert der Prozess der klassischen Verdichtung, wodurch wasserregulierende Prozesse sowie das Pflanzenwachstum beeinflusst werden.

Die Ergebnisse zeigten weiterhin, dass Grünlandnutzung als Weide zu einer erhöhten Humusspeicherung und somit zu einer echten klimawirksamen Kohlenstoffsequestrierung führt. Insgesamt ist das große ökologische Potenzial inklusive der intensiv genutzten Weiden aufgrund ihres Regulierungspotenziales und ihres Beitrags zur vermehrten Kohlenstoffspeicherung und Biodiversität im Vergleich zu Ackerflächen hervorzuheben.

8 Literaturverzeichnis

Abdi, Hervé; Williams, Lynne J. (2010): Principal component analysis. In: *WIREs Comp Stat* 2 (4), S. 433–459. DOI: 10.1002/wics.101.

Abdulai, A.; Tietje, H. (2007): Estimating Technical Efficiency under Unobserved Heterogeneity with Stochastic Frontier Models: Application to Northern German Dairy Farms. In: *European Review of Agricultural Economics* 34 (3), S. 393–416.

ADR Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V (2017): Lebensleistung und Nutzungsdauer von HB Kühen. Online verfügbar unter www.adr-web.de/meldungen/nutzungsdauer-und-lebensleistung-von-herdbuchkuehe.html, zuletzt aktualisiert am 08/2017.

Ahmad, Munir; Bravo-Ureta, Boris E. (1996): Technical efficiency measures for dairy farms using panel data: A comparison of alternative model specifications. In: *Journal of Productivity Analysis* 7, S. 399–415.

Allendorf, J. J.; Wettemann, P. J. C. (2015): Does animal welfare influence dairy farm efficiency? A two-stage approach. In: *Journal of Dairy Science* 98 (11), S. 7730–7740. DOI: 10.3168/jds.2015-9390.

Alvarez, A.; del Corral, J. (2010): Identifying different technologies using a latent class model. Extensive versus intensive dairy farms. In: *European Review of Agricultural Economics* 37 (2), S. 231–250. DOI: 10.1093/erae/jbq015.

Alvarez, Antonio; Arias, Carlos (2004): Technical efficiency and farm size. A conditional analysis. In: *Agricultural Economics* 30 (3), S. 241–250. DOI: 10.1111/j.1574-0862.2004.tb00192.x.

Archer, S.; Bell, N.; Huxley, J. (2010): Lameness in UK dairy cows. A review of the current status. In: *In Practice* 32 (10), S. 492–504. DOI: 10.1136/inp.c6672.

Bailey, Michael T.; Engler, Harald; Sheridan, John F. (2006): Stress induces the translocation of cutaneous and gastrointestinal microflora to secondary lymphoid organs of C57BL/6 mice. In: *Journal of neuroimmunology* 171 (1-2), S. 29–37. DOI: 10.1016/j.jneuroim.2005.09.008.

Ball, B. C.; Watson, C. A.; Baddeley, J. A. (2007): Soil physical fertility, soil structure and rooting conditions after ploughing organically managed grass/clover swards. In: *Soil Use and Management* 23 (1), S. 20–27. DOI: 10.1111/j.1475-2743.2006.00059.x.

Barkema, H. W.; Westrik, J. D.; van Keulen, K.A.S.; Schukken, Y. H.; Brand, A. (1994): The effects of lameness on reproductive performance, milk production and culling in Dutch dairy farms. In: *Preventive Veterinary Medicine* 20 (4), S. 249–259. DOI: 10.1016/0167-5877(94)90058-2.

Barnes, A. P.; Rutherford, K. M. D.; Langford, F. M.; Haskell, M. J. (2011): The effect of lameness prevalence on technical efficiency at the dairy farm level: an adjusted data envelopment analysis approach. In: *J Dairy Sci* 94 (11), S. 5449–5457. DOI: 10.3168/jds.2011-4262.

Bennett, Richard (1995): The value of farm animal welfare. In: *Journal of Agricultural Economics* 46 (1), S. 46–60. DOI: 10.1111/j.1477-9552.1995.tb00751.x.

Bilotta, G. S.; Brazier, R. E.; Haygarth, P. M. (2007): The Impacts of Grazing Animals on the Quality of Soils, Vegetation, and Surface Waters in Intensively Managed Grasslands. In: Donald L. Sparks (Hg.): *Advances in agronomy*, Bd. 94. Boston, Amsterdam: Elsevier (*Advances in Agronomy*, 94), S. 237–280.

BMEL (2015): GAK-Rahmenplan ab 2015. Förderbereich 4, Maßnahmengruppe F. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Online verfügbar unter <http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Foerderung/GAK-Foerderungsgrundsaeetze/2015/Foerderbereich4-F.html>, zuletzt geprüft am 01.02.2016.

Bogetoft, Peter; Otto, Lars (2011): *Benchmarking with DEA, SFA, and R*. New York, NY: Springer New York (International series in operations research & management science, 157).

Boken, S. L.; Staples, C. R.; Sollenberger, L. E.; Jenkins, T. C.; Thatcher, W. W. (2005): Effect of Grazing and Fat Supplementation on Production and Reproduction of Holstein Cows. In: *Journal of Dairy Science* 88 (12), S. 4258–4272. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(05)73112-X.

Borgsteede, F.H.M.; Burg, W.P.J.v.d. (1982): Worm burdens in cows II. An analysis of the population of nematodes in the abomasa of adult dairy cows. In: *Veterinary Parasitology* 10 (4), S. 323–330. DOI: 10.1016/0304-4017(82)90084-X.

Abschlussbericht ÖKOTAWEK (2812NA009), Februar 2018

Bormann, Ronja (2014): Eine Frage des Managements. Erfolgreich füttern: Milchleistung kontra Tierwohl. In: *Bauernblatt*, 07.07.2014, S. 46–47.

Briemle, G.; Nitsche, S.; Nitsche, L. (2002): Nutzungswertzahlen für Gefäßpflanzen des Grünlandes. Hg. v. Bundesamt für Naturschutz. Bonn (Schriftenreihe für Vegetationskunde).

Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (2011): Antwort der Bundesregierung auf die kleine Anfrage der Abgeordneten Friedrich Ostendorff, Bärbel Höhn, Cornelia Behm, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 17/6885 –. Deutscher Bundestag, 17. Wahlperiode. Berlin (Deutscher Bundestag, Drucksache 17/7003). Online verfügbar unter <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/17/070/1707003.pdf>, zuletzt geprüft am 01.02.2016.

Burow, E.; Thomsen, P. T.; Rousing, T.; Sørensen, J. T. (2013): Daily grazing time as a risk factor for alterations at the hock joint integument in dairy cows. In: *Animal* 7 (01), S. 160–166. DOI: 10.1017/S1751731112001395.

Burow, E.; Thomsen, P. T.; Sørensen, J. T.; Rousing, T. (2011): The effect of grazing on cow mortality in Danish dairy herds. In: *Preventive Veterinary Medicine* 100 (3-4), S. 237–241. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2011.04.001.

Carter, M. R. (1992): Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macro-aggregate distribution and structural stability of the surface soil in a humid climate. In: *Soil and Tillage Research* 23 (4), S. 361–372. DOI: 10.1016/0167-1987(92)90081-L.

Chapinal, N.; Goldhawk, C.; Passillé, A. M. de; Keyserlingk, M.A.G. von; Weary, D. M.; Rushen, J. (2010): Overnight access to pasture does not reduce milk production or feed intake in dairy cattle. In: *Livestock Science* 129 (1-3), S. 104–110. DOI: 10.1016/j.livsci.2010.01.011.

Charnes, A.; Cooper, W. W.; Rhodes, E. (1978): Measuring the efficiency of decision making units. In: *European Journal of Operational Research* 2 (6), S. 429–444. DOI: 10.1016/0377-2217(78)90138-8.

Chen, Haiqing; Marhan, Sven; Billen, Norbert; Stahr, Karl (2009): Soil organic-carbon and total nitrogen stocks as affected by different land uses in Baden-Württemberg (southwest Germany). In: *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 172 (1), S. 32–42. DOI: 10.1002/jpln.200700116.

Coelli, Timothy J.; Prasada Rao, D. S.; O'Donnell, Christopher J.; Batters, George E. (2005): An introduction to efficiency and productivity analysis. 2. ed. New York: Springer.

Conant, Richard T.; Paustian, Keith; Elliott, Edward T. (2001): Grassland Management and Conversion into Grassland: Effects on Soil Carbon. In: *Ecological Applications* 11 (2), S. 343–355. DOI: 10.1890/1051-0761(2001)011[0343:GMACIG]2.0.CO;2.

Dartt, B. A.; Lloyd, J. W.; Radke, B. R.; Black, J. R.; Kaneene, J. B. (1999): A Comparison of Profitability and Economic Efficiencies Between Management-Intensive Grazing and Conventionally Managed Dairies in Michigan. In: *J Dairy Sci* 82 (11), S. 2412–2420.

Dawson, P. J. (1987): Farm-specific technical efficiency in the England and Wales dairy sector. In: *European Review of Agricultural Economics* 14 (4), S. 383–394. DOI: 10.1093/erae/14.4.383.

Di, H. J.; Cameron, K. C.; Milne, J.; Drewry, J. J.; Smith, N. P.; Hendry, T. et al. (2010): A mechanical hoof for simulating animal treading under controlled conditions. In: *New Zealand Journal of Agricultural Research* 44 (1), S. 111–116. DOI: 10.1080/00288233.2001.9513465.

Diersing-Espenhorst, M. (2016): Weidehaltung: Das sind die Vor- und Nachteile. In: *dlz agrarmagazin*, 2016 (5).

Dillon, P. (2006): Achieving high dry-matter intake from pasture with grazing dairy cows. In: Anjo Elgersma, Jan Dijkstra und Seerp Tamminga (Hg.): Fresh herbage for dairy cattle. The key to a sustainable food chain, Bd. 18. Dordrecht: Springer (Wageningen UR frontis series, 18), S. 1–26. Online verfügbar unter <http://library.wur.nl/ojs/index.php/frontis/article/download/1243/815>.

Dippel, S.; Dolezal, M.; Brenninkmeyer, C.; Brinkmann, J.; March, S.; Knierim, U.; Winckler, C. (2009): Risk factors for lameness in freestall-housed dairy cows across two breeds, farming systems, and countries. In: *J Dairy Sci* 92 (11), S. 5476–5486. DOI: 10.3168/jds.2009-2288.

DLG- Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (1997): DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer. 7. Auflage. Frankfurt: DLG - Verlag.

Dréau, Didier; Sonnenfeld, Gerald; Fowler, Nina; Morton, Darla S.; Lyte, Mark (1999): Effects of Social Conflict on Immune Responses and E. coli Growth Within Closed Chambers in Mice. In: *Physiology & Behavior* 67 (1), S. 133–140. DOI: 10.1016/S0031-9384(99)00072-4.

Drewry, J. J. (2006): Natural recovery of soil physical properties from treading damage of pastoral soils in New Zealand and Australia. A review. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 114 (2-4), S. 159–169. DOI: 10.1016/j.agee.2005.11.028.

Drewry, J. J.; Cameron, K. C.; Buchan, G. D. (2001): Effect of simulated dairy cow treading on soil physical properties and ryegrass pasture yield. In: *New Zealand Journal of Agricultural Research* 44 (2-3), S. 181–190. DOI: 10.1080/00288233.2001.9513476.

Drewry, J. J.; Cameron, K. C.; Buchan, G. D. (2008): Pasture yield and soil physical property responses to soil compaction from treading and grazing - a review. In: *Aust. J. Soil Res.* 46 (3), S. 237. DOI: 10.1071/SR07125.

Drewry, J. J.; Paton, R. J. (2000): Effects of cattle treading and natural amelioration on soil physical properties and pasture under dairy farming in Southland, New Zealand. In: *New Zealand Journal of Agricultural Research* 43 (3), S. 377–386. DOI: 10.1080/00288233.2000.9513438.

Dyson, R. G.; Allen, R.; Camanho, A. S.; Podinovski, V. V.; Sarrico, C. S.; Shale, E. A. (2001): Pitfalls and protocols in DEA. In: *European Journal of Operational Research* 132 (2), S. 245–259. DOI: 10.1016/S0377-2217(00)00149-1.

Ellendorf, F. (2011): Leistungstraining für das Pferd - Biologie und Trainingsprinzipien. Hannover: Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co.

Elsäßer, Martin; Jilg, Thomas; Thumm, Ulrich (2014): Weidewirtschaft mit Profit. Neue Perspektiven für Milchkühhalter. Frankfurt am Main: DLG-Verl. (AgrarPraxis kompakt).

Färe, Rolf; Grosskopf, Shawna; Lovell, C. A. Knox (1985): The Measurement of Efficiency of Production. Dordrecht: Springer (Studies in Productivity Analysis, 6).

Fleischer, P.; Metzner, M.; Beyerbach, M.; Hoedemaker, M.; Klee, W. (2001): The Relationship Between Milk Yield and the Incidence of Some Diseases in Dairy Cows. In: *Journal of Dairy Science* 84 (9), S. 2025–2035. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74646-2.

Freestone, Primrose P.E.; Sandrini, Sara M.; Haigh, Richard D.; Lyte, Mark (2008): Microbial endocrinology. How stress influences susceptibility to infection. In: *Trends in Microbiology* 16 (2), S. 55–64. DOI: 10.1016/j.tim.2007.11.005.

Abschlussbericht ÖKOTAWEK (2812NA009), Februar 2018

Freibauer, A.; Heidkamp, A.; Prietz, R.; Vos, C.; BZE Team (2015): Der Humuszustand der landwirtschaftlichen Böden in Deutschland – Erste Ergebnisse der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft. In: Kongressband 2015 Göttingen. Vorträge zum Generalthema: Böden - Lebensgrundlage für Pflanze und Tier. Darmstadt: VDLUFA-Verlag (VDLUFA-Schriftenreihe, 71).

Galindo, Francisco; Broom, Donald M. (2002): Effects of lameness of dairy cows. In: *Journal of applied animal welfare science : JAAWS* 5 (3), S. 193–201. DOI: 10.1207/S15327604JAWS0503_03.

Gazzarin, Christian; Frey, Hans-Jörg; Petermann, Remo; Höltschi, Markus (2011): Weide- oder Stallfütterung – was ist wirtschaftlicher? In: *Agrarforschung Schweiz* 2 (9), S. 418–423. Online verfügbar unter http://www.agrarforschungschweiz.ch/artikel/deckblatt_pdfd_32.pdf#page=46, zuletzt geprüft am 29.02.2016.

GfE - Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (2001): Energie und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Frankfurt: DLG - Verlag.

GfE – Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere (2004): Schätzung des Gehaltes an umsetzbarer Energie in Mischrationen (TMR) für Wiederkäuer. In: *Proc. Soc. Nutr. Physiol* (13), S. 195–198.

Gradwell, M. W. (1965): Soil physical conditions of winter and the growth of ryegrass plants. I. effects of compaction and puddling. In: *New Zealand Journal of Agricultural Research* 8 (2), S. 238–269. DOI: 10.1080/00288233.1965.10422356.

Green, L. E.; Hedges, V. J.; Schukken, Y. H.; Blowey, R. W.; Packington, A. J. (2002): The Impact of Clinical Lameness on the Milk Yield of Dairy Cows. In: *Journal of Dairy Science* 85 (9), S. 2250–2256. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74304-X.

Green, M. J.; Bradley, A. J.; Newton, H.; Browne, W. J. (2006): Seasonal variation of bulk milk somatic cell counts in UK dairy herds. Investigations of the summer rise. In: *Preventive Veterinary Medicine* 74 (4), S. 293–308. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2005.12.005.

Green, L.E., Borkert, J., Monti, G., Tadich, N. (2010): Associations between lesion-specific lameness and the milk yield of 1635 dairy cows from seven herds in the Xth region of Chile

and implications for management of lame dairy cows worldwide. In: *Anim. Welfare* 19, 419–427.

Hammerschmidt, Maik; Wilken, Robert; Staat, Matthias (2009): Methoden zur Lösung grundlegender Probleme der Datenqualität in DEA-basierten Effizienzanalysen. In: *Die Betriebswirtschaft* 69 (2), S. 289–309.

Han, Guodong; Hao, Xiyang; Zhao, Mengli; Wang, Mingjun; Ellert, Ben H.; Willms, Walter; Wang, Mingjiu (2008): Effect of grazing intensity on carbon and nitrogen in soil and vegetation in a meadow steppe in Inner Mongolia. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 125 (1-4), S. 21–32. DOI: 10.1016/j.agee.2007.11.009.

Hansson, H.; Szczensa-Rundberg, M.; Nielsen, C. (2010): Which preventive measures against mastitis can increase the technical efficiency of dairy farms? In: *Animal* 5, S. 632–640.

Härle, Christoph M. (2010): Ökonomische Analyse des Betriebszweiges Milchproduktion unter besonderer Berücksichtigung der Tiergesundheit. Dissertation. Technische Universität München. Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues.

Henningsen, Arne; Czekaj, Tomasz Gerard; Forkman, Björn; Lund, Mogens; Nielsen, Aske Schou (2017): The Relationship between Animal Welfare and Economic Performance at Farm Level. A Quantitative Study of Danish Pig Producers. In: *Journal of Agricultural Economics* 6, S. 21. DOI: 10.1111/1477-9552.12228.

Hernandez-Mendo, O.; Keyserlingk, M.A.G. von; Veira, D. M.; Weary, D. M. (2007): Effects of Pasture on Lameness in Dairy Cows. In: *Journal of Dairy Science* 90 (3), S. 1209–1214. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(07)71608-9.

Hertwig, Frank; Pickert, Jürgen (2006): Anforderungen an die landwirtschaftliche Grünlandnutzung in Brandenburg. Hg. v. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Potsdam. Online verfügbar unter http://www.mil.brandenburg.de/media_fast/4055/lwgl0205.pdf, zuletzt geprüft am 18.03.2016.

Hilder, E. J. (1964): The distribution of plant nutrients by sheep at pasture. In: *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 5, S. 241–248. Online verfügbar unter <http://www.asap.asn.au/livestocklibrary/1964/Hilder64.PDF>.

Abschlussbericht ÖKOTAWEK (2812NA009), Februar 2018

Hultgren, Jan; Manske, Thomas; Bergsten, Christer (2004): Associations of sole ulcer at claw trimming with reproductive performance, udder health, milk yield, and culling in Swedish dairy cattle. In: *Preventive Veterinary Medicine* 62 (4), S. 233–251. DOI: 10.1016/j.prevet-med.2004.01.002.

Hüttel, S.; Bürger, R.; Musshoff, O.; Schulte, H.; Armbrecht, L.; Gauly, M. (2017): Tierwohl ist komplex. In: *Bauernzeitung*, 2017 (50).

Huxley, J. N. (2013): Impact of lameness and claw lesions in cows on health and production. In: *Livestock Science* 156 (1-3), S. 64–70. DOI: 10.1016/j.livsci.2013.06.012.

Irrgang, N.; Knierim, U. (2012): Can pasture access contribute to reduced agonistic interactions and relaxation in the loose housing barn in horned dairy cows? Proceedings of the 46th Congress of the International Society for Applied Ethology. Wageningen Academic Publishers. Vienna, Austria, 31.07.2012. Online verfügbar unter ISBN 978-90-8686-204-7, S. 93.

Isselstein, J.; Michaelis, T. (2015): Fachforum Grünland: Grünland innovativ nutzen und Ressourcen schützen Fachforum Grünland: Grünland innovativ nutzen und Ressourcen schützen. Forschungsstrategie der Deutschen Agrarforschungsallianz. Hg. v. Deutschen Agrarforschungsallianz (dafa). Braunschweig.

Jilg, Thomas (2008): Milch aus Gras. Projektbericht (Versuchsbericht 2008-1). Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg. Online verfügbar unter <http://lazbw-kurs.de/schriften/media/products/0941386001272438976.pdf>, zuletzt geprüft am 03.04.2016.

Jobbagy, Esteban G.; Jackson, Robert B. (2000): The Vertical Distribution of Soil Organic Carbon and Its Relation to Climate and Vegetation. In: *Ecological Applications* 10 (2), S. 423. DOI: 10.2307/2641104.

Karg, H. (1991): Stand der Biotechnik in der Tierproduktion. In: *Züchtungskunde* 63, S. 167–173.

Kellermann, Magnus; Salhofer, Klaus (2011): Comparing productivity growth in conventional and grassland dairy farms. Paper prepared for presentation at the EAAE 2011 Congress Change and Uncertainty. Zurich, Switzerland.

Abschlussbericht ÖKOTAWEK (2812NA009), Februar 2018

Kelly, K. B. (1985): Effects of soil modification and treading on pasture growth and physical properties of an irrigated red-brown earth. In: *Aust. J. Agric. Res.* 36 (6), S. 799. DOI: 10.1071/AR9850799.

Kiefer, Lukas (2013): Vorstellung der produktionstechnischen und ökonomischen Ergebnisse von süddeutschen Weidebetrieben. Universität Hohenheim; Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre. Hohenheim, 2013.

Kiefer, Lukas; Bahrs, Enno; Over, Ralf (2014): Wann ist Weidemilch wettbewerbsfähig? In: *top agrar* 8, R10-R14.

Kirner, Leopold (2009): Vollweide in der Bio-Milchviehhaltung aus ökonomischer Sichtweise am Beispiel Österreichs. In: Jochen Mayer, T. Alföldi, F. Leiber, D. Dubois, P. Fried, F. Heckendorn et al. (Hg.): Werte - Wege - Wirkungen: Biolandbau im Spannungsfeld zwischen Ernährungssicherung, Markt und Klimawandel. Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Zürich, 11. - 13. Februar 2009. Berlin: Köster.

Klapp, Ernst (1965): Grünlandvegetation und Standort. Nach Beispielen aus West-, Mittel- und Süddeutschland. Berlin: Parey.

Klapp, Ernst (1971): Wiesen und Weiden. Eine Grünlandlehre ; mit 263 Tabellen. 4., neubearb. Aufl. Berlin: Parey.

Kleine, Andreas (2002): DEA-Effizienz. Entscheidungs- und produktionstheoretische Grundlagen der Data Envelopment Analysis. Gabler Edition Wissenschaft. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag (Schriften zur quantitativen Betriebswirtschaftslehre).

Knaus, W. (2006): Milchkühe zwischen Leistungsanforderungen und Anpassungsvermögen. 35. Viehwirtschaftliche Fachtagung. LFZ Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning, 2006. Online verfügbar unter <http://www.euna.info/wp-content/uploads/2015/02/Milchk%C3%BChe-zwischen-Leistungsanforderungen-und-Anpassungsverm%C3%B6gen.pdf>.

Kolver, E. S.; Muller, L. D. (1998): Performance and Nutrient Intake of High Producing Holstein Cows Consuming Pasture or a Total Mixed Ration. In: *Journal of Dairy Science* 81 (5), S. 1403–1411. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(98)75704-2.

Abschlussbericht ÖKOTAWEK (2812NA009), Februar 2018

Krohn, C. C.; Munksgaard, L.; Jonasen, B. (1992): Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments I. Experimental procedure, facilities, time budgets — diurnal and seasonal conditions. In: *Applied Animal Behaviour Science* 34 (1-2), S. 37–47. DOI: 10.1016/S0168-1591(05)80055-3.

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (2017): KTBL-Feldarbeitsrechner. Online verfügbar unter <http://daten.ktbl.de/feldarbeit/home.html;jsessionid=DFDAEAC01D1546B3E0D2E22410C9640B>, zuletzt geprüft am 27.06.2017.

Lakner, S.; Cramon-Taubadel, S. von; Brümmer, B. (2012): Technical efficiency of organic pasture farming in Germany. The role of location economics and of specific knowledge. In: *Renew. Agric. Food Syst.* 27 (03), S. 228–241. DOI: 10.1017/S1742170511000330.

Lakner, Sebastian; Breustedt, Gunnar (2017): Efficiency Analysis of Organic Farming Systems-A Review of Concepts, Topics, Results and Conclusions. In: *German Journal of Agricultural Economics* 66 (2), S. 85–108.

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (2012): Dauergrünland. Intensivgrünland. Hg. v. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein. Online verfügbar unter <http://www.lksh.de/landwirtschaft/pflanze/gruenland-und-ackerfutterbau/dauergruenland/>.

Lassen, B.; Isermeyer, F.; Friedrich, C. (2008): Milchproduktion im Übergang - eine Analyse von regionalen Potenzialen und Gestaltungsspielräumen. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Braunschweig (Arbeitsberichte vTI-Agrarökonomie). Online verfügbar unter http://literatur.ti.bund.de/digbib_extern/bitv/dk040798.pdf.

Lassen, Birthe; Nieberg, Hiltrud; Kuhnert, Heike; Sanders, Jörn (2014): Status-quo Analyse ausgewählter Nachhaltigkeitsaspekte der Milcherzeugung in Niedersachsen. Thünen-Institut für Betriebswirtschaft. Braunschweig (Thünen Working Paper, 28).

Lawson, Lartey. G.; Agger, Jens F.; Lund, Mogens; Coelli, Tim (2004): Lameness, metabolic and digestive disorders, and technical efficiency in Danish dairy herds: a stochastic frontier production function approach. In: *Livestock Production Science* 91, S. 157–172.

Lederbogen, D.; Rosenthal, G.; Scholle, D.; Trautner, J.; Zimmermann, B.; Kaule, G. (2004): Allmendweiden in Südbayern. Naturschutz durch landwirtschaftliche Nutzung. Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz (Angewandte Landschaftsökologie, Heft 62).

Abschlussbericht ÖKOTAWEK (2812NA009), Februar 2018

Leisen, E.; Rieger, T. (2011): Wirtschaftlichkeit ökologischer Milchviehhaltung bei unterschiedlichem Weideumfang – 5-jährige Auswertung. In: G. Leithold, K. Becker, C. Brock, S. Fischinger, A.-K. Spiegel, K. Spory et al. (Hg.): Tagungsband der 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis, Bd. 2. 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Gießen, 15.-18. März 2011. Justus-Liebig-Universität Gießen. 2 Bände. Berlin: Verlag Dr. Köster.

Loeffler, K. (2002): Anatomie und Physiologie der Haustiere. 10. Auflage. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

Lucy, M. C. (2001): Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle. Where Will It End? In: *Journal of Dairy Science* 84 (6), S. 1277–1293. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(01)70158-0.

Lund, M.; Hansen, L.C.E. (1993): Analysing Agricultural Capacity Costs (in Danish). 71. Aufl. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut. Denmark (Report).

Lusk, Jayson L. (2011): The market for animal welfare. In: *Agriculture and Human Values* 28 (4), S. 561–575. DOI: 10.1007/s10460-011-9318-x.

Machado, V. S.; Caixeta, L. S.; McArt, J. A. A.; Bicalho, R. C. (2010): The effect of claw horn disruption lesions and body condition score at dry-off on survivability, reproductive performance, and milk production in the subsequent lactation. In: *J Dairy Sci* 93 (9), S. 4071–4078. DOI: 10.3168/jds.2010-3177.

Mann, S. (2015): Responsibility goods - exploring a possible definition. In: *International Journal of Sustainable Economy* 7 (3), S. 220–230.

Martínez, L.J; Zinck, J.A (2004): Temporal variation of soil compaction and deterioration of soil quality in pasture areas of Colombian Amazonia. In: *Soil and Tillage Research* 75 (1), S. 3–18. DOI: 10.1016/j.still.2002.12.001.

Mattern, T. (2009): Regeneration der Grünlandnarbe nach Winterbeweidung mit Rindern. Dissertation. Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen.

Mayen, C. D.; Balagtas, J. V.; Alexander, C. E. (2010): Technology Adoption and Technical Efficiency. Organic and Conventional Dairy Farms in the United States. In: *American Journal of Agricultural Economics* 92 (1), S. 181–195. DOI: 10.1093/ajae/aap018.

Abschlussbericht ÖKOTAWEK (2812NA009), Februar 2018

McInerney, J. (2004): Animal Welfare, Economics and Policy. Report on a Study Undertaken for the Farm & Animal Health Economics Division of Defra. DEFRA. Exeter, UK. Online verfügbar unter <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110318142209/http://www.defra.gov.uk/evidence/economics/foodfarm/reports/documents/animalwelfare.pdf>, zuletzt geprüft am 15.11.2016.

Menneer, J. C.; Ledgard, S. F.; McLay, C. D. A.; Silvester, W. B. (2005): The effects of treading by dairy cows during wet soil conditions on white clover productivity, growth and morphology in a white clover-perennial ryegrass pasture. In: *Grass and Forage Sci* 60 (1), S. 46–58. DOI: 10.1111/j.1365-2494.2005.00450.x.

Miller, K.; Wood-Gush, D. G. M. (1991): Some effects of housing on the social behaviour of dairy cows. In: *Anim. Prod.* 53 (03), S. 271–278. DOI: 10.1017/S0003356100020262.

MLUV M-V (2016): Kommission genehmigt neue Programme für umweltgerechte Landwirtschaft. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg Vorpommern. Online verfügbar unter <http://www.regierung-mv.de/Landesregierung/lm/Aktuell?id=112016&processor=processor.sa.pressemitteilung>, zuletzt geprüft am 07.04.2016.

Moreira, Víctor; Bravo-Ureta, Boris E. (2010): Technical efficiency and metatechnology ratios for dairy farms in three southern cone countries: a stochastic meta-frontier model. In: *Journal of Productivity Analysis* 33 (1), S. 33–45.

Olmos, Gabriela; Boyle, Laura; Hanlon, Alison; Patton, Joe; Murphy, John J.; Mee, John F. (2009): Hoof disorders, locomotion ability and lying times of cubicle-housed compared to pasture-based dairy cows. In: *Livestock Science* 125 (2-3), S. 199–207. DOI: 10.1016/j.livsci.2009.04.009.

Opitz von Boberfeld, Wilhelm; Schlimbach, G.; Schröder, D. (2007): Zum Einfluss der Winterbeweidung auf bodenphysikalische Merkmale. In: *Pflanzenbauwissenschaften* 11 (1), S. 20–27.

Pande, T. N.; Valentine, I.; Betteridge, K.; Mackay, A.; Horne, D. (Hg.) (2000): Pasture damage and regrowth from cattle treading. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 62: 155–160, 2000. Online verfügbar unter https://www.grassland.org.nz/publications/nzgrassland_publication_2212.pdf, zuletzt geprüft am 28.08.2017.

Abschlussbericht ÖKOTAWEK (2812NA009), Februar 2018

Pavlenko, A.; Bergsten, C.; Ekesbo, I.; Kaart, T.; Aland, A.; Lidfors, L. (2011): Influence of digital dermatitis and sole ulcer on dairy cow behaviour and milk production. In: *Animal : an international journal of animal bioscience* 5 (8), S. 1259–1269. DOI: 10.1017/S1751731111000255.

Pickert, J.; Baeck, I.; Behrendt, A. (2012): Grünland. Tabellenwerk. 1. Aufl. Paulinenauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft e.V. Selbstverlag.

Pierani, Pierpaolo; Rizzi, Pier Luigi (2003): Technology and efficiency in a panel of Italian dairy farms: an SGM restricted cost function approach. In: *Agricultural Economics* 29 (2), S. 195–209.

Pries, Martin (2004): Weidegang ja - aber richtig ergänzen. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/tierproduktion/rinderhaltung/fuetterung/weidegang-ja.htm>, zuletzt geprüft am 06.04.2016.

Quiroga, Ricardo E.; Bravo-Ureta, Boris E. (1992): Short- and long-run adjustments in dairy production. A profit function analysis. In: *Applied Economics* 24 (6), S. 607–616. DOI: 10.1080/00036849200000029.

R Core Team (2016): R: A Language and Environment for Statistical Computing. Version 3.2.4 Revised. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Online verfügbar unter <https://www.R-project.org/>.

Reijs, J.W; Daatselaar C.H.G.; Helming, J.F.M.; Jager J.; Beldman, A.C.G. (2013): Grazing dairy cows in North-West Europe. Economic farm performance and future developments with emphasis on the Dutch situation. The Hague: LEI Wageningen UR (Report / LEI. Research area Agriculture & entrepreneurship, 2013-001).

Revelle, William (2017): psych. Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research. Version 1.7.5. Evanston, Illinois. Online verfügbar unter <https://CRAN.R-project.org/package=psych>.

Schick, Matthias (2001): Weidehaltung Milchvieh. Zeitbedarf, Arbeitsorganisation und Vergleich mit Eingrasverfahren. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT). Tänikon (FAT Berichte, 562).

Schick, Matthias; Hartmann, Wilfried (2005): Arbeitszeitbedarfswerte in der Milchviehhaltung. In: *Landtechnik* 60 (4).

Schulte, Hinrich; Armbrecht, Linda; Bürger, Rasmus; Gauly, Matthias; Mußhoff, Oliver; Hützel, Silke (2017): Pasture Access of Dairy Cows: Farm Animal Welfare at Costs of Technical Efficiency? 57. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V. München, 2017.

Schuman, G. E.; Reeder, J. D.; Manley, J. T.; Hart, R. H.; Manley, W. A. (1999): Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. In: *Ecological Applications* 9 (1), S. 65–71.

Simar, Léopold; Wilson, Paul W. (2000): A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models. In: *Journal of Applied Statistics* 27 (6), S. 779–802. DOI: 10.1080/02664760050081951.

Singleton, P. L.; Addison, B. (1999): Effects of cattle treading on physical properties of three soils used for dairy farming in the Waikato, North Island, New Zealand. In: *Aust. J. Soil Res.* 37 (5), S. 891. DOI: 10.1071/SR98101.

Singleton, P. L.; Boyes, M.; Addison, B. (2000): Effect of treading by dairy cattle on topsoil physical conditions for six contrasting soil types in Waikato and Northland, New Zealand, with implications for monitoring. In: *New Zealand Journal of Agricultural Research* 43 (4), S. 559–567. DOI: 10.1080/00288233.2000.9513453.

Smith, Lindsay I. (2002): A tutorial on principal components analysis. In: *Cornell University, USA* 51 (52), S. 65. Online verfügbar unter <http://facepress.net/pdf/734.pdf>.

Socher, Stephanie A.; Prati, Daniel; Boch, Steffen; Müller, Jörg; Baumbach, Henryk; Gockel, Sonja et al. (2013): Interacting effects of fertilization, mowing and grazing on plant species diversity of 1500 grasslands in Germany differ between regions. In: *Basic and Applied Ecology* 14 (2), S. 126–136. DOI: 10.1016/j.baae.2012.12.003.

Soriano, F. D.; Polan, C. E.; Miller, C. N. (2001): Supplementing Pasture to Lactating Holsteins Fed a Total Mixed Ration Diet. In: *Journal of Dairy Science* 84 (11), S. 2460–2468. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74696-6.

Abschlussbericht ÖKOTAWEK (2812NA009), Februar 2018

Soussana, J.-F.; Loiseau, P.; Vuichard, N.; Ceschia, E.; Balesdent, J.; Chevallier, T.; Arrouays, D. (2004): Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. In: *Soil Use and Management* 20 (2), S. 219–230. DOI: 10.1111/j.1475-2743.2004.tb00362.x.

Stark, Meike (2017): Analyse des Arbeitszeitaufwands in der Milchviehhaltung - ein Vergleich ausgewählter Weide- und Stallbetriebe. Bachelorarbeit. Humboldt-Universität, Berlin. Albrecht Daniel Thaer-Institut.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hg.) (2011): Agrarstrukturen in Deutschland – Einheit in Vielfalt. Regionale Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010. Stuttgart.

Statistisches Bundesamt (Hg.) (2011): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Wirtschaftsdünger, Stallhaltung, Weidehaltung - Landwirtschaftszählung/Agrarstrukturerhebung - 2010. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden (Fachserie 3, Heft 6).

Steffens, Markus; Kölbl, Angelika; Totsche, Kai Uwe; Kögel-Knabner, Ingrid (2008): Grazing effects on soil chemical and physical properties in a semiarid steppe of Inner Mongolia (PR China). In: *Geoderma* 143 (1), S. 63–72. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706107002753>.

Steinwidden, A.; Greimel, M. (1999): Ökonomische Bewertung der Nutzungsdauer bei Milchkühen. In: *Die Bodenkultur*, 1999 (50), S. 235–249.

Steinwigger, Andreas; Häusler, Johann (2015): Effiziente Weidehaltung durch betriebsangepasste Weidesysteme und Weidestrategien. Hg. v. Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft. Raumberg-Gumpenstein (42. Viehwirtschaftliche Fachtagung).

Steinwigger, Andreas; Starz, Walter (2015): Gras dich fit! Weidewirtschaft erfolgreich umsetzen. Graz, Stuttgart: Leopold Stocker Verlag (StV Praxisbuch).

Thomsen, P. T.; Kjeldsen, A. M.; Sorensen, J. T.; Houe, H.; Ersboll, A. K. (2006): Herd-level risk factors for the mortality of cows in Danish dairy herds. In: *Veterinary Record* 158 (18), S. 622–626. DOI: 10.1136/vr.158.18.622.

Thünen-Institut (2017): Steckbrief zur Tierhaltung in Deutschland: Milchkühe. Hg. v. Thünen-Institut. Online verfügbar unter https://www.thuenen.de/media/ti-themenfelder/Nutztierhaltung_und_Aquakultur/Nutztierhaltung_und_Fleischproduktion/Milchviehhaltung/Steckbrief_Milchkuehe.pdf, zuletzt geprüft am 8/2017.

Veauthier (2016): Leistung und Nutzungsdauer sind kein Widerspruch! In: *Elite*, 2016 (6).

Veauthier, Gregor (2002): Wie Sie die Arbeitszeit deutlich senken können. In: *top agrar* (1), R6-R11.

Verbrugge, Elin; Boyen, Filip; Gaastra, Wim; Bekhuis, Leonie; Leyman, Bregje; van Parys, Alexander et al. (2012): The complex interplay between stress and bacterial infections in animals. In: *Veterinary Microbiology* 155 (2-4), S. 115–127. DOI: 10.1016/j.vet-mic.2011.09.012.

Voigtländer, G.; Boeker, P. (Hg.) (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau. Stuttgart: Ulmer.

Walker, S. L.; Smith, R. F.; Routly, J. E.; Jones, D. N.; Morris, M. J.; Dobson, H. (2008): Lameness, activity time-budgets, and estrus expression in dairy cattle. In: *J Dairy Sci* 91 (12), S. 4552–4559. DOI: 10.3168/jds.2008-1048.

Wang, Yang; Bölter, Manfred; Chang, Qingrui; Duttmann, Rainer; Marx, Kirstin; Petersen, James F.; Wang, Zhanli (2015): Functional dependencies of soil CO₂ emissions on soil biological properties in northern German agricultural soils derived from a glacial till. In: *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* 65 (3), S. 233–245. DOI: 10.1080/09064710.2014.1000369.

Wangler, A. (2009): Lebensleistung und Nutzungsdauer von Milchkühen aus der Sicht einer effizienten Milchproduktion. In: *Züchtungskunde*, 2009 (81(05)), S. 341–360.

Washburn, S. P.; White, S. L.; Green, J. T.; Benson, G. A. (2002): Reproduction, Mastitis, and Body Condition of Seasonally Calved Holstein and Jersey Cows in Confinement or Pasture Systems. In: *Journal of Dairy Science* 85 (1), S. 105–111. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74058-7.

Weiler, S. (2014): Untersuchungen zur Klauengesundheit bayerischer Milchkühe zum Zeitpunkt der Schlachtung. Dissertation. LMU, München. Tierärztliche Fakultät.

Welfare Quality® (2009): Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Lelystad: Welfare Quality Consortium.

Wierenga, H. K. (1984): The social behaviour of dairy cows: some differences between pasture and cubicle system. In: Unshelm, J., Putten van, G., Zeeb, K. (Hg.): The social behaviour

Abschlussbericht ÖKOTAWEK (2812NA009), Februar 2018

of dairy cows: some differences between pasture and cubicle system. Proc. Int. Congress on Appl. Ethology. Kiel.

Willatt, S. T.; Pullar, D. M. (1984): Changes in soil physical properties under grazed pastures. In: *Soil Research* 22 (3), S. 343–348. Online verfügbar unter <http://www.publish.csiro.au/?paper=SR9840343>.

Winsten, Jonathan R.; Parsons, Robert L.; Hanson, Gregory D. (2000a): A Profitability Analysis of Dairy Feeding Systems in the Northeast. In: *Agric. resour. econ. rev.* 29 (02), S. 220–228. DOI: 10.1017/S1068280500005359.

Winsten, Jonathan R.; Parsons, Robert L.; Hanson, Gregory D. (2000b): Differentiated Dairy Grazing Intensity in the Northeast. In: *Journal of Dairy Science* 83 (4), S. 836–842. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(00)74947-2.

Wlcek, S.; Herrmann, H.-J. (1996): Verhaltensbeobachtungen bei Milchkühen zur Ermittlung der Trittsicherheit von Stallfußböden (Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung. KTBL-Schrift, 373).

Xie, Yingzhong; Wittig, Rüdiger (2004): The impact of grazing intensity on soil characteristics of *Stipa grandis* and *Stipa bungeana* steppe in northern China (autonomous region of Ningxia). In: *Acta Oecologica* 25 (3), S. 197–204. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1146609X04000062>.

Zeeb, K., Bammert, J. (1985): Zur Synchronität des Rinderverhaltens unter verschiedenen Haltungsbedingungen. In: *Züchtungskunde* (57), S. 348–356.

Zube, P.; Priebe, R. (1999): Weidehaltung von Milchküherden mit hohen Leistungen. Hg. v. Landesanstalt für Landwirtschaft. Abteilung Tierzucht und Tierhaltung. Groß Kreutz.

9 Vorträge und Veröffentlichungen

2016

- Vorstellung ÖKOTAWEK Projekt bei der 31. Wissenschaftlichen Fachtagung Umwelt- und Standortgerechte Landwirtschaft in Soest, 05.10.2016 durch S. Hüttel
- Posterpräsentation R. Bürger, Dr. Irrgang auf dem bundesweiten Workshop für Operationelle Gruppen der Deutschen Vernetzungsstelle Ländliche Räume in Bonn 22.-23.11.2016

2017

- Vorstellung Ergebnisse durch Frau Prof. Hüttel bei den Fachgesprächen Nutztierhaltung der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft in Rudolstadt 24.04.2017 mit anschließender Pressemitteilung bei top agrar online
- Schulte, H.; Armbrecht, L.; **Bürger**, R.; Gauly, M.; Mußhoff, O.; **Hüttel**, S. (2017): Pasture Access of Dairy Cows: Farm Animal Welfare at Costs of Technical Efficiency? Diskussionspapier und Vortrag beim Kongress der European Association of Agricultural Economists (EAAE) in Parma, Italien 26.08-01.09.2017
- Vortrag von S. Ittner auf der Jahrestagung des Deutschen Grünlandverbandes. 24.08.2017
- Vortrag von S. Ittner auf der Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Göttingen 02.-07.09.2017
- Schulte, H.; Armbrecht, L.; **Bürger**, R.; Gauly, M.; Mußhoff, O.; **Hüttel**, S. (2017): Pasture Access of Dairy Cows: Farm Animal Welfare at Costs of Technical Efficiency? 57. Diskussionspapier und Vortrag bei der Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V. München, 2017, 14.-17.09.
- **Hüttel**, S.; **Bürger**, R.; Musshoff, O.; Schulte, H.; Armbrecht, L.; Gauly, M. (2017): Tierwohl ist komplex. Bauernzeitung 50/2017.

10 Anhang

10.1 Anhang A: Kartierung

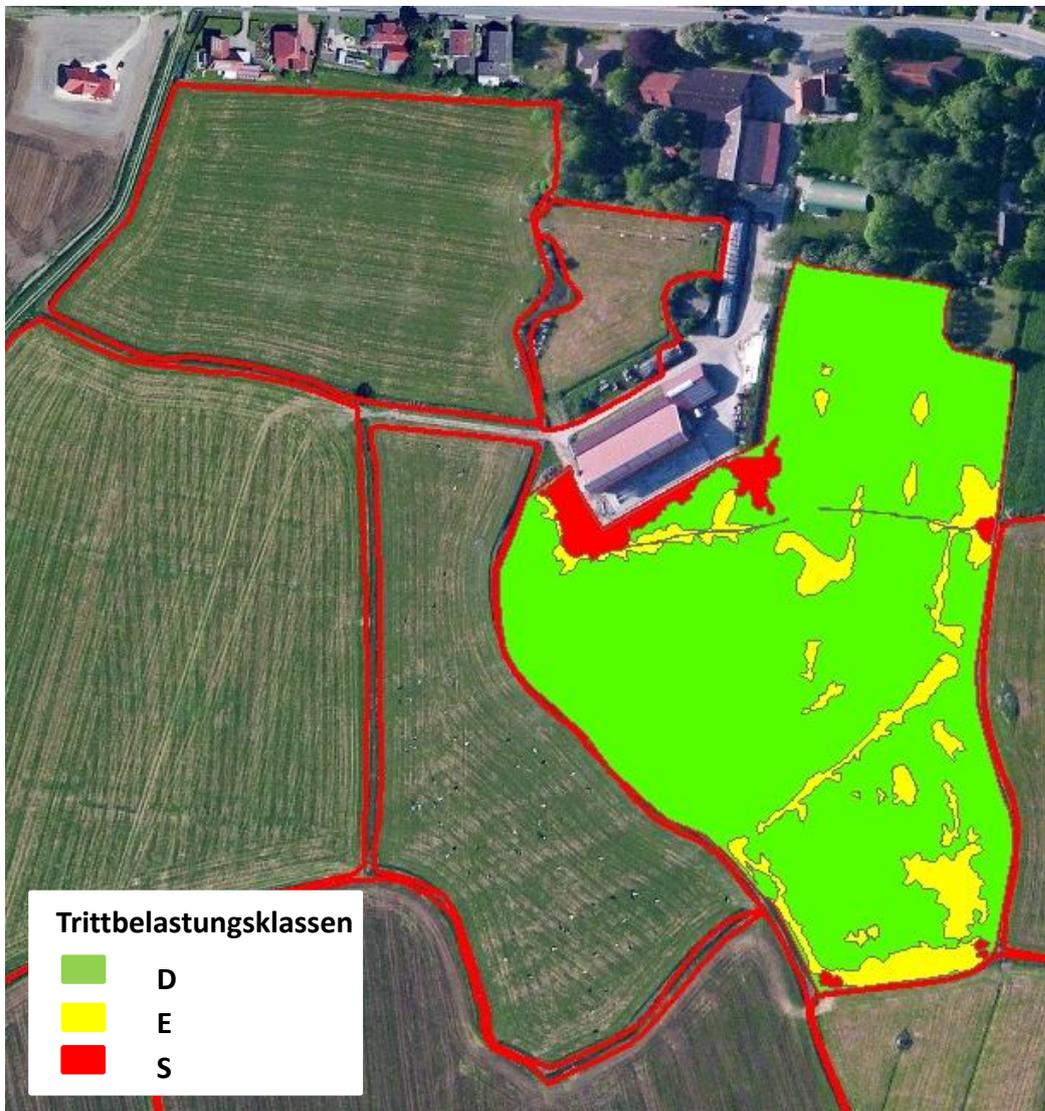


Abbildung 30: Ergebnis der Kartierung der Trittbelastungsklassen am Beispiel von Betrieb 1 mit D - „durchschnittlich betreten“, E - „erhöht betreten“ und S - „stark betreten“



Abbildung 31: Ergebnis der Kartierung der Trittbelastungsklassen am Beispiel von Betrieb 1 mit D - „durchschnittlich betreten“, E – „erhöht betreten“ und S – „stark betreten“

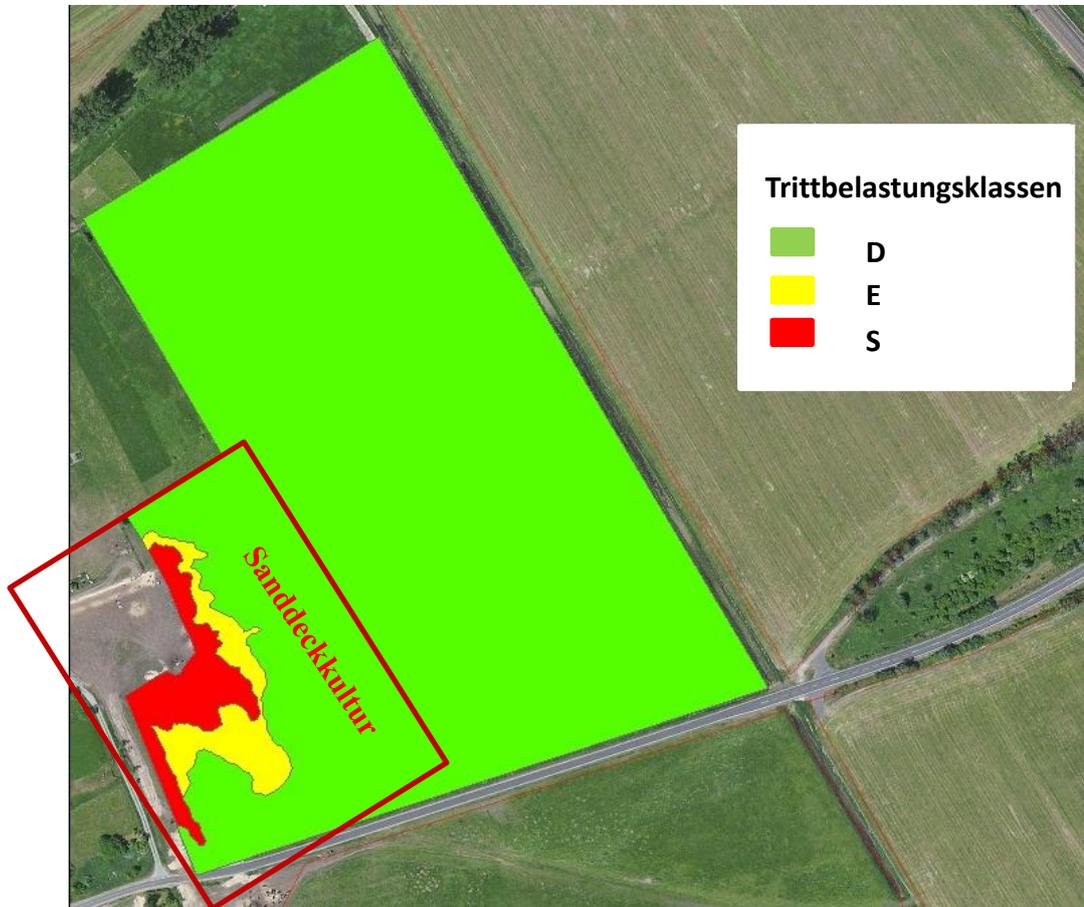


Abbildung : Ergebnis der Kartierung der Trittbelastungsklassen am Beispiel von Betrieb 3 mit D - „durchschnittlich betreten“, E – „erhöht betreten“ und S – „stark betreten“. Der rote Rahmen markiert den Bereich der Sanddeckkultur

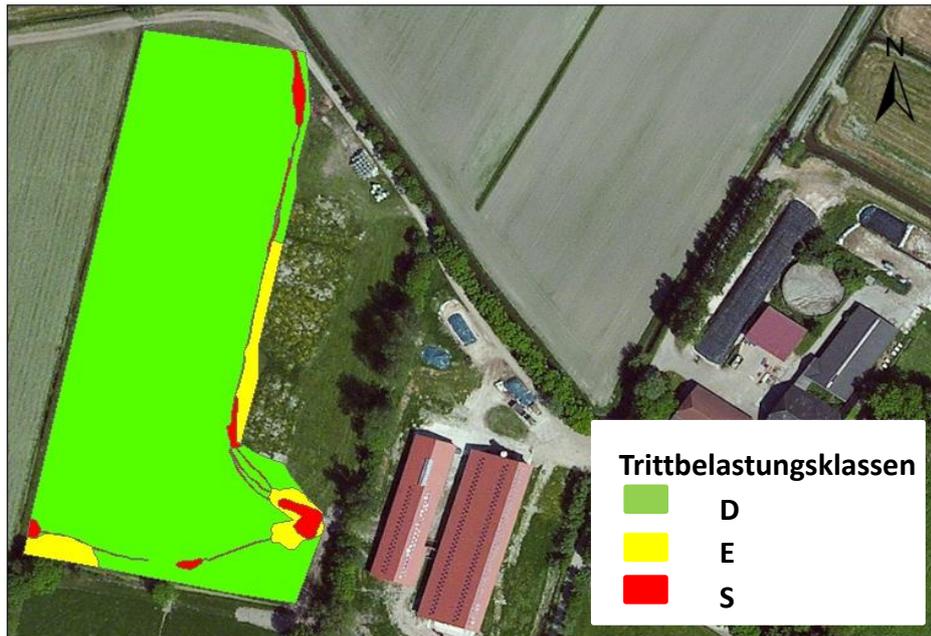


Abbildung 33: Ergebnis der Kartierung der Trittbelastungsklassen am Beispiel von Betrieb 7 mit D - „durchschnittlich betreten“, E – „erhöht betreten“ und S – „stark betreten“

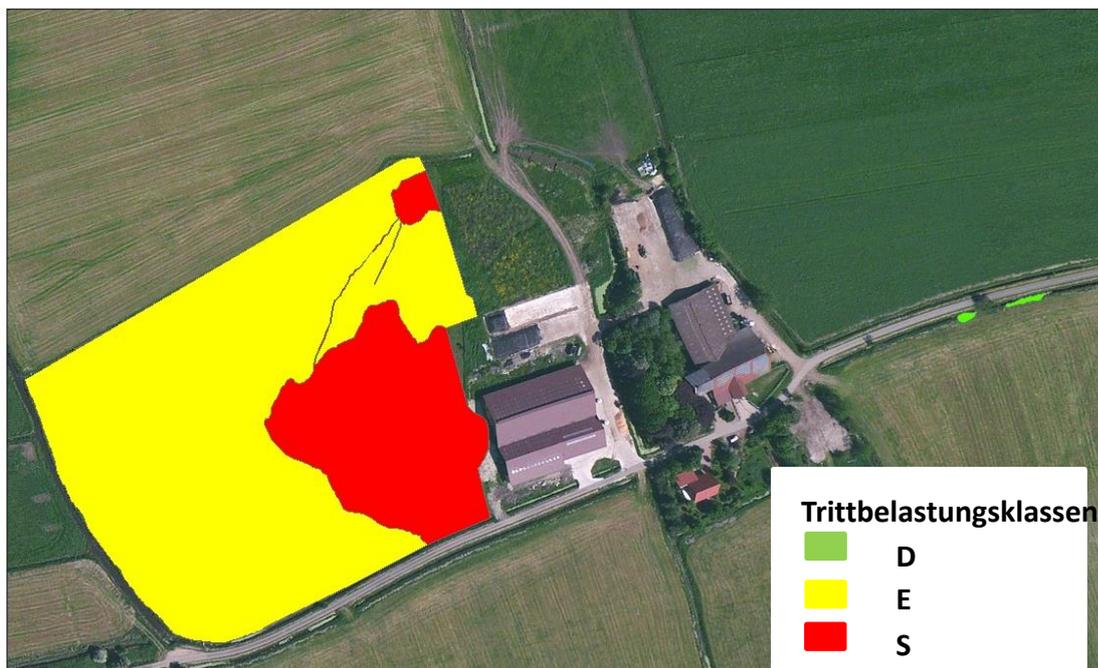


Abbildung 34: Ergebnis der Kartierung der Trittbelastungsklassen am Beispiel von Betrieb 8 mit D - „durchschnittlich betreten“, E – „erhöht betreten“ und S – „stark betreten“

10.2 Anhang B: Ergebnisse Ertragsqualität

Tabelle 41: Mittlerer Rohproteingehalt, Rohfasergehalt und Netto-Energie-Laktation des Grünlandaufwuchses unterteilt nach den Trittbelastungsklassen durchschnittlich betreten (D), erhöht betreten (E) und den vier untersuchten Terminen

Betrieb	Termin	TBK	Rohproteingehalt [g/kg TS]	Rohfaser [g/kg TS]	NEL [MJ/kg TS]
1	1	S	197,88	193,66	7,1
1	1	E	164,58	183,78	7,25
1	1	D	174,11	182,03	7,13
1	2	S	177,08	226,63	6,31
1	2	E	166,47	217,59	6,71
1	2	D	NA	NA	NA
1	3	S	154,26	257,95	6,15
1	3	E	133,65	245,31	6,5
1	3	D	109,96	261,17	6,22
1	4	S	167,03	287,04	5,98
1	4	E	148,98	258,86	6,35
1	4	D	145,73	273,59	6,19
2	1	S	166,24	147,75	4,61
2	1	E	242,04	176,18	6,64
2	1	D	281,24	155,14	7,1
2	2	S	200,61	174,73	7,24
2	2	E	231,55	201,4	7,15
2	2	D	226,81	189,46	7,74
2	3	S	133,94	280,05	5,77
2	3	E	136,87	267,94	6,25
2	3	D	143,15	269,12	6,36
2	4	S	123,94	277,58	5,88
2	4	E	151,12	261,88	5,83
2	4	D	138,57	270,64	6,05
3	1	S	188,32	129,34	7,55
3	1	E	154,9	191,3	6,81
3	1	D	181,4	179,86	7,2
3	2	S	116,79	189,12	7,11
3	2	E	138,77	213,31	6,74
3	2	D	172,53	224,21	6,71
3	3	S	202,96	225,67	6,56
3	3	E	141,64	257,77	5,98
3	3	D	154,42	251,15	6,35
3	4	S	183,66	286,8	6,02
3	4	E	144,83	292,97	5,54
3	4	D	160,03	298,51	5,67
6	1	S	166,44	167,66	6,32
6	1	E	114,36	198,1	5
6	1	D	180,13	190,6	7,06
6	2	S	137,92	205,91	6,52
6	2	E	170,52	196,73	6,61
6	2	D	204,5	217,4	7,12
6	3	S	77,15	294,28	5,52
6	3	E	99,04	275,29	5,82
6	3	D	89,73	287,51	5,85
6	4	S	74,98	266,64	5,96
6	4	E	110,93	293,69	5,44
6	4	D	97,32	310,63	5,51

7	1	S	242,29	161,37	6,41
7	1	E	157,76	206,31	6,57
7	1	D	219,91	187,69	7,1
7	2	S	202,35	164,21	4,9
7	2	E	147,15	206,53	6,37
7	2	D	208,86	216,87	7,06
7	3	S	124,71	274,81	5,55
7	3	E	125,49	260,85	5,79
7	3	D	134,62	291,07	5,49
7	4	S	139,92	301,8	5,33
7	4	E	159,91	283,42	5,77
7	4	D	159,92	314,02	5,32
8	1	S	164,32	172,92	5,86
8	1	E	192,27	187,82	6,85
8	1	D	243,49	194,86	6,94
8	2	S	189,74	171,05	5,71
8	2	E	296,91	189,92	6,84
8	2	D	231,17	195,71	7,29
8	3	S	144,38	217,19	6,5
8	3	E	170,06	250,55	6,21
8	3	D	113,74	232,98	6,29
8	4	S	130,59	294,06	5,55
8	4	E	175,47	273,4	6,2
8	4	D	109,55	282,95	5,92

10.3 Anhang C: Hauptbestandsbildner

Tabelle 42: Hauptertragsbildner der sechs untersuchten Betriebe unterschieden nach den vier Trittbelastungsklassen (TBK: N (nicht betreten), D (durchschnittlich betreten), E (erhöht betreten) und S (stark betreten))

Betrieb	TBK	Gräser	Leguminosen	Kräuter
1	N	Deutsches Weidelgras, Gemeine Rispe, Wiesen-Fuchsschwanz, Wolliges Honiggras	-	Gundermann, Ackerschachtelhalm, Vogelmiere
	D	Deutsches Weidelgras, Gemeine Rispe, Quecke, Wiesenrispe	Weißklee	Gundermann, Vogelmiere
	E	Deutsches Weidelgras, Gemeine Rispe	Weißklee	-
	S	Deutsches Weidelgras, Gemeine Rispe	-	Breitwegerich, Schlitzblättriger Storchschnabel, Hirtentäschel
2	N	Wiesenrispe, Deutsches Weidelgras, Gemeine Rispe, Jährige Rispe	-	Löwenzahn, Vogelmiere
	D	Deutsches Weidelgras, Wiesenrispe	-	Löwenzahn
	E	Deutsches Weidelgras, Quecke, Knaulgras	-	Löwenzahn
	S	Deutsches Weidelgras, Jährige Rispe	-	Vogelknöterich
3	N	Schilfrohr, Raue Segge, Gemeine Rispe	Gelbklee, Wicken	Gänsefingerkraut, Filziger Knöterich
	D	Deutsches Weidelgras, Quecke, Wiesenrispe	Weißklee	Kriechender Hahnen- fuß, Löwenzahn
	E	Deutsches Weidelgras, Jährige Rispe, Quecke	Weißklee	Vogelknöterich, Breit- wegerich, Ackerkratz- distel
	S	Jährige Rispe, Quecke	-	Vogelknöterich, Strahllose Kamille
6	N	Quecke	-	Große Brennnessel
	D	Deutsches Weidelgras, Wiesenrispe	Gelbklee, Weißklee, Rotklee	Löwenzahn, Spitzwegerich
	E	Deutsches Weidelgras, Jährige Rispe, Knick- Fuchsschwanz	Weißklee	Wiesenpippau, Kamille
	S	Deutsches Weidelgras, Gemeine Rispe, Wiesen-Fuchsschwanz	-	Vogelknöterich, Kamille

7	N	Deutsches Weidelgras, Kammgras	-	Ackerkratzdistel, Großer Sauerampfer, Kriechender Hahnen- fuß
	D	Deutsches Weidelgras, Knaulgras, Wiesen-Fuchsschwanz, Wolliges Honiggras	-	-
	E	Deutsches Weidelgras	Weißklee	Kriechender Hahnen- fuß, Breitwegerich
	S	Deutsches Weidelgras, Gemeine Rispe, Wolliges Honiggras	-	Gundermann, Hirtentäschel
8	N	Deutsches Weidelgras, Gemeine Rispe	-	Gundermann
	D	Deutsches Weidelgras, Wolliges Honiggras, Jährige Rispe	-	-
	E	Deutsches Weidelgras, Gemeine Rispe	-	Breitwegerich, Vogel- miere
	S	Deutsches Weidelgras, Gemeine Rispe	-	Vogelknöterich

10.4 Anhang D Fragebogen zum Arbeitszeitbedarf in der (Weide-)Haltung von Milchkühen

Befragung zum Arbeitszeitbedarf in der (Weide-)Haltung von Milchkühen

Berlin, den _____

Sehr geehrte*r Herr/Frau,

mein Name ist Meike Stark und ich studiere an der Humboldt Universität zu Berlin Agrarwissenschaften im Bachelor. Für meine Abschlussarbeit untersuche ich innerhalb des Forschungsprojekts „ÖKOTAWEK“¹ den Arbeitszeitbedarf unterschiedlicher Weidehaltungssysteme in der Milchviehhaltung. Als Grundlage der Erhebung habe ich den vorliegenden Fragebogen verfasst. Anhand Ihrer Angaben - ergänzt durch Literaturwerte - möchte ich alle anfallenden Arbeiten in der Milchviehhaltung evaluieren und den Arbeitszeitaufwand verschiedener Haltungssysteme vergleichen.

Die Befragung teilt sich in folgende Bereiche:

I. Allgemeine Angaben zum Betrieb	2
II. Milchviehhaltung	4
III. Grünlandbewirtschaftung	15
IV. Betriebsführungsarbeiten	19
V. Anmerkungen	20

Alle Angaben beziehen sich auf das Wirtschaftsjahr 2014/2015. Sollte dafür im Einzelfall keine Antwort möglich sein, orientieren Sie sich bitte am Wirtschaftsjahr 2015/2016.

Ich würde mich sehr freuen, wenn Sie sich Zeit für die Umfrage nehmen!

Alle Angaben werden anonymisiert und nur im Rahmen der Bachelorarbeit und dem Forschungsprojekt „ÖKOTAWEK“ veröffentlicht. Die Antworten können in das Dokument eingetragen und bei PDF anschließend gespeichert werden.

Bitte bereiten Sie die Antworten bis zum Befragungstermin vor. **Gerne verwende ich auch Ihre eigenen Aufzeichnungen!** Bei unserem Besuch würde ich gerne die Antworten gemeinsam besprechen. Bei Fragen wenden Sie sich gerne vorab per Mail oder telefonisch an mich.

Wenn Sie eine tabellarische Übersicht Ihrer Angaben zum Arbeitszeitbedarf wünschen und/oder an den Ergebnissen der Umfrage und meiner Abschlussarbeit interessiert sind, teilen Sie mir dies gerne beim Besuch mit. Ich lasse Ihnen dann die Ergebnisse sobald vorliegend zukommen.

Beste Grüße und herzlichen Dank für Ihre Teilnahme,

Meike Stark
Maxstr. 4c
13347 Berlin
meike.stark@gmail.com
Mobil: +49176 /3456 5195



I. Allgemeine Angaben zum Betrieb

1. Betriebsangaben & Ansprechperson

Betrieb			
Betriebsinhaber*in (Name,Vorname)			
Adresse			
Bundesland			
Telefon		E-Mail	
Allgemeine Betriebsnummer			
Rechtsform des Betriebs			
Gründungsjahr des Betriebs			
<u>falls abweichend:</u>			
Ansprechperson (Name,Vorname)			

2. Betriebszweige

2.1. Welche Betriebszweige gibt es auf Ihrem Betrieb? Wie war die Flächenaufteilung und der Tierbestand zu Beginn des **Wirtschaftsjahrs 2014/2015**?

Pflanzenproduktion	Fläche in ha	davon Pachtflächen	
			ha
Landwirtschaftlich genutzte Fläche (inkl. Pachtflächen)	ha		
<i>Ackerfläche</i>	ha		ha
davon Getreideanbau	ha		
davon Hackfruchtanbau	ha		
davon Ackerfutteranbau	ha		
davon Ölfruchtanbau	ha		
davon Sonstiges	ha		
<i>Grünland</i>	ha		ha
<i>Stilllegung</i>	ha		
<i>verpachtete (Eigentums-)Fläche (Ackerfläche)</i>	ha		
<i>verpachtete (Eigentums-)Fläche (Grünland)</i>	ha		
<i>Sonstige Flächen (keine LN)</i>	ha		

Tierproduktion	Ø Anzahl der Tiere
Milchviehhaltung	
Rinderhaltung	
Sonstige Tiere	

2.2. Was ist die Hauptproduktionsrichtung ihres Betriebs/ Ihrer Betriebe?

3. Personal

3.1. Bitte tragen Sie in die folgende Tabelle **alle Arbeitskräfte** (=AK) ein (Fremd- und Familien-AK), die **im Wirtschaftsjahr 2014/2015** im Gesamtbetrieb tätig waren. Dazu zählen auch Auszubildende, Praktikanten u.a. Falls möglich nennen bzw. schätzen Sie bitte den Anteil der Arbeitszeit, den die Arbeitskraft im jeweiligen Bereich tätig ist und welche Tätigkeiten sie in etwa übernimmt.

Bezeichnung BetriebsleiterIn, , Arbeitskraft 1,2,3...	Arbeitsleistung laut Jahresabschluss	Anstellungsart Familien-AK, Festanstellung, Praktikant, u.a.	Arbeitsbereich	Tätigkeit Melken,Reinigung, Weidemanagement, Fütterung usw.	Stunden/ Woche	Urlaubstage / Jahr
			Milchvieh			
			Ackerbau			
			Grünland			
			Betriebsführung			
			Sonstiges			
			Milchvieh			
			Ackerbau			
			Grünland			
			Betriebsführung			
			Sonstiges			
			Milchvieh			
			Ackerbau			
			Grünland			
			Betriebsführung			
			Sonstiges			
			Milchvieh			
			Ackerbau			
			Grünland			
			Betriebsführung			
			Sonstiges			

II. Milchviehhaltung

Nachfolgende Fragen beziehen sich auf den Bereich der Milchviehhaltung sowie das Wirtschaftsjahr 2014/2015. Wenn keine Angaben zu diesem Jahr gemacht werden können, wählen Sie das Bezugsjahr 2015/2016.

4. Leistungsdaten der Herde

- 4.1. Wie viele Tiere waren zum Beginn und Ende des Wirtschaftsjahrs 2014/2015 im Betrieb? Alternativ ist auch ein **Ausdruck aus HIT** (Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere) mit den unten stehenden Informationen ausreichend.

	Ø Anzahl 2014/2015
Milchkühe > 2 Jahre	
Zuchtfärse	
weibliches Jungvieh 1-2 Jahre	
männliches Jungvieh 1-2 Jahre	
weiblich Jungvieh (6-12 Monate)	
männliches Jungvieh (6-12 Monate)	
Kalb weiblich (<6 Monate)	
Kalb männlich (<6 Monate)	
Zuchtbulle	

- 4.2. Sind die laktierenden Tiere in Leistungsgruppen eingeteilt? Wenn ja, in wie viele?

Nein

Ja:

5. Stallhaltung

Folgende Fragen beziehen sich auf die **laktierenden Kühe** im **Wirtschaftsjahr 2014/2015**. Bedenken Sie bei Leistungsgruppen den Arbeitsaufwand für alle Gruppen. Bei alleiniger Stallhaltung beziehen sich diese Fragen auf das gesamte Jahr, bei Weideaustrieb sind die Arbeitsgänge nach Saison zu trennen.

5.1. Allgemein

- 5.1.1. In welchem System werden die **laktierenden Kühe** gehalten?

Liegeboxenlaufstall mit Hochboxen

Liegeboxenlaufstall mit Tiefboxen

Anzahl: Hochboxen:

Anzahl Tiefboxen:

Tretmiststall

Tiefstreustall

Sonstiges:

5.1.2. In welchem System werden die **Trockensteher** gehalten?

System entspricht dem der laktierenden Kühe

Sonstiges:

5.1.3. In welchem Jahr wurde der Stall erbaut?

5.2. Entmisten und Einstreuen

5.2.1. Welches Entmistungsverfahren wird durchgeführt?

Festmist

Flüssigmist

Sonstiges:

5.2.2 Bitte füllen Sie nachfolgende Tabelle **für die laktierenden Kühe** aus:

- Welcher Arbeitsaufwand wurde für den jeweiligen Vorrang in Stunden und Minuten benötigt?
- Wie oft wurde entmistet/eingestreut? Wie viele Arbeitskräfte waren daran beteiligt?
- Fanden die genannten Arbeitsvorgänge nicht statt, tragen sie „0“ ein.

Vorgang	gesamter Arbeitsaufwand pro Vorgang		Anzahl der Durchführungen		Anzahl der AK
	h	min	Anzahl	pro Tag / Woche / Monat / Jahr	
während Stallperiode					
Entmistung des Milchviehstalls - Stallperiode Vorbereitung der Geräte, Säubern der Liegeboxen, der planbefestigten Flächen, der Abkalbeboxen sowie der Tränkebecken					
Entmistung des Laufhofs - Stallperiode falls vorhanden					
Einstreuen des Milchviehstalls Vorbereitung der Maschinen, Holen und Verteilen des Einstreus in den Liegeboxen, den Abkalbeboxen					
Einstreuen des Laufhofs falls vorhanden					
während Weideperiode					
Entmistung des Milchviehstalls – Weideperiode siehe oben					
Einstreuen des Milchviehstalls – Weideperiode siehe oben					

5.3. Melken während Stallperiode

5.3.1. Welches Melkverfahren wird eingesetzt?

<input type="checkbox"/> Eimermelkanlage	<input type="checkbox"/> Side-by-Side
<input type="checkbox"/> Rohrmelkanlage	<input type="checkbox"/> Tandem
<input type="checkbox"/> Fischgrätenmelkstand mit Schnellaustrieb	<input type="checkbox"/> Autotandem
<input type="checkbox"/> Fischgrätenmelkstand ohne Schnellaustrieb	<input type="checkbox"/> Melkkarussell
<input type="checkbox"/> Sonstiges:	

5.3.2. Wie viele Melkzeuge hat der Melkstand?

5.3.3. Wie viele Stellplätze hat der Melkstand?

5.3.4. Ist der Melkstand einseitig oder zweiseitig?

5.3.5. Baujahr des Melkstands:

5.3.6. Firma des Melkstands:

5.3.7. Wie viele Kühe werden durchschnittlich gemolken?

5.3.8. Bitte füllen Sie nachfolgende Tabelle zu **Melkarbeiten während der Stallhaltung** bzw. -periode aus:

- Welcher Arbeitsaufwand wird für die Melkarbeiten in Stunden und Minuten benötigt?
- Wie oft wurde der jeweilige Vorgang durchgeführt? Wie viele Arbeitskräfte waren daran beteiligt?
- Fanden die genannten Arbeitsvorgänge nicht statt, tragen sie „0“ ein.

Vorgang	gesamter Arbeitsaufwand pro Vorgang		Anzahl der Durchführungen		Anzahl der AK
	h	min	Anzahl	pro Tag/ Woche/ Monat/Jahr	
Melkvorgang - morgens Der Melkvorgang beinhaltet das Eintreiben der Kühe vom Stall in den Melkstand, den Melkvorgang, das Austreiben der Kühe vom Melkstand in den Stall und die Nachbereitungen (z.B. Reinigung); NICHT den Treibweg zwischen Stall und Weide.			1	pro Tag	
Melkvorgang - abends s. oben			1	pro Tag	
Zusätzlicher Melkvorgang (falls vorhanden) s. oben			1	pro Tag	
Generalreinigung Eine zusätzliche Hauptreinigung des Melkstands oder des Warteraums					
Reinigung von Milchsammeltank					

5.4. Melken während der Weideperiode

5.4.1. Wird in der Weidesaison der Melkstand auf die Weidefläche umgesetzt?

Nein → **weiter zu 5.4.2**

Ja → **weiter zu 5.4.8**

5.4.2. Wird in der Weidesaison ein separater Weidemelkstand eingesetzt?

Nein → **weiter zu 5.4.8**

Ja → **weiter zu 5.4.3**

5.4.3. Wie viele Melkzeuge hat der Weidemelkstand?

5.4.4. Wie viele Stellplätze hat der Weidemelkstand?

5.4.5. Ist der Weidemelkstand einseitig oder zweiseitig?

5.4.6. Baujahr des Weidemelkstands:

5.4.7. Firma des Weidemelkstands:

5.4.8. Bitte füllen Sie nachfolgende Tabelle zu **Melkarbeiten während der Weideperiode** aus, wenn sich die Melkzeiten während der Weideperiode abweichen:

- Welcher Arbeitsaufwand wurde pro Vorgang in Stunden und Minuten benötigt?
- Wie oft wurde der jeweilige Vorgang durchgeführt? Wie viele Arbeitskräfte waren daran beteiligt?
- Fanden die genannten Arbeitsvorgänge nicht statt, tragen sie „0“ ein.

Vorgang	gesamter Arbeitsaufwand pro Vorgang		Anzahl der Durchführungen		Anzahl der AK
	h	min	Anzahl	pro Tag / Woche / Monat / Jahr	
Weidemelkvorgang – morgens Eintreiben der Kühe von der Weide in den Melkstand, den Melkvorgang, das Austreiben der Kühe vom Melkstand auf die Weide			1	pro Tag	
Weidemelkvorgang – abends s. oben			1	pro Tag	
Zusätzlicher Weidemelkvorgang (falls vorhanden) s.oben			1	pro Tag	
Generalreinigung Eine zusätzliche Hauptreinigung des Melkstands					
Reinigung des Milchsammeltanks					
Aufbau des Weidemelkstands zu Beginn der Weideperiode; Bedenken Sie auch die Vorbereitungen der Maschinen, Transport, Installation der Stromversorgung und eventuellen Zaunbau für die Abtrennung von Melkstand zur Weidefläche, Rückfahrt					
Abbau des Weidemelkstands zum Ende der Weideperiode; Beschreibung siehe Aufbau					
Umsetzen des Weidemelkstands Das Umsetzen des Weidemelkstands beim Parzellenwechsel der Milchkühe					

6. Weidehaltung

Folgende Fragen und Arbeitszeitschätzungen beziehen sich auf die **laktierenden Kühe** im **Wirtschaftsjahr 2014/2015**. Gibt es Leistungsgruppen, schätzen Sie den Arbeitsaufwand für alle Gruppen.

6.1. Allgemein

6.1.1. Welche Form der Weidehaltung findet auf ihrem Betrieb statt?

- Ganztagsweide
 Halbtagsweide
 Siesta-Beweidung / Stundenweide
 Keine Weidehaltung → *weiter zu 7. Fütterung*

6.1.2. Wann waren Weideauf- und Weideabtrieb im Wirtschaftsjahr 2014/2015?
Bei Halbtagsweide geben Sie bitte das Datum des 1. Auftriebs und letztem Abtriebs an.

Auftrieb	
Abtrieb	

6.1.3. Wie oft hatten die **laktierenden Kühe** während der Weideperiode Weidegang?

- täglich
 mal wöchentlich
 Sonstiges:

6.1.4. Wie lange waren die **laktierenden Kühe** im Durchschnitt pro Tag auf der Weide?

h

6.1.5. Welches Weideverfahren nutzen Sie auf ihrem Betrieb? Bei Mehrfachnennung bitte Flächenanteil nachfolgend eintragen.

<input type="checkbox"/> Portionsweide		%
<input type="checkbox"/> Umtriebsweide		%
<input type="checkbox"/> Kurzrasenweide/Intensivstandweide		%
<input type="checkbox"/> Sonstiges:		

6.1.6. Wie weit ist die Entfernung von Weide zu Hof in Metern? Schätzen Sie bei mehreren Weideschlägen den Durchschnitt. Dies betrifft nur Flächen, die durch **laktierende Kühe** beweidet wurden.

m

6.2. Arbeiten auf der Weide

Zaunarbeiten

6.2.1. Welche Zäune werden eingesetzt?

mobil halbstationär stationär

Sonstiges:

6.2.2. Welche **Zaunarbeiten** fanden in 2014/15 auf Weideflächen statt, die von **laktierenden Kühen** beweidet wurden?

- Welcher Arbeitsaufwand wurde pro Vorgang in Stunden und Minuten benötigt?
- Wie oft wurde der jeweilige Vorgang durchgeführt? Wie viele Arbeitskräfte waren daran beteiligt?
- Fanden die genannten Arbeitsvorgänge nicht statt, tragen sie „0“ ein.

Vorgang	gesamter Arbeitsaufwand pro Vorgang		Anzahl der Durchführungen		Anzahl der AK
	h	min	Anzahl	pro Tag / Woche / Monat / Jahr	
Umzäunung der gesamten Weidefläche Zu Beginn der Weideperiode			1	pro Jahr	
Umzäunung einzelner Koppeln Bei der Portionierung von Weideflächen					
Abbau von Zäunen Während der Weideperiode (von einzelnen Koppeln) und zum Ende der Weideperiode					
Kontrolle und Reparatur von Zäunen und Weidezaungeräten					

Treibarbeiten

6.2.3. Welche **Treibarbeiten von laktierenden Kühen** fanden in 2014/15 statt?

- Welcher Arbeitsaufwand wurde pro Vorgang in Stunden und Minuten benötigt?
- Wie oft wurde der jeweilige Vorgang durchgeführt? Wie viele Arbeitskräfte waren daran beteiligt?
- Fanden die genannten Arbeitsvorgänge nicht statt, tragen sie „0“ ein.

Vorgang	gesamter Arbeitsaufwand pro Vorgang		Anzahl der Durchführungen		Anzahl der AK
	h	min	Anzahl	pro Tag / Woche / Monat / Jahr	
Ganztagsweide: jährlicher Auf- und Abtrieb Zu Beginn und Ende der Weideperiode			2	pro Jahr	
Ganztagsweide: tägliche Treibarbeiten von Weide zu Melkstand und zurück auf die Weide bei 2 Melkvorgängen pro Tag			4	pro Tag	

Vorgang	gesamter Arbeitsaufwand pro Vorgang		Anzahl der Durchführungen		Anzahl der AK
	h	min	Anzahl	pro Tag / Woche / Monat / Jahr	
Halbtags-/Stundenweide: täglicher Aus- und Abtrieb Von Melkstand auf Weide, von Weide zu Melkstand			2	pro Tag	
Umtreiben auf eine neue Weidekoppel					

Sonstige Weidearbeiten

6.2.4. Welche **Sonstigen Weidearbeiten** fanden bzgl. der **laktierenden Kühe** in 2014/15 statt?

- Welcher Arbeitsaufwand wurde pro Vorgang in Stunden und Minuten benötigt?
- Wie oft wurde der jeweilige Vorgang durchgeführt? Wie viele Arbeitskräfte waren daran beteiligt?
- Fanden die genannten Arbeitsvorgänge nicht statt, tragen sie „0“ ein.

Vorgang	gesamter Arbeitsaufwand pro Vorgang		Anzahl der Durchführungen		Anzahl der AK
	h	min	Anzahl	pro Tag / Woche / Monat / Jahr	
Corral auf- und abbauen					
Fangstand auf- und abbauen					
Treibwagen auf- und abbauen					
Unterstände/ Wetterschutz auf- und abbauen					
Aufbau der Tränke(n)					
Wassertransport zur Weide Falls keine stationären Tränken eingesetzt wird Dies umfasst alle Arbeitsschritte ab Hof bis zur Rückkehr					
Befüllen der Tränke(n) auf der Weide					
Umsetzen der Tränke(n) Falls keine stationären Tränken eingesetzt wird					
Wartung der Tränke(n)					

7. Fütterung

7.1. Fütterung während Stallperiode

Es folgen Fragen zur Fütterung **der laktierenden Kühe im Stall** während des Wirtschaftsjahrs 2014/15.

- Wenn Sie die Kühe ganzjährig im Stall füttern, beziehen sich folgende Fragen auch auf das gesamte Wirtschaftsjahr.
- Wenn Sie die Kühe im Sommer auf der Weide füttern, beziehen sich folgende Fragen nur auf die (Winter-)Periode, während im Stall gefüttert wird.

7.1.1. Bitte füllen Sie folgende Tabelle aus:

- Welcher Arbeitsaufwand wurde pro (Teil-) Vorgang in Stunden und Minuten benötigt?
- Wie oft wurde der jeweilige (Teil-) Vorgang durchgeführt?
- Wie viele Arbeitskräfte waren daran beteiligt?
- Fanden die genannten Arbeitsvorgänge nicht statt, tragen sie „0“ ein.

Vorgang	gesamter Arbeitsaufwand pro Vorgang		Anzahl der Durchführungen		Anzahl der AK
	h	min	Anzahl	pro Tag / Woche	
Futterlieferung und -einlagerung Dies umfasst den Arbeitsaufwand für die Annahme von gekauften Futterlieferungen und anschließender Einlagerung.					

Fütterung der laktierenden Kühe im Stall

7.1.2. Welches System kommt bei der Fütterung der **laktierenden Kühe** zum Einsatz?

- Einzelvorlage der Grundfuttermittel und Kraftfutter Gabe
 Futtermischung: Grundfuttermischung und Kraftfutterautomat
 Futtermischung: Totale-Misch-Ration
 Sonstiges:

7.1.3. Bitte füllen Sie folgende Tabelle für die Fütterung der **laktierenden Kühe** aus:

Vorgang	Teilvorgang	gesamter Arbeitsaufwand pro Vorgang		Anzahl der Durchführungen		Anzahl der AK
		h	min	Anzahl	pro Tag / Woche	
Fütterung Dies umfasst die gesamte Fütterung mit Futterentnahme, Transport zum Futterbereich, Futtervorlage. Bedenken Sie auch die Vorbereitung und das Wegbringen der Maschinen.						
	Futter entnehmen die Entnahme der Einzelfuttermittel und eventuell das Mischen im Futtermischwagen					

	Teilvorgang	gesamter Arbeitsaufwand pro Vorgang		Anzahl der Durchführungen		Anzahl der AK
		h	min	Anzahl	pro Tag / Woche	
	Grundfutter Ablage und Zuteilung – Transport vom Entnahmeort bzw. Mischwagen in den Fressbereich und Zuteilen des Grundfutters im Fressbereich					
	Kraftfuttermittelvorgabe Transport vom Entnahmeort zum Fressbereich und Bereitstellen des Kraftfutters					
	Grundfutter nachschieben					
	Futterbereich reinigen das Entfernen von Futterresten und die Reinigung des Fressbereichs					
	Tränken falls täglich Zeit zum Füllen der Tränke aufgewendet wird					
	Grünfutter holen und Ablage auf Futtertisch Tägliche Grünfütterbereitleistung von Vorbereitung der Maschinen, bis Ablage auf Futtertisch					

Fütterung der trockenstehenden Kühe im Stall

7.1.4. Welches System kommt bei der Fütterung der **Trockensteher** zum Einsatz?

- Einzelporgabe der Grundfüttermittel und Kraftfütter Gabe
 Futtermischung: Grundfüttermischung und Kraftfütterautomat
 Futtermischung: Totale-Misch-Ration
 Sonstiges:

7.2. Fütterung während Weideperiode

Es folgen Fragen zur Fütterung **der laktierenden und trockenstehenden Kühe auf der Weide** während des Wirtschaftsjahrs 2014/15.

Fütterung der laktierenden Kühe auf der Weide

7.2.1. Welches Fütterungsverfahren kam während der letzten **Weideperiode bei den laktierenden Kühen** zum Einsatz?

- Stallfütterung (keine Weidefütterung) → **weiter mit 7.2.4**
 Teilweide (Weide als Grundfütter mit Zufütterung) → **weiter mit 7.2.3**
 Vollweide (Weide als alleinige Fütterquelle) → **weiter mit 7.2.4**
 Kombination verschiedener Verfahren → **weiter mit 7.2.2**

- 7.2.2. Wurden mehrere Fütterungsverfahren kombiniert, geben Sie bitte die Zeiträume an (in Tagen), an dem das jeweilige Fütterungsverfahren eingesetzt wurde:
z.B. Weideperiode 200 Tage, davon 30 Tage Teilweide und 170 Tage Vollweide

- 7.2.3. Bitte füllen Sie folgende Tabelle für die **Zufütterung der laktierenden Kühe** aus:
- Welcher Arbeitsaufwand wurde pro (Teil-) Vorgang in Stunden und Minuten benötigt?
 - Wie oft wurde der jeweilige (Teil-)Vorgang durchgeführt? Wie viele Arbeitskräfte waren daran beteiligt?
 - Fanden die genannten Arbeitsvorgänge nicht statt, tragen sie „0“ ein.

Vorgang	Teilvorgang	gesamter Arbeitsaufwand pro Vorgang		Anzahl der Durchführungen		Anzahl der AK
		h	min	Anzahl	pro Tag / Woche	
Zufütterung Dies umfasst die gesamte Fütterung mit Futterentnahme, Transport zum Futterbereich, Futtervorlage. Bedenken Sie auch die Vorbereitung und das Wegbringen der Maschinen.						
	Futter entnehmen die Entnahme der Einzelfuttermittel und falls genutzt das Mischen im Futtermischwagen					
	Grundfutter Ablage und Zuteilung – Transport vom Entnahmestort bzw. Mischwagen in den Fressbereich und Zuteilen des Grundfutters im Fressbereich					
	Kraftfuttervorlage Transport vom Entnahmestort zum Fressbereich und Bereitstellen des Kraftfutters					
Grundfutter nachschieben						
Futterbereich reinigen das Entfernen von Futterresten und die Reinigung des Fressbereichs						

Fütterung der trockenstehenden Kühe auf der Weide

- 7.2.4. Welches Fütterungsverfahren kam während der letzten **Weideperiode bei den Trockenstehern** zum Einsatz?

- Stallfütterung (keine Weidefütterung)
 Teilweide (Weide als Grundfutter mit Zufütterung)
 Vollweide (Weide als alleinige Futterquelle)
 Kombination verschiedener Verfahren

8. Sonderarbeiten

Alle Sonderarbeiten beziehen sich auf das **Wirtschaftsjahr 2014/15** und beinhalten v.a. Tierkontrollen und –behandlungen rund um das Gesundheits- und Fruchtbarkeitsmanagement.

8.1. Bitte füllen Sie nachfolgende Tabelle aus:

- Welcher Arbeitsaufwand wurde pro (Teil-) Vorgang in Stunden und Minuten benötigt?
- Wie oft wurde der jeweilige (Teil-) Vorgang durchgeführt?
- Wie viele Arbeitskräfte waren daran beteiligt?
- Fanden die genannten Arbeitsvorgänge nicht statt, tragen sie „0“ ein.

Vorgang	Teilvorgang	gesamter Arbeitsaufwand pro Vorgang		Anzahl der Durchführungen		Anzahl der AK
		h	min	Anzahl	pro Tag / Woche / Monat/Jahr	
Gesundheitskontrolle	eine separate Tierbeobachtung – außerhalb des Melkvorgangs – zur Kontrolle der Gesundheit					
Brunstbeobachtung bzw. Brunstkontrolle	eine separate Tierbeobachtung zum Erkennen der Brunst bzw. die Auswertung von Datenaufzeichnungen					
Untersuchungen & Behandlungen – vom Tierarzt	alle Untersuchungen & Behandlungen zum Trockenstellen, gegen Parasiten und übrige Krankheiten. Die Angabe auf eine den Tierarzt begleitende Arbeitskraft.					
Untersuchungen & Behandlungen – selbst durchgeführt						
Klauenpflege	prophylaktische Pflege der Klauen				pro Tier und Jahr	
Besamungen – künstlich					pro Tier	
Besamungen – Natursprung	Dies beinhaltet die Treibarbeiten, Umstellungen des Zucht-bullen und die Dauer der Besamung durch den Bullen.					
Trächtigkeitsuntersuchungen						
Geburtshilfe	Bei Weidehaltung beinhaltet die Geburtshilfe auch falls nötig das Suchen des Kalbs auf der Weide.					
Nachgeburtskontrolle						
Monatliche Milchleistungsprüfung	Zusätzlicher Arbeitsaufwand pro Melkdurchgang durch Probennahme und Probenabgabe (per Post, persönlich)					

Sonstige Arbeiten

Vorgang	Teilvorgang	gesamter Arbeitsaufwand pro Vorgang		Anzahl der Durchführungen		Anzahl der AK
		h	min	Anzahl	pro Tag / Woche / Monat/Jahr	
Kälber- und Jungviehbetreuung						
Reparatur- und Wartungsarbeiten alle Arbeiten rund um Reparatur und Wartung von Geräten, Maschinen u.a.; Weidearbeiten sind hierbei ausgeschlos- sen						
Fenster putzen, Stall tünchen/desinfizieren					pro Jahr	

8.2. Gibt es Unterschiede der oben genannten Arbeitszeiten von Stall- zu Weideperiode?

III. Grünlandbewirtschaftung

Grünlandbewirtschaftung beinhaltet die Bewirtschaftung aller Wiesen, Mähweiden und Dauerweiden, die entweder zur **Futtergewinnung und/oder für die Weidehaltung des Milchviehs** zum Einsatz kommen. Alle Angaben beziehen sich auf das **Wirtschaftsjahr 2014/2015**. **Gerne verwende ich auch Ihre eigenen Aufzeichnungen, um unten stehende Frage zu beantworten!**

9.1 Allgemein

9.1.1 Wie viel Hektar Grünlandfläche wurden im **Wirtschaftsjahr 2014/2015** für Futtergewinnung und Beweidung der Milchkühe genutzt? ha

9.1.2 Auf welchem Flächenanteil setzten sie die folgenden Nutzungsverfahren für die Milchviehhaltung ein?

Wiese (nur Schnittnutzung)		ha
Mähweide (Beweidung und Schnittnutzung)		ha
Dauerweide (nur Beweidung)		ha

9.2 Erntemengen

Bitte tragen Sie alle Erntemengen der Grünlandflächen im Wirtschaftsjahr 2014/2015 in folgende Tabelle ein. Der Futtermiteinsatz bezieht sich nur auf die Milchviehhaltung.

Erntegut Heu, Grassilage u.a.	Ernteverfahren Rund-, Quader- ballen, Feldhäcks- ler	Ernte- fläche in ha	Menge in dt	davon als Futter- mittel in der Milchviehhaltung eingesetzt in dt	verkaufte Menge in dt	Anzahl der Schnitte

9.3 Landwirtschaftliche Geräte

Bitte tragen Sie vorhandene Geräte mit Arbeitsbreite, Nutzvolumen usw. in folgende Tabelle ein. Einzutragen sind nur Geräte, die in der **Grünlandbewirtschaftung** (Gewinnung von Grassilage, Weidepflege u.ä.) zum Einsatz kommen.

Nr	Gerät und Modell	Einsatz für/im	Arbeits- breite in m	Nutz- volu- men in m ³ oder l	Leistung in kW	Ballengröße / -durchmesser
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

9.4 Wiesen und Mähweiden

9.4.1 Welche Maßnahmen wurden zur Produktion von Futterpflanzen auf den Ackerflächen **im Wirtschaftsjahr 2014/2015** durchgeführt? Bitte füllen sie für das jeweilige Futtermittel bzw. Erntegut nachstehende Tabelle aus.

- Arbeitsgänge, die nicht stattfinden, können gestrichen/ausgelassen werden.
- Wiederholende Arbeitsgänge auf gleichen Flächen können unter Häufigkeit zusammengefasst werden.
- Nicht aufgeführte Arbeitsgänge bitte ergänzen.
- Beachten Sie auch die Angabe, ob die Maßnahme in Form von Lohnarbeit eingekauft wurde.

Grassilage (von Wiesen- und Mähweiden)

∅ Entfernung zwischen Hof und Anbauflächen in km:

Arbeitsgang	Eingesetztes Gerät	ha pro Stunde	Häufigkeit pro Jahr oder alle x Jahre		Lohnarbeit	Erläuterung Aussaatmenge in kg/ha Düngermenge in m ³ , kg, l pro ha
			Wiesen	Mähweiden		
Gülle ausbringen						
Mineraldüngung						
Pflanzenschutzmaßnahmen						
Striegeln						
Schleppen						
Walzen						
Übersaat von Gras beim Striegeln						
Nachsaat mit Grasnachsaatmaschine						
Mähen						
Wenden						
Schwaden						
Anwelkgut mit Häcksler bergen						
Anwelkgut mit Ladewagen bergen						
Silo festfahren						
Silo reinigen und zudecken						
Anwelkgut zu Ballen pressen und wickeln						
Rundballentransport, Anwelksilage						

Heu (von Wiesen und Mähweiden)

∅ Entfernung zwischen Hof und

Anbauflächen in km:

Arbeitsgang	Eingesetztes Gerät	ha pro Stunde	Häufigkeit pro Jahr oder alle x Jahre	Lohnarbeit	Erläuterung Aussaatmenge in kg/ha Düngermenge in m ³ , kg, l pro ha
Nachsaat mit Grasnachsaatmaschine					
Gülle ausbringen					
Mineraldüngung					
Übersaat, pneumatisch mit Striegel					
Striegeln von Grünland					
Mähen					
Wenden					
Schwaden					
Bodenheu mit Ballenpresse bergen					
Ballen zum Lager bringen					
Bodenheu mit Ladewagen bergen					

9.5 Weide

Weidepflege

∅ Entfernung zwischen Hof und

Anbauflächen in km:

Arbeitsgang	Eingesetztes Gerät	ha pro Stunde	Häufigkeit pro Jahr oder alle x Jahre	Lohnarbeit	Erläuterung Aussaatmenge in kg/ha Düngermenge in m ³ , kg, l pro ha
Neuansaat					
Nachsaat					
Striegeln					
Nachmähen					
Mulchen					
Mineralstoffdüngung, loser Dünger					
Schleppen					
Walzen					
Pflanzenschutzmaßnahmen					
Unkrautbonitur					

9.6 Lohnunternehmer

9.6.1 Haben Sie im Wirtschaftsjahr 2014/2015 **die Arbeit von Lohnunternehmern** in Anspruch genommen (z.B. bei der Ernte)? Bitte nur Tätigkeiten aufführen, die zur Gewinnung von Futtermitteln eingekauft wurden. Gerne verwende ich Rechnungen des jeweiligen Lohnunternehmens.

eingekaufte Lohnarbeit bei Aussaat, Pflege, Ernte u.a.	Erntegut	Flächengröße in ha	Dauer der Durch- führung in h

IV. Betriebsführungsarbeiten

Zu Betriebsführungsarbeiten zählen folgende Bereiche.

- **Planung und Organisation**
Futtermittelplanung, Reproduktionsplanung, Weideplanung, Investitionsplanung, Arbeitsplanung, z.B. Organisation von Fremdarbeit
- **Aufzeichnungen** (Bestandsregister, HIT, Behandlungsjournal u.a.)
- **Antragswesen** (Anträge stellen, Behördenkontakt)
- **Geldverkehr und Finanzen** (Kreditverhandlungen, Rechnungen, Zahlungsverkehr, Buchführung)
- **Information und Weiterbildung** (Veranstaltungen, Schulungen, eigene Recherche)
- **Beratung** (staatlich, privat) sowie die **Kontrolle** durch Dritte
- **Betriebskontrollen durch Dritte**
- **Einkauf** (Futtermittel, Tiere, Sonstige Betriebsmittel, Lohnarbeit, damit zusammenhängende Verhandlungen)
- **Verkauf** (Milch, Tiere, Ernteprodukte, Lohnarbeit, damit zusammenhängende Verhandlungen)

10 Allgemein

12.1. Wie schätzen Sie die Arbeitszeit für alle oben genannten **Betriebsführungsarbeiten im gesamten landwirtschaftlichen Betrieb**? Als Orientierung helfen Büroarbeitszeiten.

h	wöchentlich
---	-------------

Nachfolgend soll der Arbeitszeitaufwand für die einzelnen Bereiche der Betriebsführung geschätzt werden. Diese Schätzungen beziehen sich auf den **gesamten Betrieb** und das Wirtschaftsjahr 2014/15.

13. Teilbereiche

13.1. Bitte füllen Sie nachfolgende Tabelle aus und schätzen den Arbeitsaufwand der Teilbereiche:

- Welcher Arbeitsaufwand wurde benötigt?
- Wie viele Arbeitskräfte waren daran beteiligt?
- Fanden die genannten Arbeitsvorgänge nicht statt, tragen sie „0“ ein.

Teilbereich	gesamter Arbeitsaufwand pro Teilbereich		Häufigkeit		Anzahl der AK
	h	min	pro Tag / Woche/ Monat/Jahr		
Planung und Organisation Schätzen Sie die benötigte Zeit für Planung von Futtermitteln, Reproduktion, Weide, Investitionen und Arbeit.					
Einkauf Schätzen Sie die benötigte Zeit für den Einkauf von Futtermitteln, Tieren, Sonstigen Betriebsmitteln, Lohnarbeit und damit zusammenhängende Verhandlungen.					
Verkauf Schätzen Sie die benötigte Zeit für den Verkauf von Milch, Tieren, Erzeugnisse und damit zusammenhängende Verhandlungen.					
Aufzeichnungen Schätzen Sie die benötigte Zeit für das Führen von Bestandsregister, Eintragungen in HIT und weitere Aufzeichnungen.					
Antragswesen Schätzen Sie die benötigte Zeit für das Stellen von Anträgen und den damit verbundenen Kontakt zu Behörden.					
Geldverkehr und Finanzen Schätzen Sie die benötigte Zeit für die Buch- und Kontoführung, Kreditverhandlungen usw.					
	h	min	Anzahl	pro Tag / Woche/ Monat/Jahr	Anzahl der AK
Information und Weiterbildung Anzahl an Informations- und Weiterbildungsmaßnahmen, an denen Sie oder Arbeitskräfte in 2014/15 teilgenommen haben und deren durchschnittliche Dauer.					
Beratung Wenn Sie im Wirtschaftsjahr 2014/2015 Beratungen in Anspruch genommen haben, schätzen Sie die Anzahl in 2014/15 und durchschnittliche Dauer dieser Beratungen.					

	h	min	Anzahl	pro Tag / Woche/ Monat/Jahr	Anzahl der AK
Betriebskontrollen durch Dritte Anzahl der Kontrollen in 2014/15 und durchschnittliche Dauer					

13.2. Haben Sie oder eine Arbeitskraft Ihres Betriebs im Bezugsjahr als **LohnarbeiterIn gearbeitet**? Falls ja, welche Tätigkeit.

Lohnarbeit im Bereich	Anzahl der Stunden

V. Anmerkungen

Hier ist Platz für Ihre Anmerkungen:

Haben Sie Feedback oder sind Ihnen spezielle Arbeiten auf Ihrem Betrieb aufgefallen, die hier nicht genannt wurden?

Abkürzungen

AK	Arbeitskraft
AKh	Arbeitskraftstunde
D	Tag(e)
Dt	Dezitonne(n)
H	Stunde(n)
ha	Hektar
L	Liter
M	Meter
m ³	Kubikmeter
min	Minute(n)

Vielen herzlichen Dank für Ihre Zeit und Teilnahme an meiner Befragung!

