



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

„Die optimale Kuh: gesund, effizient, umweltgerecht“

Abschlussveranstaltung
am 28. – 29.09.2021
in Braunschweig & als Livestream



Schriftenreihe

5

2021

ISSN 1611-4159

Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: www.LfL.bayern.de

Redaktion: Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
Prof.-Dürrwaechter-Platz 3, 85586 Poing
E-Mail: ITE@LfL.bayern.de
Telefon: 08161 8640 - 7401

1. Auflage: September 2021
Druck: Saxoprint GmbH, 01277 Dresden
Schutzgebühr: 15,00 Euro
© LfL alle Rechte beim Herausgeber



Workshop „Die optimale Kuh: gesund, effizient, umweltgerecht“ eMissionCow / optiKuh2

28. – 29.09.2021

H. Spiekers, LfL-Tierernährung

P. Hertel-Böhnke, LfL-Tierernährung

S. Pfanzelt, LfL-Tierernährung

I. Schiefler, FBF

(Herausgeber)

Tagungsband

Inhaltsverzeichnis

1	Programm der Tagung	8
2	Beiträge.....	11
2.1	Einführung	11
	Einführung, Projektüberblick	11
2.2	Themenblock I – Futteraufnahme / Effizienz.....	18
	Aktualisierung der Futteraufnahme-Schätzformel für Milchkühe auf Basis des Forschungsprojektes „optiKuh“	18
	Effizienz – Ein Begriff mit vielen Gesichtern	28
	Beziehungen zwischen Trockenmasseaufnahme, Residualenergieaufnahme, Energiesaldo und Erkrankungskomplexen bei deutschen Milchkühen.....	47
	Effizienz – züchterische Implementierung	53
	Unterschiede im Futteraufwand je Kilogramm Milch zwischen einzelnen Kühen.	58
	Die gläserne Kuh – Nutzung von Pansenboli und Wiederkauhalsbändern – Evaluierung zweier Sensorsysteme	62
2.3	Themenblock II – Tiergesundheit / Tierwohl	68
	Tiergesundheit in Milchkuhbetrieben – Zusammenhang zwischen Blutparametern und Erkrankungsrisiko unter Berücksichtigung des betriebseigenen Managements – Worauf kommt es wirklich an?	68
	Fettsäuren im Rinderhaar – Zusammenhang zur Gesundheit.....	76
	Tiergesundheit und Effizienz gleich Tierwohl?.....	80
	Analytische Bestimmung von Fettsäuren im Rinderhaar.....	86
2.4	Themenblock III – Emissionsminderung / Innovationen.....	87
	Zielkonflikte in den Fütterungsmaßnahmen zur Minderung von Emissionen aus der Milchkuhhaltung.....	87
	Züchterische Möglichkeiten zur Senkung der Methanemission beim Milchrind	92
	In der Milch lesen	97
	Implementierung der Ergebnisse in die Zuchtpraxis.....	102
	Netzwerk Fokus Tierwohl – Praxiswissen für eine tierwohlgerechte und nachhaltige Nutztierhaltung.....	105
	Vergleich der Methanemission von Fleckviehmilchkühen bei unterschiedlichem Anteil von Gras- und Maissilage im Grobfutter..	109

	Die Methanemissionen aus der Milchkuhhaltung bei Fütterung von Gras- und Maissilage-basierten Rationen	115
	Schätzung des Methanausstoßes mittels Milchfettsäuremuster - ein Vergleich auf Herden- und Einzeltierebene.....	116
	Methanmessung bei Milchkühen Laser-Methan-Detektor vs. Respirationskammer	122
3	Beteiligte Einrichtungen und fachlich Verantwortliche	123
3.1	Projekt eMissionCow	123
3.2	Projekt optiKuh2.....	124
4	Danksagung	126

Die Beiträge im Tagungsband geben die Fachmeinungen der Autoren wieder und werden nicht als abgestimmte Meinung innerhalb des Konsortiums veröffentlicht.

Grußwort

Liebe Leserinnen und Leser,

„Das Beste ist das Maß“ sagt ein antikes Sprichwort - leichter verständlich unter „das Beste ist das genaue Maß“. Die Übereinstimmung des Mannigfaltigen und Widersprüchlichen, so lehrte Platon, ist dasjenige, worin sich das Leben vollendet. Wenn wir dieses Ziel erreichen wollen, brauchen wir eine geeignete Orientierung, dann sind wir auch eher ökologisch, ökonomisch, sind auch eher effizient und schonen unsere Ressourcen – im Ergebnis nachhaltiger.

Nun müssen wir unser Ziel immer wieder neu justieren. Die Rahmenbedingungen verändern sich laufend und zunehmend auch schneller. „In welchem Rahmen bewegen wir uns?“ „der sich zudem laufend ändert?“ fragen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Ein Beispiel für eine gravierende Änderung der Rahmenbedingungen ist z.B. der 1991 eröffnete gemeinsame Binnenmarkt der Europäischen Union. Die Rahmenbedingungen änderten sich und auch die Strukturen. Seitdem machte auch regelmäßig das Wort „Strukturwandel“ die Runde. Dies gilt sowohl für die Institutionen aber auch für die Märkte und damit auch für die Anforderungen an Teilnehmerinnen und Teilnehmer an diesem Binnenmarkt. Wandel ist stetig. Wir müssen uns intensiv auf diesen Wandel einstellen. Aktuell gilt das insbesondere für den Klimawandel. Diese gewaltigen Veränderungen – die sich z.B. in Extremwetterereignissen zeigen - die die Rahmenbedingungen beeinflussen und ändern, betreffen auch gerade unsere Landwirtschaft und hier auch die Tierhaltung. Was heißt damit „Das Beste ist das genaue Maß?“ Unter welchen Rahmenbedingungen suchen wir das beste Maß?

Mit den Projekten, die hier heute und morgen erörtert werden, wird genau dazu ein wichtiger Beitrag geleistet.

Was ist das genaue Maß? Gerne bezeichnen wir das Optimum aus unserer Sicht als das beste Maß. Wo ist demnach das Optimum in der Tierhaltung und wo steht die optimale Kuh und wie sieht sie aus?

Die Rahmenbedingungen ändern sich fortwährend und unterliegen vielfältigen Einflüssen und schaffen immer wieder neue Konditionen für unsere Tiere und Tierhalterinnen und Tierhalter, für Tierzüchterinnen und Tierzüchter. Deshalb bin ich davon überzeugt, dass sich auch die wissenschaftliche Arbeit daran orientieren muss. Ein wesentliches Element dazu, ist immer häufiger und stärker im Verbund zu arbeiten. So können die komplexen Rahmenbedingungen besser erkannt, beschrieben und bewertet werden. Wir brauchen Verbundprojekte mit interdisziplinären Arbeitsgruppen - das hat nach meiner Überzeugung erhebliche Vorteile.

Im Ergebnis dieser Veranstaltung zu diesen zwei Verbundprojekten sollte dann auch die Frage beantwortet werden können, ob auf diesen Ergebnissen der Projekte optiKuh2 und eMissionCow weiter aufgebaut werden kann. Wenn ja, wie kann das aussehen? Wir brauchen Vorschläge und Antworten. Dazu lädt dieses Symposium ein und damit wünsche ich Ihnen und uns eine erfolgreiche, in die Zukunft gerichtete Veranstaltung.

Dr. Bernhard Polten

BMEL, Bonn

Programm – 28.09.2021

Moderation: n.n.b.

09:00 – 10:00 Uhr

Anmeldung



10:00 Uhr

Begrüßung

Dr. Bernhard Polten BML, Bonn

Prof. Dr. Dr. h.c. Thomas C. Mettenleiter, Präsident FLU, Greifswald – Insel Riems

Einführung, Projektüberblick

Prof. Dr. Hubert Spijkers, LfL-Tierernährung, Grub / Dr. Sebastian Klein, FBF, Bonn

10:50 Uhr

Themenblock I – Futtermittelaufnahme / Effizienz

Federführung: Prof. Dr. Hubert Spijkers, LfL-Tierernährung, Grub

Kurzvorträge 15 Min. (*25 Min.)+ Diskussion 15 Min.

- **Aktualisierung der Futtermittel-Schätzformel für Milchkuhe auf Basis des Forschungsprojektes „optiKuh2“**
Dr. Leonhard Gruber, BOKU Wien (ehemals HBLFA Raumberg-Gumpenstein)
- **Effizienz – Ein Begriff mit vielen Gesichtern***
Dr. Maria Ledinek, LfL-Tierernährung, Grub
- **Genetische Parameter und Beziehungen von Futtermittelaufnahme, Energiesaldo und Erkrankungskomplexen**
Viktoria Becker, Uni Kiel
- **Effizienz – Züchterische Implementierung**
Prof. Dr. Georg Thaller, Uni Kiel

13:00 – 13:45 Uhr

Mittagspause

13:45 Uhr

Themenblock II – Tiergesundheit / Tierwohl

Federführung: Prof. Dr. Marion Schmitzke, MLU Halle-Wittenberg

Kurzvorträge 15 Min. + Diskussion 15 Min.

- **Tiergesundheit in Milchkuhbetrieben – Worauf kommt es wirklich an?**
Prof. Dr. Marion Schmitzke, MLU Halle-Wittenberg
- **Tiergesundheitsmonitoring auf Tier-, Bestands- und Haltungsebene. Was kann ich sehen? Was kann ich messen? - Indikatoren am Tier**
Prof. Dr. Alexander Starke, Uni Leipzig

Programm – 28.09.2021

Moderation: n.n.b.

14:45 – 15:30 Uhr

Posterpräsentation

15:30 – 16:00 Uhr

Kaffeepause

16:00 Uhr

Themenblock II – Tiergesundheit / Tierwohl

Federführung: Prof. Dr. Schmicke, MLU Halle-Wittenberg
Kurzvorträge 15 Min. (*20 Min.) + Diskussion 15 Min.

- **Zusammenhang zwischen Blutparameter und Erkrankungsrisiko unter Berücksichtigung des betriebseigenen Managements**
Lena Eggers, MLU Halle-Wittenberg
- **Fettsäuren im Haar – Zusammenhang mit Gesundheit**
Dr. Ramona Wulf, HU Berlin
- **Tiergesundheit und Effizienz gleich Tierwohl?***
Prof. Dr. Ute Krieterin, Uni Kassel

17:30 – 18:15 Uhr

Posterpräsentation

18:15 – 19:00 Uhr

Pause inklusive Abendessen

19:00 – 20:30 Uhr

Podiumsdiskussion „Die optimale Kuh: gesund, effizient, umweltgerecht!“



Programm – 29.09.2021

Moderation: n.n.b.



08:15 Uhr

Themenblock III – Emissionsminderung / Innovationen

Federführung: Prof. Dr. Hermann Swalve, MLU Halle-Wittenberg
Kurzvorträge 15 Min. + Diskussion 15 Min.

- **Zielkonflikte in den Fütterungsmaßnahmen zur Minderung von Emissionen aus der Milchkuhhaltung**
Dr. Björn Kuhla, FBN Dummerstorf
- **Züchterische Möglichkeiten zur Senkung der Methanemission beim Milchrind**
Prof. Dr. Hermann Swalve, MLU Halle-Wittenberg

09:15 – 09:30 Uhr

Kaffeepause

Themenblock III – Emissionsminderung / Innovationen

Federführung: Prof. Dr. Hermann Swalve, MLU Halle-Wittenberg
Kurzvorträge 15 Min. (*30 Min.) + Diskussion 15 Min.

- **In der Milch lesen***
Dr. Folkert Onken, DLQ, Bonn
- **Implementierung der Ergebnisse in die Zuchtpraxis**
Dr. Dierck Segelke, vlt Verden
- **Netzwerk Fokus Tierwohl - Treiber für Innovation**
Dr. Hans-Joachim Hermann, Netzwerk Fokus Tierwohl, LH, Kassel

11:15 – 11:30 Uhr

Kaffeepause

11:30 – 13:00 Uhr

Plenumsdiskussion

2 Beiträge

2.1 Einführung

Einführung, Projektüberblick

H. Spiekers¹ und S. Klein²

¹ LfL – Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Poing-Grub

² FBF - Förderverein Bioökonomieforschung e.V., Bonn

Zusammenfassung

Das Thema des Workshops „Die optimale Kuh: gesund, effizient, umweltgerecht“ ist zugleich Programm für die zugrundeliegenden Verbundprojekte eMissionCow und optiKuh2. Die beiden Projekte bauen auf das Verbundprojekt optiKuh auf und haben eine Reihe von Innovationen auf den Weg gebracht (Spiekers et al., 2020) [1] und sind als Einheit zu sehen. Zentraler Ansatz ist die Bündelung der Kräfte in der angewandten Forschung. Alle Versuchseinrichtungen in Deutschland mit Futtererfassung bei der Einzelkuh sind einbezogen und das Arbeiten erfolgt inter- und transdisziplinär. Tiergesundheitsmanagement, Tierzucht und Tierernährung arbeiten erfolgreich an den Lösungen für eine nachhaltige Milcherzeugung.

Eine Verstetigung der Arbeiten zur Erweiterung und Optimierung der Lernstichprobe, methodischer Weiterentwicklung und einem gezielten Monitoring ist zu empfehlen.

1 Einleitung

Auf Basis der Arbeiten in den Verbundprojekten eMissionCow „Zucht auf Futtereffizienz und reduzierten Methanausstoß beim Milchrind“ und optiKuh2 „Nutzung der optiKuh-Daten zur Verbesserung der Haltung von Milchkühen durch eine aktuellere Modellierung der Futteraufnahme und Nutzung von Futtereffizienz und Robustheit in Zucht und Tiergesundheitsmanagement“ wird der Workshop „**Die optimale Kuh**: gesund, effizient und umweltgerecht“ durchgeführt. Im Zentrum steht die moderne Milchkuh mit den Herausforderungen im Umbau der Nutztierhaltung. Die Betrachtung erfolgt interdisziplinär mit Tiergesundheitsmanagement, Tierzucht sowie Futter und Fütterung.

Um den aktuellen Herausforderungen in der Nutztierhaltung gerecht zu werden, werden Innovationen benötigt, die sowohl beim Landwirt als auch im vor- und nachgelagerten Bereich erfolgreich umgesetzt werden. Mit den vorliegenden Ergebnissen und der vorgesehenen Diskussion im Workshop soll hier ein entsprechender Fortschritt erreicht werden.

2 Material und Methoden

Die Verbundvorhaben eMissionCow und optiKuh2 sind in Kontinuität zu dem Verbundvorhaben optiKuh „Verbesserung der Haltung von Milchkühen durch Zuchtverfahren auf Futteraufnahme und Stoffwechselstabilität sowie Umweltverträglichkeit bei optimierter Fütterungsintensität und Nutzung von Stoffwechselindikatoren sowie Sensoren im Herdenmanagement“ Spiekers et al. (2018) [2] zu sehen. Das Verbundvorhaben eMissionCow hat eine Laufzeit vom 1.6.2018 bis zum 30.11.2021 und wird vom FBF koordiniert. Dem Vorhaben liegt die Hypothese zugrunde, dass die klimaschädlichen Emissionen der Rinderhaltung durch eine verbesserte Futtereffizienz reduziert werden können. Zur Bearbeitung der Thematik wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

1. Differenzierte Phänotypisierung auf Einzeltierebene (Futteraufnahme, -effizienz, Spektraldaten der Milch, Methanemissionsmessungen u. a. mit Laser-Methan-Detektor) auf 13 Lehr- und Versuchseinrichtungen s. Abbildung 1. Die Methodik erfolgte in Anlehnung an optiKuh [2] mit dem Ziel die Lernstichprobe für die Rassen Deutsche Holstein und Fleckvieh zu erweitern.
2. Mit Hilfe der Milchspektraldaten im Bereich des mittleren Infrarots (MIR) und weiterer auch im Feld erhebbarer Daten sollten die Kenngrößen zur Futtereffizienz und zum Methanausstoß über Kalibriergleichungen für die Züchtung nutzbar gemacht werden.
3. Bei der Rasse Fleckvieh erfolgten Messung zum Methanausstoß in Klimakammern, um die Anwendbarkeit bestehender Gleichungen aus dem Holsteinbereich zu prüfen und weiter zu entwickeln.
4. Die Gehalte an Milchharnstoff wurden beim Einzeltier mit der Referenzmethode ermittelt.
5. Erarbeitung und Implementierung effizienz- und umweltorientierter Zuchtstrategien unter Beachtung der Futteraufnahmekapazität.

Die Organisation des Verbundprojekts ist aus der Abbildung 2 zu ersehen. Für weitergehende Informationen wird auf die nachstehenden Beiträge zu eMissionCow und auf die Homepage www.emission-cow.de verwiesen. Die Datenerhebung in den Versuchsbetrieben wurde bis zum März 2021 durchgeführt.



Abb. 1: Beteiligte Versuchsstationen in Deutschland

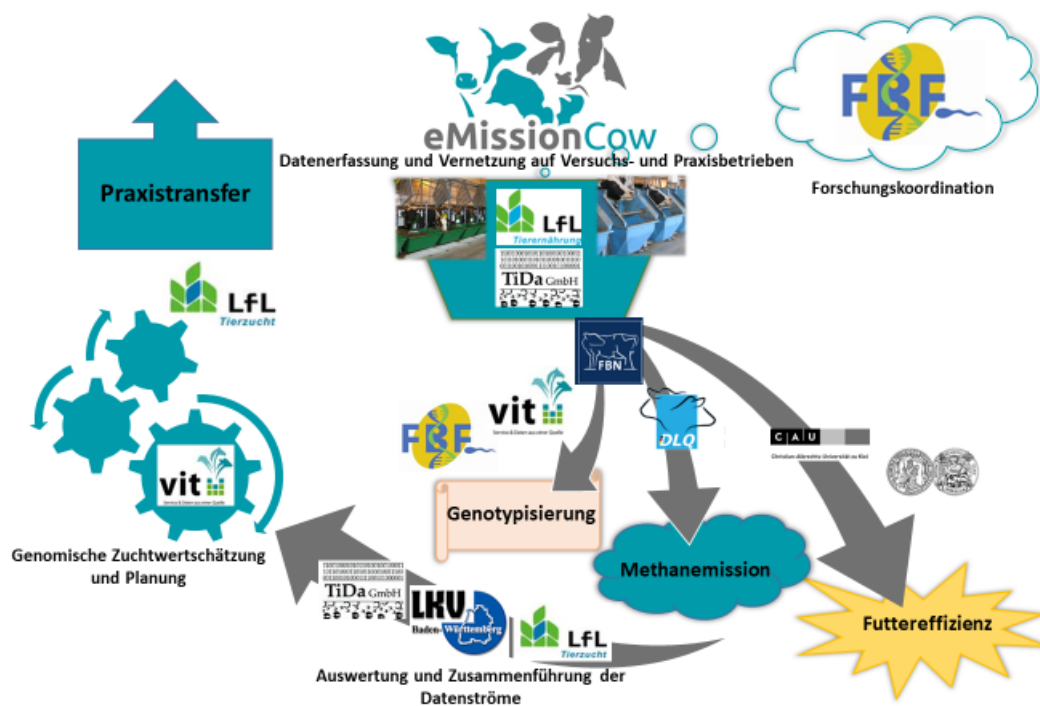


Abb. 2: Organisation und Ausgestaltung des Verbundprojektes eMissionCow

Das Verbundprojekt optiKuh2 dient dazu weitere Ergebnisse und Innovationen aus den optiKuh-Daten zu generieren. Die Laufzeit des Projektes ist vom 1.9.2019 bis zum 30.11.2021. Die Koordinierung liegt bei der LfL-Tierernährung, Grub. Auf Grundlage des „optiKuh“-Datensatzes wird das bewährte Modell zur Abschätzung der Futteraufnahme bei Milchkühen von Gruber et al. (2004) [3] aktualisiert und dadurch an die genetischen und produktionstechnischen Entwicklungen angepasst. Neuere Versuchsdaten aus Österreich werden ebenfalls berücksichtigt. Das Schätzmodell soll in die Neuauflage der „Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder“ der GfE (2001) [4] einfließen.

Besondere Bedeutung wird den Betrachtungen zur Effizienz gewidmet, da die Effizienz für Zucht, Management und Umwelt von zentraler Bedeutung ist. Die Begrifflichkeiten und die Anwendung von Kenngrößen zur Effizienz wurden fachübergreifend diskutiert und eine Publikation für die Züchtungskunde erstellt (Ledinek et al., 2021) [5]. Neben dem Futter- bzw. Energieaufwand als Input wurden als Output neben der Milchleistung und den uterinen Ansatz auch die Veränderungen im „Energiegehalt“ der Kühe betrachtet. Hierzu wurden die Lebendmassen und die BCS-Daten für jedes Einzeltier plausibilisiert und im Laktationsverlauf modelliert, um möglichst realistische Daten zu haben. Die Betrachtungen erfolgten nach Möglichkeit über einen gesamten Produktionszyklus von einer bis zur nächsten Kalbung unter Einbeziehung der Daten aus der Trockenstehzeit.

Im Bereich der Tiergesundheit steht die Robustheit der Tiere im Hinblick auf Zucht und die Gesundheitsvorsorge im Fokus. Die Robustheit wird mit der Kombination verschiedener Biomarker beurteilt. Auf Basis des so erstellten Biomarkeralgorithmus wird eine Praxis-App entwickelt, die das Erkrankungsrisiko der Tiere einstuft und dadurch als Hilfsmittel für Landwirte und Tierärzte dient. Weitergehende Informationen sind den nachstehenden Beiträgen mit Bezug zu optiKuh2 und der Homepage www.optiKuh.de zu entnehmen.

Die beiden Arbeitsgruppen sind eng miteinander verzahnt und stark anwendungsorientiert. Dies gilt für die Tierzucht, den Bereich Futter und Fütterung sowie der Tiergesundheitsvorsorge. Neben der Verbesserung der Umweltwirkung der Milcherzeugung steht das Tierwohl im Fokus. Es wurde daher bewusst der Aspekt Tierwohl in den Workshop über Beiträge und die organisatorische Einbindung des Netzwerks Fokus Tierwohl gewährleistet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungen, Berechnungen und Erhebungen konnten trotz Beeinträchtigung durch die Corona-Problematik weitgehend zeitgerecht durchgeführt werden. Wesentliche Ergebnisse werden in den nachstehenden Beiträgen angeführt und im Workshop vorgestellt und diskutiert. Hierbei erfolgt die Betrachtung fächerübergreifend, da dies den größten Erfolg verspricht. Im Weiteren werden einzelne Punkte angesprochen.

Futteraufnahme gewährleisten und Effizienz anstreben

Zur Ausfütterung der Milchkühe ist die Futteraufnahme der Schlüssel. Die Futteraufnahme hängt vom Tier, dem Futter und dem Management ab. Beim Tier ist entscheidend, dass neben der genetischen Veranlagung und der aktuellen Milchleistung das Laktations-, bzw. Trockenstehstadium von überragender Bedeutung ist. Die optiKuh-Daten erlauben hier eine Aktualisierung des auch in internationalen Vergleichsuntersuchungen (Jensen et al., 2014) [6] bewährten Ansatzes zur Modellierung der Futteraufnahme (DLG, 2006) [7]. Erforderlich ist auch eine Anpassung der Normen zur Energieversorgung, da der Bedarf für die nicht leistungsbezogenen Aufwendungen unterschätzt wird (Gruber et al., 2021) [8]. In der Zucht

ist die Futteraufnahmekapazität zu berücksichtigen. Zu beachten ist die unterschiedliche Ausprägung im Verlauf der Laktation. Eine auch genetisch bedingte energetische Unterversorgung zu Beginn der Laktation führt zu größeren Problemen in der Fitness (Becker et al., 2021) [9]. Auch im Hinblick auf die Umweltwirkung ist die Ausgestaltung der Fütterung in Phasen geboten (Jilg und Denißen, 2020) [10].

Effizienz setzt eine bedarfsgerechte Fütterung voraus und sollte möglichst über längere Zeiträume betrachtet werden. Die Zusammenhänge und die Empfehlungen zur Anwendung in Produktion und Zucht sind aus Ledinek et al. (2021) [5] ersichtlich.

Tiergesundheit und Tierwohl gewährleisten

Neben dem Tier kommt der Ausgestaltung von Futter und Fütterung und dem Management große Bedeutung zur Verbesserung von Tiergesundheit und Tierwohl zu. Die wesentlichen Punkte werden in den Beiträgen zu diesem Block herausgestellt. Wichtig ist die Einbeziehung der Menschen, die mit dem Tier umgehen. Es sind Systeme gefordert, die mit großer Sicherheit zum Erfolg führen. Hierzu werden Impulse gegeben. Ferner soll auch die Podiumsdiskussion wesentliche Beiträge liefern durch die Einbeziehung von landwirtschaftlicher, tierärztlicher und züchterischer Praxis.

Im Hinblick auf das Tierwohl wird auch thematisiert wie sich dies mit den diskutierten Ansätzen zur Effizienz verträgt. Ein gesundes und nicht gestresstes Tier hat bei bedarfsgerechter Fütterung sicherlich eine gute Effizienz. Hier stimmen Tierwohl und Effizienz überein. Eine Kuh mit stark negativen Energiesaldo ist auch effizient, aber wahrscheinlich ist das Tierwohl nicht gewährleistet.

Emissionen mindern und Innovationen generieren und implementieren

Es ist unstrittig, dass eine Anpassung der Milchkuhhaltung zur Minderung der Emissionen geboten ist. Dies betrifft den CO₂-Fußabdruck insbesondere Methan und den Anfall an N- und P-Verbindungen und hier insbesondere NH₃. Hierbei zeigen sich auch Zielkonflikte, da auch in evolutionär entwickelte Kreisläufe z.B. im Vormagen eingegriffen wird. Die Ansätze über die Zucht beim Methan werden thematisiert.

Veränderungen bedürfen Innovationen. Eine wesentliche ist die Kuh besser zu erfassen und zu verstehen. Die Milch gibt hier viele Möglichkeiten, da diese täglich anfällt und ein gutes Untersuchungswesen etabliert ist. Im ersten Schritt gilt es die bereits vorliegenden Informationen besser zu nutzen. Auch mit Hilfe der optiKuh-Daten wurden die Maßgaben zur Rations- und Gesundheitskontrolle angepasst (Glatz-Hoppe et al., 2020) [11] und zur Anwendung (DLG, 2020) [12] empfohlen. Weitere Möglichkeiten eröffnen sich über die Milchspektraldaten im mittleren Infrarot (MIR-Spektren). Hier hat sich die Arbeitsgruppe Dale/Werner des Landeskontrollverbandes Baden-Württemberg sehr verdient gemacht. Es wurden die Grundlagen zur Nutzung der Spektren in optiKuh und eMissionCow gelegt. Es hat sich gezeigt, dass eine Standardisierung der Messgeräte zu empfehlen ist (Gengler et al., 2021) [13].

Letztlich sollen die Erkenntnisse in die Zuchtpraxis Eingang finden. Es gilt „Die optimale Kuh: gesund, effizient und umweltgerecht“ zu züchten. Hier ist auch internationale Zusammenarbeit gefragt, um die Datenbasis zu erweitern und das Vorgehen zu standardisieren und transparent zu gestalten.

Im Fokus steht das Tierwohl. Die Betrachtung hat fächerübergreifend zu erfolgen. Die Innovationen zur Verbesserung des Tierwohls müssen in den Lebensalltag von Mensch und Tier passen.

4 Schlussfolgerungen/Ausblick

Das Arbeiten im Verbund zu den Bereichen Forschung und Entwicklung hat sich bewährt. Dies betrifft die Bündelung der Kräfte auf Bundesebene, die fächerübergreifende Arbeit und den transdisziplinären Ansatz. Die Nutzung der Versuchseinrichtungen der angewandten Tierernährungsforschung zur Generierung einer innovativen Lernstichprobe hat sich bewährt und sollte verstetigt werden. Der Bereich Tiergesundheit sollte dabei noch stärker integriert und ein Monitoring in diesem Bereich etabliert werden.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Spiekers, H., S. Holzinger, S. Klein, M. Schmicke (2020): Die optimale Kuh: Anforderungen an Zucht, Fütterung und Management auf den Weg gebracht. in: die Innovationsförderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft, 31/32.
- [2] Spiekers, H., P. Hertel-Böhnke, U. Meyer (2018): Verbundprojekt optiKuh. Tagungsband der Abschlussveranstaltung am 30/31.01.2018 in Braunschweig, Herausgeber. LfL-Schriftenreihe 2/2018, 149 Seiten.
- [3] Gruber, L., F.J. Schwarz, D. Erdin, B. Fischer, H. Spiekers, H. Steingass, U. Meyer, A. Chassot, T. Jilg, A. Obermaier und T. Guggenberger (2004): Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 116. VDLUFA-Kongress, 13.-17. Sept. 2004, Kongressband, Rostock, 484–504.
- [4] GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), (2001): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag: Frankfurt/Main.
- [5] M. Ledinek, L. Gruber, G. Thaller, K.-U. Götz, K.-H. Südekum, H. Spiekers (2021): Effizienzmerkmale beim Milchrind: Definieren – Einordnen – Anwenden. Züchtungskunde, zur Veröffentlichung eingereicht.
- [6] Jensen, L.M., N.I. Nielsen, E. Nadeau, B. Markussen, P. Norgaard (2015). Evaluation of five models predicting feed intake by dairy cows fed total mixed rations. *Livest. Pro. Sci.* **176**, 91-103.
- [7] DLG (2006): Schätzung der Futteraufnahme bei der Milchkuh. DLG-Information 1/2006. www.futtermittel.net.
- [8] Gruber, L., W. Knaus, A. Susenbeth, F.J. Schwarz, T. Guggenberger, B. Fischer, H. Spiekers, H. Steingass, U. Meyer, A. Münger, T. Jilg und A. Obermaier (2021): Evaluation of the net energy for lactation system and estimation of the energy requirements of dairy cows based on a comprehensive analysis of feeding trials. *Arch. Anim. Nutrition* **75**, 1–17.
- [9] Becker, V., E. Stamer, H. Spiekers und G. Thaller (2021): Residual energy intake, energy balance, and liability to diseases: Genetic parameters and relationships in German Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* **104**, no. 10. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20382>.
- [10] Jilg T., J. Denißen (2020): Umsetzung aktueller Beratungskonzepte. in: Tagungsband Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung 29./30.09.2020, Soest, 16-19.

-
- [11] Glatz-Hoppe, J., A. Boldt, H. Spiekers, E. Mohr, B. Losand (2020): Relationship between milk constituents from milk testing and health, feeding, and metabolic data of dairy cows. *J. Dairy Sci.* **103**: 10175–10194 <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17981>
- [12] DLG (2020): Milchkontrolldaten zur Fütterungs- und Gesundheitskontrolle bei Milchkühen. Erarbeitet von: Glatz-Hoppe, J., B. Losand, D. Kampf, F. Onken, H. Spiekers. DLG-Merkblatt **451**, www.dlg.org
- [13] Gengler, N., F. Dehareng, H. Soyeurt, E. Froidmont E., C. Grelet, A. Vanlierde (2021): Possibility of using mid-infrared spectra of milk to estimate methane emissions from cows. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* **30**, 145-149.

Danksagung

Wir bedanken uns recht herzlich bei allen Beteiligten und Versuchsanstellern der Projekte optiKuh2 und eMissionCow (www.optiKuh.de) und für die staatliche Förderung der Bundesrepublik Deutschland. Die Förderung des Vorhabens optiKuh2 erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung. Die Förderung von eMissionCow erfolgt aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank (Frankfurt am Main, Deutschland).

2.2 Themenblock I – Futteraufnahme / Effizienz

Aktualisierung der Futteraufnahme-Schätzformel für Milchkühe auf Basis des Forschungsprojektes „optiKuh“

L. Gruber^{1,5}, M. Ledinek^{1,2}, H. Spiekers², E. Stamer³, U. Meyer⁴, G. Terler⁵

¹ Universität für Bodenkultur, Institut für Nutztierwissenschaften, Wien

² Bay. Landesanstalt für Landw. (LfL), Institut für Tierernährung u. Futterwirtschaft, Grub-Poing

³ TiDa Tier und Daten GmbH, Westensee/Brux

⁴ Institut für Tierernährung, Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Braunschweig

⁵ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Irdning

Zusammenfassung

Seit dem Erscheinen der ersten Version der Futteraufnahme-Schätzformel für Milchkühe (Gruber et al., 2004) [2] erhöhte sich durch intensive Züchtung das Milchleistungspotenzial der Tiere sowohl bei Holstein als auch bei Fleckvieh. Um den höheren Milchleistungen Rechnung zu tragen, wurde beschlossen, die im Verbundprojekt „optiKuh“ gewonnenen und dem gegenwärtigen Produktionslevel entsprechenden Daten (Spiekers et al., 2018) [6] in das bestehende Datenmaterial einzubauen und daraus ein aktualisiertes Futteraufnahme-modell zu entwickeln.

Die der Auswertung zugrundeliegenden Daten stammen von 3.570 verschiedenen Kühen der Rassen Fleckvieh (n = 22.229), Brown Swiss (n = 3.460) und Holstein (n = 71.267) aus 15 Forschungseinrichtungen in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Im Vergleich zum Modell 2004 erhöhte sich die Körpermasse von 634 auf 687 kg, die Milchleistung von 25,4 auf 32,9 kg ECM/Tag und die Futteraufnahme von 18,4 auf 21,5 kg TM/Tag. Die Energiekonzentration des Grobfutters stieg deutlich von 5,9 auf 6,5 MJ NEL bzw. von 9,9 auf 10,7 MJ ME/kg TM. In Summe führten sowohl ein Anstieg des Kraftfutteranteils der Ration (von 32,4 auf 36,8 % der TM) und die höhere Grobfutterqualität zu einer deutlichen Erhöhung der Energiekonzentration der Gesamtration von 10,6 auf 11,4 MJ ME/kg TM.

Für die statistische Auswertung wurde die Prozedur „Mixed“ von SAS (Version 9.4) verwendet, wobei die fixen Effekte Rasse, Laktationszahl und Laktationsmonat sowie der zufällige Effekt Tier innerhalb Rasse in das statistische Modell gingen. Von den tierbedingten Effekten wurden für die Körpermasse und die Milchleistung sowie von den futterbedingten Effekten für die Energiekonzentration des Grobfutters und die Kraftfuttermenge lineare Regressionskoeffizienten berechnet. Auf der Grundlage des gewählten statistischen Modells (d. h. unter Konstanthaltung wichtiger tier- und futterbedingter Faktoren wie Laktationszahl, Laktationsstadium, Körpermasse, Milchleistung, Kraftfutterniveau und Grobfutterqualität) besteht zwischen den Rassen kein signifikanter Unterschied in der Futteraufnahme. Hinsichtlich der Laktationszahl ist festzustellen, dass sich vor allem Kühe der ersten Laktation von den weiteren Laktationen unterscheiden (um 0,7 kg TM/Tag). Erst ältere Kühe (ab der 5. Laktation) nehmen etwas weniger Futter auf (um 0,2 kg TM/Tag) als Kühe der 2. bis 4. Laktation. Von besonderer Bedeutung für die Futteraufnahme ist das Laktationsstadium. Dieses steigt in den ersten drei Monaten von durchschnittlich 17,8 auf

19,1 bzw. 19,8 kg TM an. Vom 4. bis zum 10. Laktationsmonat erhöht sich die Futteraufnahme nur noch um knapp 1 kg von 20,2 auf 21,1 kg TM/Tag. Wie auch im Modell 2004 hatte das Laktationsstadium einen gravierenden Einfluss auf den Verlauf der Regressionskoeffizienten der tier- und futterbedingten Einflussfaktoren (Körpermasse, Milchleistung, Kraftfutter), welche die Futteraufnahme entscheidend prägen, allerdings in den einzelnen Laktationsstadien in unterschiedlichem Ausmaß. So vermindert sich der Regressionskoeffizient für Lebendmasse von 0,0074 genau um die Hälfte auf 0,0037 (kg TM je kg Körpermasse). Andererseits zeigen die Regressionskoeffizienten für Milchleistung einen konkaven und jene für Kraftfutter einen konvexen Verlauf.

Die dargestellten Ergebnisse bestätigen im Prinzip die im Modell 2004 angewendete Vorgehensweise. Allerdings haben sich die Relationen der Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme zueinander durch die in den letzten Jahrzehnten gegebene Erhöhung des Produktionsniveaus bzw. dessen bestimmende Faktoren (Milchleistung, Körpermasse, Kraftfutterniveau, Umweltfaktoren etc.) verändert. Auch die davon betroffene Veränderung der Energiebilanz ist als wichtiger Einflussfaktor auf die Ausprägung der Einflussfaktoren denkbar.

Nach einem Diskussionsprozess und einer Validierung der vorliegenden Ergebnisse wird das endgültige Modell festgelegt. Auch ein zusätzliches Modul für die Vorhersage der Futteraufnahme in der Trockenstehzeit ist vorgesehen.

1 Einleitung

Die möglichst genaue Abschätzung der Futteraufnahme von Milchkühen ist Voraussetzung für eine physiologisch und ökonomisch optimale Rationsgestaltung. Darunter wird allgemein die maximale Grobfutteraufnahme in Verbindung mit jenem Kraftfutteranteil verstanden, der den Energiebedarf der Tiere deckt und wiederkäuergerechte Verdauungsabläufe in den Vormägen sicherstellt (INRA, 1989) [1]. Futteraufnahmemodelle sind heute die Grundlage von EDV-gestützten Programmen zur Rationsoptimierung und der daraus abgeleiteten Kraftfütterzuteilung. Das Ziel sind hohe Milchleistungen, geordnete Pansenfunktionen, niedrige Futterkosten und eine geringe Umweltbelastung.

Seit dem Erscheinen der ersten Version der Futteraufnahme-Schätzformel für Milchkühe (Gruber et al., 2004) [2] erhöhte sich durch intensive Züchtung das Milchleistungspotenzial der Tiere sowohl bei Holstein als auch bei Fleckvieh (BRS 2021 [3], ZuchtData 2021 [4]). Auch verbesserte Haltungsbedingungen und -verfahren (z.B. Laufstall, „cow comfort“ etc.) führten zu höheren Leistungen, ebenso die Bemühungen um höhere Grobfutterqualität sowie hohe Kraftfutteranteile in den Rationen.

Das Futteraufnahmemodell 2004 hat sich in einer internationalen Evaluierung als genau und robust erwiesen (Jensen et al., 2015) [5]. Dennoch stellt sich die Frage, ob die hohe Schätzgenauigkeit auch unter den geänderten, höheren genetischen und Umweltbedingungen gegeben ist. Daher wurde beschlossen, die im Verbundprojekt „optiKuh“ gewonnenen und dem gegenwärtigen Produktionsniveau entsprechenden Daten (Spiekers et al., 2018) [6] in das bestehende Datenmaterial einzubauen und daraus ein aktualisiertes Futteraufnahmemodell zu entwickeln.

2 Material und Methoden

Herkunft und Beschreibung des Datenmaterials

Der Beitrag an Daten aus den beiden Quellen ist etwa gleich hoch ($n = 47.768$ und $n = 49.188$ im Jahr 2004 bzw. 2018, in Summe $N = 96.956$). Jede Datenzeile stellt den Mittelwert einer Laktationswoche einer Versuchskuh in einer Forschungsinstitution dar. In Summe waren 15 Forschungseinrichtungen aus Deutschland (LfL Grub, VBZ Staatsgut Achselschwang, Bildungszentrum Triesdorf, TUM Freising-Weihenstephan, Universität Stuttgart-Hohenheim, LZBW Aulendorf, LVA Hofgut Neumühle, VBZ Landwirtschaft Haus Riswick LK NRW, LLG Iden Zentrum für Tierhaltung und Technik, Institut für Tierernährung (FLI) Braunschweig, FBN Dummerstorf, Versuchsbetrieb Karkendamm CAU Kiel, LVZ Futterkamp LK SH), aus Österreich (HBLFA Raumberg-Gumpenstein) und der Schweiz (Agroscope Posieux) beteiligt. Die der Auswertung zugrundeliegenden Daten stammen von 3.570 verschiedenen Kühen der Rassen Fleckvieh ($n = 22.229$), Brown Swiss ($n = 3.460$) und Holstein ($n = 71.267$).

Eine detaillierte Beschreibung zur Versuchsdurchführung und Methodik ist bei Gruber et al. (2004) [2] angeführt. Wesentliche tier- und futterbedingte Kriterien der Versuchstiere sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die durchschnittliche Körpermasse laktierender Kühe erhöhte sich im Untersuchungszeitraum von 634 auf 687 kg und beträgt im Mittel des vorliegenden Datenmaterials 661 ± 84 kg. Kühe der Rasse Fleckvieh (FV) sind mit 723 kg wesentlich schwerer als die Tiere der milchbetonten Rassen Brown Swiss (BS) und Holstein (HO) mit 630 bzw. 643 kg. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Milchleistung. Es erfolgte eine deutliche Steigerung gegenüber den früheren Daten (25,4 vs. 32,9 kg ECM/Tag in 2004 bzw. 2018, Mittelwert $29,2 \pm 8,7$ kg ECM/Tag), wobei HO die beiden anderen Rassen deutlich übertrifft. Auch die Futteraufnahme erhöhte sich, und zwar um mehr als 3 kg TM/Tag, von 18,4 auf 21,5 kg TM/Tag (im Mittel $20,0 \pm 4,0$ kg TM/Tag). Diese Steigerung ist (in abgeschwächter Form) auch gegeben, wenn die Futteraufnahme auf die Körpermasse bezogen wird. Umgekehrt werden die Unterschiede zwischen den Rassen bei Bezug auf die Körpermasse ausgeprägter.

Hinsichtlich der nutritiven Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme sind vor allem der Kraftfutteranteil und die Grobfutterqualität bedeutsam. Beide Kriterien haben im Untersuchungszeitraum eine Erhöhung erfahren. Die Energiekonzentration des Grobfutters stieg deutlich von 5,9 auf 6,5 MJ NEL/kg TM bzw. von 9,9 auf 10,7 MJ ME/kg TM (Mittelwert $10,33 \pm 0,73$ MJ ME/kg TM). Dies war von einer Verringerung des Faseranteils begleitet. Auch der Proteingehalt der Grobfutterration verringerte sich, was auf eine Erhöhung des Maissilageanteils schließen lässt und neben einem früheren Schnitzeitpunkt bei Wiesenfutter den höheren Energiegehalt der Grobfutterration zum Teil erklärt. In Summe führten sowohl ein Anstieg des Kraftfutteranteils der Ration (von 32,4 auf 36,8 % der TM) und die höhere Grobfutterqualität zu einer deutlichen Erhöhung der Energiekonzentration der Gesamtration (von 10,6 auf 11,4 MJ ME/kg TM, im Mittel $11,00 \pm 0,95$ MJ ME/kg TM). Im Durchschnitt des Datenmaterials war sowohl die Energieversorgung der Kühe als auch die N-Versorgung der Mikroben ausgeglichen, allerdings mit großen Extremen im negativen und positiven Bereich.

Bei den Ergebnissen in Tabelle 1 handelt es sich um eine rein arithmetische Auswertung („Summary Statistics“). Es ist also zu bedenken, dass die Ergebnisse und Aussagen zu Lebmasse, Milchleistung und Futteraufnahme nicht unter konstanten

Fütterungsbedingungen (Grobfutterqualität, Krafffutteranteil) stattgefunden haben (müssen). Ferner ist die Besetzung der Laktationsmonate zwischen den Rassen verschieden. Bei Brown Swiss sind nur relativ wenige Daten verfügbar. Die Tabelle 1 bezweckt eine rein deskriptive Darstellung des Datenmaterials in all seinen Parametern, wie es zur Entwicklung eines aktualisierten Futteraufnahmmodells herangezogen wurde.

Statistische Auswertung und Ableitung des Futteraufnahme-Modells

Die statistische Auswertung erfolgte mit den Programmen SAS (Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) und Statgraphics (Version 19, Statgraphics Technologies Inc., The Plains, VA, USA).

Tab. 1: Tier- und futterbedingte Kriterien der Versuchstiere (Summary Statistics)¹⁾

Kriterium	Einheit	Modell optiKuh		Modell 2021	Min	Max	Streu- ung	Var. koeff.	Fleck- vieh	Brown Swiss	Holstein
		2004	2018								
Anzahl	-	47.768	49.188	96.956	-	-	-	-	22.229	3.460	71.267
Körpermasse und Milchleistung											
Körpermasse	kg	634	687	661	396	1.019	84	12,7	723	630	643
Δ Körpermasse	g/Tag	185	201	193	-1.490	1.495	66	34,1	207	-17	199
Milchleistung	kg/Tag	24,8	33,9	29,4	2,0	68,9	9,7	32,9	24,5	24,0	31,2
Milchleistung	kg ECM/Tag	25,4	32,9	29,2	2,2	63,4	8,7	29,9	25,1	24,4	30,7
Fettgehalt	%	4,28	3,89	4,08	1,53	8,19	0,67	16,3	4,22	4,22	4,03
Proteingehalt	%	3,37	3,37	3,37	1,28	7,10	0,35	10,4	3,51	3,34	3,33
Laktosegehalt	%	4,79	4,81	4,80	3,55	5,48	0,18	3,7	4,79	4,82	4,80
Energiegehalt	MJ/kg Milch	3,29	3,14	3,22	2,13	4,97	0,31	9,5	3,30	3,27	3,19
Körpermasse-Eff.	g ECM/kg KM	40,4	48,7	44,6	3,2	107,5	13,6	30,5	34,9	38,4	47,9
Energie-Effizienz	MJLE/MJNEL	0,670	0,712	0,691	0,088	3,268	0,168	24,3	0,646	0,678	0,706
Futtermittelaufnahme											
Grobfutter	kg TM/Tag	12,1	13,5	12,8	1,8	28,4	2,8	21,5	13,8	13,0	12,5
Kraftfutter	kg TM/Tag	6,3	8,0	7,1	0,0	17,5	3,2	45,0	5,0	5,1	7,9
Gesamtfutter	kg TM/Tag	18,4	21,5	20,0	3,1	39,9	4,0	20,1	18,9	18,2	20,5
Gesamtfutter	% der KM	2,93	3,17	3,05	0,50	6,56	0,60	19,8	2,61	2,87	3,19
Gesamtfutter	g/kg ^{0,75} KM	146	162	154	26	307	30	19,2	135	144	161
Kraftfutteranteil	% der TM	32,4	36,8	34,6	0,0	81,1	13,1	37,8	25,6	26,5	37,8
Nährstoff- und Energieaufnahme											
Rohprotein	g/Tag	2.779	3.468	3.129	511	6.236	821	26,2	2.816	2.500	3.257
nXP	g/Tag	2.755	3.418	3.092	484	6.240	767	24,8	2.786	2.572	3.212
Rohfaser	g/Tag	3.473	3.732	3.604	507	7.450	675	18,7	3.746	3.611	3.560
Rohfaser	g/kg KM	5,52	5,47	5,49	0,86	10,94	1,03	18,7	5,22	5,77	5,57
NDF	g/Tag	-	7.570	7.570	1.012	13.421	1.365	18,0	7.715	8.525	7.493
NDF	g/kg KM	-	11,1	11,1	1,8	22,0	2,1	18,9	10,3	12,8	11,4
Energie	MJ ME/Tag	199,2	245,9	222,9	36,4	480,1	51,8	23,2	204,9	189,6	230,1
Energie	MJ NEL/Tag	121,0	150,6	136,0	22,5	298,2	32,4	23,8	124,3	114,3	140,7
Futterniveau	APL	3,28	3,86	3,57	0,63	7,83	0,82	23,0	3,04	3,08	3,76
Energiesaldo	NEL (MJ/Tag)	-0,2	2,0	1,0	-155,0	119,8	22,5	2342	-0,3	-3,2	1,6
Energiesaldo	% des Bedarfs	100,4	102,5	101,4	20,7	216,6	16,4	16,2	100,2	96,9	102,0
RNB	g/Tag	3,8	8,1	6,0	-140,7	207,0	31,4	524,9	4,9	-11,6	7,2
Nährstoff- und Energiekonzentration des Grobfutters											
Rohfaser	g/kg TM	248	221	234	159	384	34	14,4	243	254	231
aNDFom	g/kg TM	-	419	419	338	581	43	10,2	437	439	411
ADFom	g/kg TM	-	250	250	194	367	27	10,8	265	261	244
ME	MJ/kg TM	9,92	10,73	10,33	7,25	11,91	0,73	7,1	10,21	9,67	10,40
NEL	MJ/kg TM	5,91	6,48	6,20	4,05	7,35	0,52	8,3	6,11	5,72	6,24
Rohprotein	g/kg TM	119	110	114	63	220	20	17,4	114	118	114
nXP	g/kg TM	128	134	131	99	150	7	5,7	130	126	132

Nährstoff- und Energiekonzentration des Gesamtration											
Rohfaser	g/kg TM	189	174	181	91	384	31	16,9	200	198	175
aNDFom	g/kg TM	-	353	353	273	520	34	9,7	381	375	341
ADFom	g/kg TM	-	210	210	168	324	21	9,9	230	219	201
ME	MJ/kg TM	10,58	11,40	11,00	3,12	14,74	0,95	8,7	10,63	10,02	11,16
NEL	MJ/kg TM	6,42	6,98	6,70	1,80	8,98	0,64	9,6	6,44	6,03	6,82
Rohprotein	g/kg TM	147	161	154	32	235	21	13,8	146	132	158
nXP	g/kg TM	146	158	152	44	193	16	10,6	144	136	156
RNB	g/kg TM	0,13	0,39	0,26	-8,17	14,31	1,63	626,5	0,19	-0,69	0,33

¹⁾ Nur laktierende Kühe (max. 305 Laktationstage); MJLE – Energie in Milch (in MJ), MJNEL – NEL in Futter (in MJ)
Es wurde die Prozedur „Mixed“ verwendet, wobei die fixen Effekte RASSE, LAKTATIONSZAHL und LAKTATIONSMONAT sowie der zufällige Effekt TIER innerhalb Rasse in das statistische Modell gingen. Von den tierbedingten Effekten wurden für die KÖRPERMASSE und die MILCHLEISTUNG sowie von den futterbedingten Effekten für die ENERGIEKONZENTRATION des GROBFUTTERS und die KRAFTFUTTERMENGE lineare Regressionskoeffizienten berechnet.

$$y = \text{RASSE} + \text{LAKTATIONSZAHL} + \text{LAKTATIONSMONAT} + \text{TIER (Rasse)} + \text{KÖRPERMASSE (LakMonat)} + \text{MILCHLEISTUNG (Lakmonat)} + \text{KRAFTFUTTERMENGE (LakMonat)} + \text{ENERGIEKONZENTRATION GROBFUTTER}$$

y = abhängige Variable

RASSE = Fleckvieh, Brown Swiss, Holstein

LAKTATIONSZAHL = 1, 2 bis 4, ≥ 5

LAKTATIONSMONAT = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

TIER = 1, 2, 3, 4, 5,, 3568, 3569, 3570

KÖRPERMASSE (kg)

MILCHLEISTUNG (kg ECM/Tag)

ENERGIEKONZENTRATION des GROBFUTTERS (MJ ME/kg TM)

KRAFTFUTTERMENGE (kg TM/Tag)

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Futterraufnahme hängt entscheidend von tier- und futterbedingten Faktoren ab (Piatkowski et al., 1990) [7]. Der Organismus verbraucht Energie für Erhaltung und verschiedene Leistungskomponenten (Milch, Trächtigkeit, Wachstum etc.). Dies verursacht den Impuls, die verbrauchten Nährstoffe durch Futterraufnahme wieder aufzufüllen. Das Ziel des Organismus ist die Aufrechterhaltung einer ausgeglichenen Energiebilanz (Wangness und Muller, 1981) [8]. Neben dieser physiologischen Steuerung wird die Futterraufnahme ganz wesentlich auch von der Füllung des Pansens über Dehnungsrezeptoren physikalisch reguliert (Allen, 1996) [9]. Die maßgeblichen Einflussgrößen auf die Futterraufnahme sind somit einerseits der Energiebedarf der Kühe und andererseits die Futterqualität (Abbauraten, Passageraten, Verdaulichkeit). Welcher der beiden Einflusskomplexe stärker zum Tragen kommt, hängt von der spezifischen Tier/Futter-Konstellation ab. Grundsätzliche Arbeiten zur Regulation der Futterraufnahme finden sich u. a. bei Langhans (1989) [10], Van Soest (1994) [11], Mertens (1994) [12], Forbes (1995) [13] und Schwarz (1997) [14].

Die wesentlichen Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung sind in Abbildung 1 dargestellt. Es stellte sich heraus, dass auf der Grundlage des gewählten statistischen Modells (d. h. unter Konstanthaltung wichtiger tier- und futterbedingter Faktoren wie Laktationszahl, Laktationsstadium, Körpermasse, Milchleistung, Kraftfutterniveau und Grobfutterqualität) zwischen den Rassen kein signifikanter Unterschied in der Futteraufnahme besteht. Im Modell 2004 wiesen milchbetonte Kühe eine geringfügig höhere Futteraufnahme auf, was mit deren etwas höherem Erhaltungsbedarf begründet wurde (NRC, 2001) [15]. Offensichtlich haben sich die Doppelnutzungstiere durch die starke Erhöhung der Milchleistung in den letzten Jahren physiologisch den milchbetonten Tieren etwas angeglichen.

Fixe Effekte

Regressionskoeffizienten

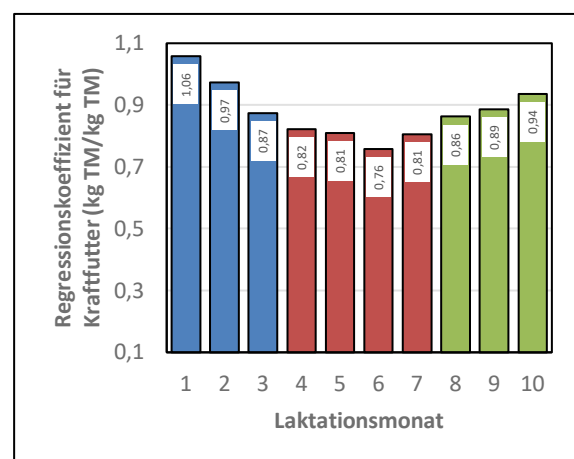
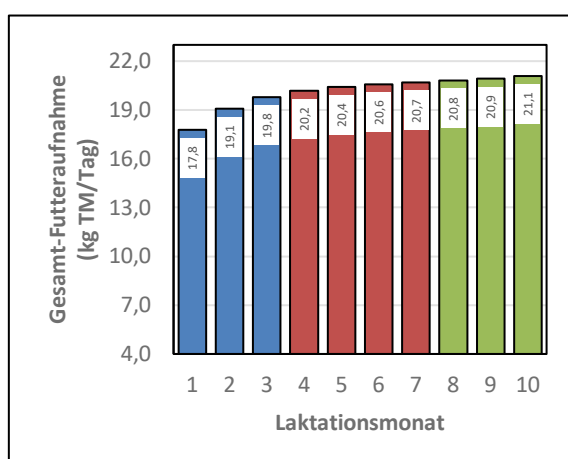
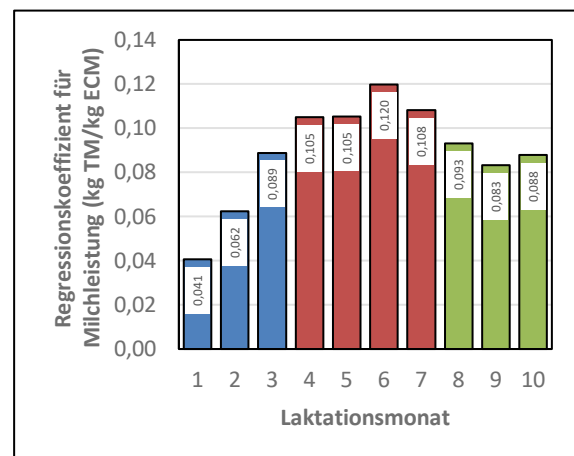
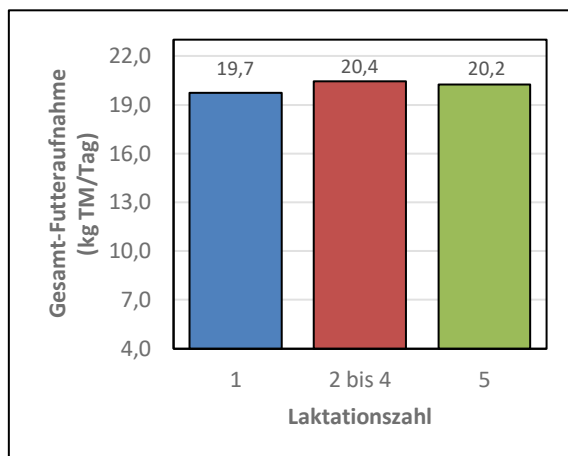
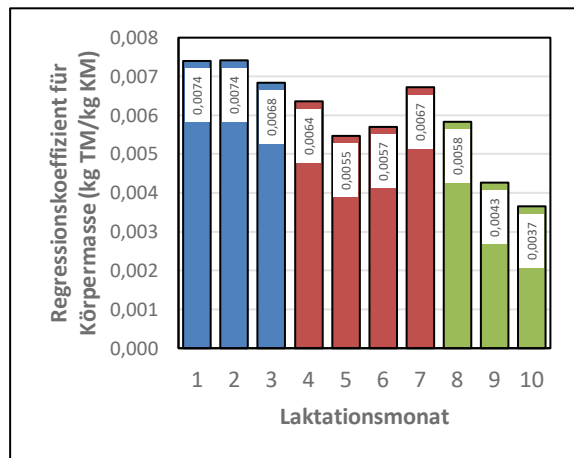
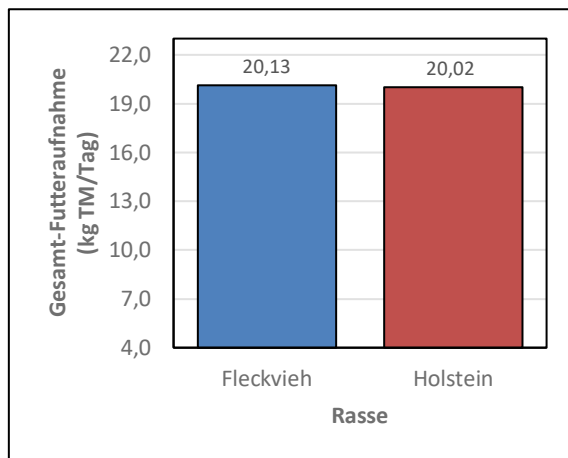


Abb. 1: Fixe Effekte (Rasse, Laktationszahl, Laktationsmonat) und Regressionskoeffizienten (für Körpermasse, Milchleistung, Kraftfuttermenge) im Futteraufnahmmodell

Hinsichtlich des Einflusses der Laktationszahl ist festzustellen, dass sich vor allem Kühe der ersten Laktation von den weiteren Laktationen unterscheiden (um 0,7 kg TM/Tag). Erst ältere Kühe (ab der 5. Laktation) nehmen etwas weniger Futter auf (um 0,2 kg TM/Tag) als Kühe der 2. bis 4. Laktation. Von besonderer Bedeutung für die Futteraufnahme ist das Laktationsstadium. Bekanntlich erfahren die Kühe, besonders solche mit hoher Milchleistung, ein starkes Energiedefizit zu Laktationsbeginn. Dies ist einerseits durch die nach der Abkalbung stark steigende Milchleistung bedingt, andererseits auch durch die besonders im ersten und auch im zweiten Laktationsmonat stark reduzierte Futteraufnahme. Diese steigt in den ersten drei Monaten von durchschnittlich 17,8 auf 19,1 bzw. 19,8 kg TM/Tag an. Vom 4. bis zum 10. Laktationsmonat erhöht sich die Futteraufnahme nur noch um knapp 1 kg von 20,2 auf 21,1 kg TM/Tag.

Wie auch im Modell 2004 hatte das Laktationsstadium einen gravierenden Einfluss auf den Verlauf der Regressionskoeffizienten der tier- und futterbedingten Einflussfaktoren (Körpermasse, Milchleistung, Kraftfutter), welche die Futteraufnahme entscheidend bestimmen, allerdings in den einzelnen Laktationsstadien in unterschiedlichem Ausmaß. So vermindert sich der Regressionskoeffizient für Körpermasse von 0,0074 genau um die Hälfte auf 0,0037 (kg TM je kg Körpermasse). Andererseits zeigen die Regressionskoeffizienten für Milchleistung einen konkaven und jene für Kraftfutter einen konvexen Verlauf. Nach Festlegung des endgültigen Modells werden diese Verläufe durch Gleichungen dargestellt, um eine anwenderfreundliche und EDV-gerechte Implementierung zu ermöglichen, wie dies auch im Modell 2004 der Fall war. Die vorliegende Futteraufnahme-Schätzformel weist einen Restfehler von 1,45 kg TM auf.

Die dargestellten Ergebnisse bestätigen im Prinzip die im Modell 2004 angewendete Vorgehensweise. Allerdings haben sich die Relationen der Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme zueinander durch die in den letzten Jahrzehnten gegebene Erhöhung des Produktionsniveaus bzw. dessen bestimmende Faktoren (Milchleistung, Körpermasse, Kraftfutterniveau, Umweltfaktoren etc.) verändert. Auch die davon betroffene Veränderung der Energiebilanz ist als wichtiger Einflussfaktor auf die Ausprägung der Einflussfaktoren denkbar.

Nach einem Diskussionsprozess und einer Validierung der vorliegenden Ergebnisse wird das endgültige Modell festgelegt. Auch ein zusätzliches Modul für die Vorhersage der Futteraufnahme in der Trockenstehzeit ist vorgesehen.

4 Literaturverzeichnis

- [1] INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) (1989): Ruminant Nutrition, Recommended Allowances and Feed Tables (Feed intake: the Fill Unit systems, Dairy cows, Measurement of the nutritive value of feeds, Tables of feeds used in France), 389 S.
- [2] Gruber, L., Schwarz, F.J., Erdin, D., Fischer, B., Spiekers, H., Steingäß, H., Meyer, U., Chassot, A., Jilg, T., Obermaier, A., Guggenberger, T. (2004): Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 116. VDLUFA-Kongress, Rostock, 13.-17. September 2004, Kongressband 2004, 484-504.
- [3] BRS (Bundesverband Rind und Schwein) (2021): Rinder- und Schweineproduktion in Deutschland 2020. Herausgeber: Bundesverband Rind und Schwein e.V. Adenauerallee 174, 53113 Bonn.

-
- [4] ZuchtData (2021): ZuchtData Jahresbericht 2020. ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH (Egger-Danner et al.).
- [5] Jensen, L.M., Nielsen, N.I., Nadeau, E., Markussen, B., Norgaard, P. (2015): Evaluation of five models predicting feed intake by dairy cows fed total mixed rations. *Livest. Sci.* 176, 91-103.
- [6] Spiekers, H., Hertel-Böhnke, P., Meyer, U. (2018): Abschlussveranstaltung Verbundprojekt optiKuh. Tagungsband. LfL Schriftenreihe 2/2018, 149 S.
- [7] Piatkowski, B., Gürtler, H., Voigt, J. (1990): Grundzüge der Wiederkäuer-Ernährung. 5. Kapitel: Futteraufnahme beim Wiederkäuer, Gustav Fischer Verlag Jena, 133-155.
- [8] Wangsness, P.J., Muller, L.D. (1981): Maximum forage for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 64, 1-13.
- [9] Allen, M.S. (1996). Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 74, 3063-3075.
- [10] Langhans, W. (1989): Die Regulation der Futteraufnahme beim Wiederkäuer. *Schweiz. Arch. Tierheilkde.* 131, 117-126.
- [11] Van Soest, P.J. (1994): Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, 2nd Edition, 476 S.
- [12] Mertens, D. (1994): Regulation of forage intake. In: Forage Quality, Evaluation and Utilization. G.C. Fahey, Jr. et al. (eds.) ASA-CSSA-SSSA, 677 S. Segoe Road, Madison, WI 53711, 450-493.
- [13] Forbes, J.M. (1995): Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. CABI, UK, 532 S.
- [14] Schwarz, F.J. (1997): Zur Futteraufnahme der Milchkuh. Internationale Vortragstagung "Verdauungsphysiologie und Stoffumsatz beim Wiederkäuer". Rostock 21. Februar 1997. J. Voigt und H. Hagemeyer (Hrsg.). Schriftenreihe des Forschungsinstitutes für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere, Heft Nr. 10, 14-26.
- [14] National Research Council (NRC) (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Edition, National Academy Press, Washington, D.C. USA 381 S.

Danksagung

Den am Projekt beteiligten Kolleginnen und Kollegen sowie Forschungsinstitutionen wird für die Bereitstellung der wertvollen Versuchsergebnisse herzlich gedankt. Die staatliche Förderung der Bundesrepublik Deutschland erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung (Projekträger BLE).

Effizienz – Ein Begriff mit vielen Gesichtern

M. Ledinek^{1,2}, H. Spiekers¹, L. Gruber^{2,3}, A. Obermaier¹, E. Stamer⁴

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, D-Grub-Poing

² Universität für Bodenkultur, Institut für Nutztierwissenschaften, A-Wien

³ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, A-Irdning

⁴ TiDa Tier und Daten GmbH, D-Westensee/Brux

Zusammenfassung

Der Begriff Effizienz wird vermehrt in unterschiedlichsten Zusammenhängen verwendet. Auch in der betrieblichen Praxis und Rinderzucht wird verstärkt Effizienz beim Milchrind verlangt. Doch was bedeutet der Begriff Effizienz?

Effizienz beschreibt, welche Menge eines Leistungsmerkmals pro Einheit eines Produktionsfaktors produziert wird (Effizienz = Output/Input, z. B. kg energiekorrigierte Milch pro MJ Energieaufnahme). Effizienzmerkmale maximieren die Leistung in Relation zum Aufwand, erfassen jedoch weder Vor- noch Nachteile, die an anderer Stelle auftreten. Sie lassen sich nach Kriterien wie z. B. verwendetes Input-Merkmal, verwendetes Output-Merkmal, Zeitrahmen der Berechnung, Bezugsebene Tier, Betrieb, Produktionssystem usw. systematisch einteilen. Effizienzmerkmale auf Betriebsebene konzentrieren sich auf Futter- und Nährstoffverluste in Futter- und Düngewirtschaft. Auf Produktionssystem-Ebene stellen sich die Fragen, wie die gewünschte Menge an Produkten (Milch, Fleisch, ...) mit möglichst wenig Aufwand und Umweltwirkungen erzeugt wird. Wie sind Genotyp, Leistungspotenzial, Nutzungsdauer usw. zu wählen? Andererseits lassen sich auch Auswirkungen von Veränderungen auf der Tierebene auf Wirtschaftlichkeit, Ernährungssicherheit und Umwelt modellieren.

Die Tierebene umfasst die Frage, was mit den aufgenommenen Nährstoffen im Tier selbst geschieht, wie viel Produkt das Tier daraus produziert. Die enorme Milchleistungssteigerung je Kuh und Jahr seit den 1950er Jahren schlägt sich in einer rechnerisch effizienteren Milchproduktion nieder. Allerdings hat der Anstieg der Milchleistung nicht die entsprechende Steigerung in der Futteraufnahmekapazität ausgelöst. Trotz höherer Nährstoffkonzentration im Grobfutter und höherem Kraftfutteranteil basiert die hohe und rechnerisch effiziente Milchleistung besonders im ersten Laktationsdrittel auf der starken Mobilisation von Körpergewebe. Die von der Futteraufnahme entkoppelte Milchleistung und die mobilisierten Nährstoffe täuschen eine hohe Effizienz vor. Daher fließen in umfassenderen Effizienzmerkmalen Mobilisation und Regeneration der Körperreserven (z. B. Veränderung des Body Condition Scores) ein. Zusätzlich können auch mehrere Produkte (z. B. Milch, Fleisch) kombiniert oder längere Zeiträume, mehrere Laktationen bzw. die Aufzucht berücksichtigt werden. Setzen Fütterung und Tierzucht auf eine kurzfristig gesehen hohe Effizienz der Milchkuh durch eine Milchleistungssteigerung, verstärkt sich das Energiedefizit samt weiteren Einbußen bei Stoffwechselstabilität, Gesundheit und Fruchtbarkeit, aber auch die Nahrungsmittelkonkurrenz zum Menschen.

Erste Berechnungen zur Effizienz über Versuchsbetriebe hinweg wurden an den weiter bearbeiteten Versuchsergebnissen des Verbundvorhabens optiKuh (Spiekers et al., 2018 [35]) durchgeführt. Der Einfluss von Grobfutterqualität und Kraftfutterniveau auf Effizienzmerkmale wurde auf Basis der drei Betriebe mit differenzierter Grobfutterqualität und unterschiedlichem Kraftfutterniveau betrachtet. Je niedriger das Kraftfutterniveau, desto geringer Futterraufnahme und Milchleistung. Der relativ geringe Rückgang der Milchleistung führt zu einer vermehrten Mobilisation und täuscht eine höhere Futter- und Energie-Effizienz vor. Die Aussagekraft der Effizienzmerkmale hängt davon ab, wie bedarfsorientiert und ausgewogen die Fütterung erfolgt. Sowohl eine Unter- als auch eine Überversorgung (unerwünscht hohe Zunahme der Körperkondition besonders gegen Laktationsende und in der Trockenstehzeit) sind daher zu vermeiden.

Die Beurteilung der Effizienz von Tier, Betrieb oder Produktionssystem setzt eine umfassende und vernetzte Herangehensweise voraus, um Probleme nicht in andere (nicht einsehbare) Bereiche zu verlagern.

1 Spannungsfeld Milchproduktion

Bereits in den 1950er und 1960er Jahren beschäftigen sich Studien mit der effizienten Umsetzung der aufgenommenen Nährstoffe in das Produkt Milch durch die Milchkühe z. B. Dickinson et al. (1969) [1]. Ein möglichst hoher Output an Nährstoffen in der Milch soll pro Einheit an Energie aus dem Futter produziert werden (Energie-Effizienz = MJ Energie in der Milch/MJ Energieaufnahme) (Dickinson et al., 1969) [1]. Der Beweggrund war die Reduktion der Futterkosten. Der Anteil der Futterkosten an den Gesamtkosten der Milchproduktion eines Betriebes liegt in Deutschland bei ca. 50 % (Hofmann und Wallner, 2020; Weber, 2021) [2] [3]. In einem Umfeld volatiler Märkte und schwankender Verbraucherpreise gilt die Reduktion der Futterkosten als wichtige Maßnahme für eine höhere Konkurrenzfähigkeit in der Milchwirtschaft (Dorfner und Kirner, 2016) [4]. Neben der rein ökonomischen Sichtweise erweitert sich der Fokus der Auswirkungen auf die Milchkühe selbst (Tierwohl, Gesundheit, Produktionsbedingungen) sowie auf Umweltwirkungen der tierischen Erzeugung (Klima, Gewässer, Boden, Biodiversität, Ressourcennutzung, Emissionen) (Taube, 2016) [5]. So verschärfte das steigende Leistungsniveau und daraus resultierend kraftfutterreichere Rationen die Nahrungs- und Flächenkonkurrenz des Wiederkäuers zu einer wachsenden Bevölkerung (Wilkinson, 2011; Ertl et al., 2015) [6] [7]. Mit zunehmendem globalem Handel von Produkten, Futtermitteln und höherem ökonomischen Druck reagierten Betriebe mit steigender Spezialisierung auf Milchproduktion, höheren Kuhzahlen pro Betrieb und kraftfutterreicheren Rationen, um Produktionskosten zu senken und die Milchleistung pro Stallplatz zu erhöhen (Knaus, 2015) [8]. Einerseits dient eine hohe Grobfutterqualität als Basis einer wirtschaftlich erfolgreichen Milchproduktion. Der deutlich gestiegene Maissilage-Anteil liegt derzeit bei ca. 50 % an der Grobfutterration (Hofmann und Wallner, 2020) [2]. Andererseits geht mit der Intensivierung der Grünlandbewirtschaftung in günstig bewirtschaftbaren Regionen und der Aufgabe von ungünstigen bewirtschaftbaren Flächen eine deutliche Reduktion der Biodiversität einher (Dierschke und Briemle, 2002) [9]. Die steigende Belastung von Vegetation und Boden durch schwerere Maschinen (Moitzi und Boxberger, 2007) [10] und um ca. 100 bis 150 kg schwerere Kühe seit ca. 1950/60 (Nehring, 1963; Spiekers und Potthast, 2003) [11] [12] verdichtet die Bodenstruktur und verursacht Staunässe (Bohner et al., 2017) [13]. Dies fördert Emissionen von klimawirksamen Gasen wie z. B. durch Stickstoffverluste in Form von N₂O (Nawaz et al., 2013) [14], unerwünschte (flachwurzelnde) Pflanzenarten (Bohner et al., 2017) [13] und insgesamt Ertragseinbußen (Douglas und Crawford, 1993) [15].

Vor diesem vielschichtigen Hintergrund gibt dieser Artikel einen Einblick in das Thema Effizienz in der Rinderzucht und Milchviehfütterung. Der Schwerpunkt liegt auf der effizienten Umsetzung von Nährstoffen aus dem Futter durch das Tier, den physiologischen Hintergründen und Auswirkungen, je nach Art und Weise, wie man Effizienzmerkmale auf Tierzebene gestaltet. Zusätzlich gibt der Artikel einen Überblick über eine systematische Einordnung von Effizienzmerkmalen nach klaren Kriterien und über Ergebnisse zu den Auswertungen aus dem Projekt optiKuh2 zum Thema.

2 Effizienz und Effizienzmerkmale

Sehr verbreitete Effizienzmerkmale sind die Futter-Effizienz (kg ECM/kg TM) und die Energie-Effizienz (MJ Energie in der Milch/MJ Energieaufnahme). Allgemein betrachtet lassen sich Effizienzmerkmale nach Kriterien systematisch einteilen. Je nachdem, welche Informationen sie berücksichtigen, weisen Effizienzmerkmale eine unterschiedliche Aussagekraft und Anwendbarkeit auf.

Kriterium 1: Rechenoperation

Hier verläuft die Unterscheidung zwischen Verhältnismerkmalen (Effizienz = Output/Input) und Residualmerkmalen. Verhältnismerkmale maximieren nach ihrer Herkunft aus der Ökonomie die Leistung pro Einheit eines Produktionsfaktors und stellen somit dessen Produktivität (Effizienz) dar. Es ist zu beachten, dass die Effizienz des eingesetzten Produktionsfaktors nach dem Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses sinkt (Koester, 1992; Bofinger, 2007) [16] [17].

Die aus Tierzucht und Tierernährung stammenden Residualmerkmale berechnen die Differenz zwischen einer beobachteten und der dazu erwarteten (Input)-Größe (z. B. Hurley et al., 2016; Martin et al., 2021) [18] [19]. Residualmerkmal = Merkmal (beobachtet) – Merkmal (erwartet). Die Differenz ergibt sich auch als Residuum eines Regressionsmodelles, das z. B. die beobachtete Energieaufnahme dem für verschiedene Leistungen erwarteten Energiebedarf (Fütterungsnorm) gegenüberstellt. Der sogenannte „Rest“ beinhaltet neben der tierindividuellen Effizienz-Komponente auch Schätz- und Messfehler. Benötigt ein Tier weniger Energie bzw. Nährstoffe als erwartet (Differenz < 0), gilt es als effizient. Da sich die Modelle zur Schätzung der erwarteten Input-Größe je nach Datenmaterial unterscheiden, gibt es kaum einheitliche Modellierungen von Residualmerkmalen. Wichtige Einflussfaktoren sind Milchleistung, metabolische Körpergröße und die Mobilisation und Regeneration des Körpergewebes (Δ KM, Δ BCS).

Kriterium 2: eingesetzter Produktionsfaktor (Input, Bezugsgröße)

Namensgebend für die Merkmale ist der Produktionsfaktor (Koester, 1992; Bofinger, 2007) [16] [17].

Die wichtigsten Verhältnismerkmale sind ...

- **Körpermasse-Effizienz:** Input auf Basis Körpermasse (KM) oder metabolischer Körpergröße (KG), z. B.: kg ECM/kg^{0,75} KG
- **Futter-Effizienz:** Input auf Basis des aufgewendeten Futters in kg TM, z. B.: kg ECM/kg TM
- **Energie-Effizienz:** Input auf Basis der aufgewendeten Energie in MJ, z. B.: MJ produzierte Energie in der Milch/MJ NEL Energieaufnahme
- **Nährstoff-Effizienzen** für Protein, Mineralstoffe, ...

- **human edible feed (conversion) efficiency:** Input auf Basis der potenziell human-ernährungstauglichen Nährstoffe, zumeist auf Energie und (Roh-)Protein bezogen.

Die wichtigsten Residualmerkmale sind ...

- **Residualfutteraufnahme RFI:** auf Basis der Futteraufnahme (kg TM).
- **Residualenergieaufnahme REI:** auf Basis der Energieaufnahme (MJ ME bzw. MJ NEL).

Was ist bei der Wahl der Bezugsbasis zu beachten?

Nur Effizienzmerkmale, die den Energie- oder Nährstoffgehalt der Produkte und auch des Futters berücksichtigen, können Aussagen über die Effizienz der Nährstoffumsetzung treffen. Effizienzmerkmale auf TM-Basis wie RFI oder Futter-Effizienz sagen nichts aus über die für die erbrachte Leistung notwendigen Energie- oder Nährstoffgehalte. Kühe mit gleicher Leistung und Futteraufnahme erscheinen gleich futtereffizient. Allerdings macht es einen Unterschied, ob diese Leistung mit einem Energiegehalt von 6,0 MJ NEL oder 6,7 MJ NEL pro kg TM erreicht wurde. Daher gelten Effizienzmerkmale auf Energie- oder Nährstoff-Basis als State-of-the-Art (z. B. Hurley et al., 2016) [18].

Kriterium 3: berücksichtigte Produkte oder Leistungen (Output)

- **Milchleistung:** berücksichtigt nur Merkmale der Milchproduktion (ECM, Menge eines Nährstoffes in der Milch, ...)
- **Fleischleistung:** z. B. Menge an Schlachtkörper (kg), Zuwachs, Kälber, ... oder Menge eines Nährstoffes darin
- **human-ernährungstauglicher Output (z. B. Milch oder Fleisch):** Menge des human-ernährungstauglichen Nährstoffes in Milch oder Fleisch; Milch: auf Basis der ECM; Fleisch: Menge des Nährstoffes im human-ernährungstauglichen Anteil an der Körpermasse (weitere Details in Ertl et al., 2015) [7].

Was ist bei der Wahl der Leistungen bzw. Produkte zu beachten?

Die meisten in der Literatur geläufigen Effizienzmerkmale für das Milchrind berücksichtigen nur die Milchleistung. Umfassendere Merkmale integrieren auch die Veränderung der Körperreserven (Δ KM, Δ BCS), Trächtigkeit oder den Erhaltungsbedarf. Bleiben Mobilisationsvorgänge unberücksichtigt, werden jene Tiere bevorzugt, die eine höhere Milchleistung bei geringerer Futteraufnahme und hoher Mobilisation erbringen. Die Effizienz erscheint rechnerisch hoch (z. B. Vallimont et al., 2011) [20]. Die Milchleistungssteigerung verstärkt jedoch das in der Literatur und in den Milchkuhbetrieben sehr evidente Energie-defizit im ersten Laktationsdrittel weiter, begleitet von unerwünschten Folgen für Gesundheit, Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer (Veerkamp et al., 2000; Martens, 2020a, b) [21] [22] [23]. Hinter diesem Energiedefizit steht die Entkoppelung von Milchleistung und Futteraufnahme im ersten Laktationsdrittel, welche sich durch die gesteigerte Milchleistung und Milchbetonung der Genotypen über Jahrzehnte verstärkt hat. Zusätzlich zeichnen sich milchbetonte Genotypen durch eine verstärkte Zuteilung der Nährstoffe zur Milchleistung aus. Gleichzeitig fördert die gleiche hormonelle Konstellation eine verstärkte Mobilisation von Körperreserven (Martens, 2020a, b) [22] [23]. Während sich die Milchleistung in den

USA zwischen 1980 und 2003 um ca. 57 % erhöhte, stieg die Futtermittelaufnahme nur um 20 % (Eastridge, 2006) [24]. Die genetische Beziehung zwischen Futtermittelaufnahme und Milchleistung zeigt, dass höchstens 50 % des Nährstoffbedarfes, der für die Milchleistungssteigerung notwendig wäre, durch die höhere Futtermittelaufnahme gedeckt wird (Veerkamp, 1998) [25]. Damit löst eine alleinige Zucht auf Milchleistungssteigerung ohne Berücksichtigung des Futtermittelaufnahmevermögens nicht die adäquate Reaktion der Futtermittelaufnahme aus. Eine hohe Futtermittelaufnahme und ein dadurch geringeres Energiedefizit wirken hingegen positiv auf die Versorgung des gesunden und in seiner Gesamtheit betrachteten Organismus. Sie fördert eine hohe Effizienz unabhängig von der Mobilisation (Veerkamp und Emmans, 1995) [26]. Allerdings steckt die routinemäßige Erhebung der Futtermittelaufnahme bei der Einzelkuh auf Praxisbetrieben erst in den Anfängen. Die Messung ist nicht bzw. wenig praktikabel (Banos und Coffey, 2010) [27]. Dies ist ein wesentlicher Grund, warum die Futtermittelaufnahme in der züchterischen Arbeit seit Jahrzehnten kaum genauer betrachtet wurde.

Ein Blick auf mehrere Leistungen für eine breitere Betrachtung des Tieres empfiehlt sich. Milch und Fleisch (von Kälbern, ...) können in Form von Energie- oder Protein-Effizienzen kombiniert werden (z. B. Ertl et al., 2015) [7]. Grundsätzlich eignen sich für die züchterische Umsetzung auch Effizienz-Indices, da sich verschiedene andere Merkmalsbereiche wie Gesundheit, Fruchtbarkeit oder Nutzungsdauer integrieren lassen.

Eine Beurteilung der Nahrungskonkurrenz (feed vs. food) lässt die human edible feed (conversion) efficiency zu: Produkte und Futtermittel werden nach dem für den Menschen ernährungstauglichen Nährstoff- oder Energieanteil bewertet. Während sich der Einsatz von Grobfutter aus dem Grünland und von human-ernährungsuntauglichen Nebenprodukten (z. B. Trester, Schlempe) positiv niederschlägt, verringert die vermehrte Nutzung von Ackerfläche oder humanernährungstauglichen Kraftfuttermitteln diese Effizienz unter 1. Damit hat das Tier (oder der Betrieb) nicht zu einer tatsächlichen Produktion von Lebensmitteln beigetragen (Ertl et al., 2015) [7].

Kriterium 4: Zeitbezug

Hier stellt sich die Frage, für welchem Zeitraum (Laktation, Zwischenkalbezeit, Nutzungsdauer, Lebensdauer) die Effizienz berechnet wird.

Was ist bei der Wahl des Berechnungszeitraumes zu beachten?

Auch hier sind die physiologischen Abläufe im Produktionszyklus zu beachten. Während die hohe Milchleistung im ersten Drittel der Laktation scheinbar sehr effizient erbracht wird, regenerieren sich die dafür mobilisierten Körperreserven vorwiegend gegen Laktationsende und in der Trockenstehzeit (Bauman und Currie, 1980; Buckley et al., 2000) [28] [29]. Erreicht eine Kuh mehrere Laktationen, verteilen sich (finanzieller) Aufwand und Umweltauswirkungen der Aufzuchtzeit auf eine längere produktive Zeitspanne (Friggens et al., 2013) [30]. Wird auf eine kurzfristig hohe Effizienz mittels hoher Milchleistung gesetzt (vorwiegend im ersten Laktationsdrittel möglich), wirkt sich dies negativ auf die Nährstoffversorgung anderer Körperfunktionen wie Gesundheit und Fruchtbarkeit aus (Martin et al., 2021) [19]. Der steigende Nährstoffbedarf mündet aufgrund der sich unzureichend mitentwickelnden Futtermittelaufnahme in einem größeren Energiedefizit. Ein Ausgleich mittels höherer Nährstoffkonzentration fördert wiederum die Lebensmittelkonkurrenz (Ertl et al., 2015) [7].

Kriterium 5: Bezugsebene Tier – Betrieb – Produktionssystem

Die züchterische Arbeit verändert nicht nur die physiologischen Eigenschaften der Tiere. Es folgen Anpassungen in weiteren Bereichen der tierischen Erzeugung mit vielfältigen Auswirkungen auf Wirtschaftlichkeit, Umwelt oder Ernährungssicherheit.

Auf betrieblicher Ebene stellt man die erzeugten tierischen Leistungen und Produkte dem Aufwand an kg TM Futter, an Energie oder Nährstoffen im Futter gegenüber. Der Input kann je nach am Betrieb vorhandenen Daten oder Zweck der Berechnung bereits den Ertrag an Nährstoffen am Feld berücksichtigen, oder die am Futtertisch vorgelegte Menge. Die Betriebsebene fokussiert auf Futter- und Düngewirtschaft oder die Rationsgestaltung, und zeigt Futter- und Nährstoffverluste auf (Spiekers und Schneider, 2020) [31]. Ein an sich nährstoffeffizientes Tier vermag eine unausgeglichene Ration nicht wettzumachen.

Auf der Ebene des Produktionssystems wird untersucht, wie sich die Züchtung auf ein bestimmtes (Effizienz-)Merkmal auf Umweltwirkungen wie Versauerungs-, Eutrophierungspotenzial, Treibhausgasemissionen, Bodenfruchtbarkeit, Landnutzung(-sänderung), Futtermittelimporte, usw. auswirken (Hörtenhuber et al., 2017) [32]. Genauso geht es um die Frage, wie die gewünschte Menge an Produkten (Milch, Fleisch, ...) mit möglichst geringem Aufwand und Umweltwirkungen erzeugt wird. Wie sind Genotyp, Leistungspotenzial, Nutzungsdauer usw. zu wählen? Zu beachten ist das Koppelprodukt Fleisch, aber auch das Konsumverhalten der Bevölkerung (Zehetmeier et al., 2012) [33] sowie Auswirkungen auf die Nahrungskonkurrenz zwischen Tier und Mensch (Ertl et al., 2015) [7].

Kriterium 6: Berechnung der Regressionskoeffizienten

Dieser Punkt behandelt hauptsächlich die Frage, wieviel Energie die Merkmalsveränderung von Körpermasse oder BCS pro Einheit beinhaltet. Die Veränderung der Körperreserven werden bei Effizienzen auf Tierebene berücksichtigt.

Kriterium 7: Berechnung der Effizienz innerhalb des Zeitrahmens

Einerseits lässt sich der zeitliche Verlauf des Effizienzmerkmals z. B. in der Laktation veranschaulichen (z. B. Hurley et al., 2016) [18]. Andererseits werden Leistungen und Aufwand über die gewählte Zeitspanne kumuliert und daraus die Effizienz berechnet (z. B. Piccand et al., 2013) [34].

3 Material und Methoden

Herkunft und Beschreibung des Datenmaterials

Die Datengrundlage für die Auswertungen zur Effizienz auf Tierebene stammen aus dem Verbundprojekt optiKuh. Weitere Ausführungen zur Versuchsdurchführung und Methodik sind Spiekers et al. (2018) [35] zu entnehmen. Kernelement des Projektes optiKuh stellt ein Fütterungsversuch mit zwei Grobfutterqualitäten (6,1 und 6,5 MJ NEL/kg TM) und zwei Kraftfutterniveaus (150 g und 250 g/kg ECM) dar. Im zweiten Teil des Beitrages geht es um die Frage, wie sich Genotyp und Futterqualität auf die Effizienz der Milchproduktion und auf mit der Effizienz verbundene Merkmale auswirken.

Bei den untersuchten Effizienzmerkmalen handelt es sich um Körpermasse-Effizienz (kg ECM/kg^{0,75} KG), Futter-Effizienz (kg ECM/kg TM) und die Energie-Effizienz (MJ Energie in der Milch/MJ NEL im Futter). Die Auswertungen erfolgten mit jenen drei Betrieben (LfL Grub (Hertel-Böhnke et al., 2018 [36]), Fleckvieh; VBZ Landwirtschaft Haus Riswick LK NRW (Denßen et al., 2018 [37]), Holstein; Institut für Tierernährung (FLI) Braunschweig (Schmitz et al., 2018 [38], Holstein), die alle vier Kombinationen von

Grobfutter- und Kraftfutter im Versuch einsetzen. Die Rassen wurden in den Betrieben nicht vergleichend geprüft. Daher lässt sich der Betriebseffekt auch nicht vollständig vom Effekt des Genotyps trennen. Zusätzliche Auswertungen sind mit mehr Versuchsbetrieben vorgesehen.

Die Anzahl der verwendeten Datensätze beträgt 10.060 von insgesamt 231 Tieren, davon 4.498 Datensätze für die Rasse Holstein und 5.562 für die Rasse Fleckvieh.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit den Programmen SAS (Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) und Statgraphics (Version 19, Statgraphics Technologies Inc., The Plains, VA, USA).

Die Auswertung der abhängigen Variablen erfolgte mit der Prozedur „Mixed“, wobei die fixen Effekte Genotyp, Laktationszahl und Laktationsmonat sowie deren Wechselwirkungen berücksichtigt wurden. Die Futterqualität wird durch die fixen Effekte GF und KF sowie deren Wechselwirkungen $GF \times KF$, $GF \times \text{Genotyp}$, $KF \times \text{Genotyp}$ beschrieben. Veränderungen der untersuchten Merkmale abhängig vom Laktationsstadium, Genotyp oder Futterqualität berücksichtigen die Wechselwirkungen $GF \times \text{Laktationsmonat}$, $KF \times \text{Laktationsmonat}$, $\text{Genotyp} \times GF \times \text{Laktationsmonat}$, $\text{Genotyp} \times KF \times \text{Laktationsmonat}$.

Des Weiteren beinhaltet das Modell den zufälligen Effekt Tier innerhalb Genotyp.

Genotyp = Fleckvieh, Holstein

Laktationszahl = 1, 2, 3+4, ≥ 5

Laktationsmonat = 1 bis 11; ein Monat hat 365/12 Tage

TIER = 1 bis 231

GF = Grobfutterqualität 6,1 MJ NEL und 6,5 MJ NEL/kg TM

KF = Kraftfutterniveau 150 g und 250 g/kg ECM

4 Ergebnisse und Diskussion

Der Einfluss der Effekte Genotyp, Laktationszahl und Laktationsmonat sowie deren Wechselwirkungen verlief mit wenigen Ausnahmen hochsignifikant (Tab.1). Das Kraftfutterniveau beeinflusste die Merkmale erwartungsgemäß stärker als die Grobfutterqualität. Die Wechselwirkungen zwischen Grobfutterqualität und Kraftfutterniveau zeigen außer bei der Futteraufnahme keinen nennenswerten Einfluss oder Trend. Ein unterschiedliches Verhalten des Genotyps abhängig von der Futterqualität scheint am ehesten bei Merkmalen der Körperkondition und der Körpermasse auf.

Tab. 1: *P*-Werte der fixen Effekte Rasse (R), Grobfutterqualität (GF), Kraftfutterniveau (KF) sowie deren Wechselwirkungen; Basis: Versuche [36 – 38]

Merkmal	Einheit	RMSE	Rasse	GF	KF	GF×KF	R×GF	R×KF	GF×	KF×	R×GF×	R×KF×
			(R)						Lakm.	Lakm.	Lakm.	Lakm.
Futteraufnahme	kg/Tag	1,91	<0,001	0,131	<0,001	0,184	0,589	0,781	<0,001	<0,001	0,001	<0,001
Futteraufnahme	g TM/kg ^{0,75} KG	14,1	<0,001	0,090	<0,001	0,087	0,405	0,999	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Milchleistung	kg ECM/Tag	2,9	<0,001	0,002	0,002	0,466	0,565	0,468	<0,001	<0,001	0,452	<0,001
Körpermasse	kg	26	<0,001	0,279	0,001	0,532	0,241	0,748	0,175	<0,001	<0,001	<0,001
BCS	Punkte 1-5	0,25	<0,001	0,698	<0,001	0,883	0,212	0,202	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Körperm.-Eff.	kg ECM/kg ^{0,75} KG	0,021	<0,001	0,001	0,083	0,309	0,702	0,558	<0,001	<0,001	0,119	<0,001
Futter-Effizienz	kg ECM/kg TM	0,194	0,058	0,080	0,275	0,509	0,498	0,607	<0,001	<0,001	0,409	<0,001
Energie-Eff.	MJ LE/MJ NEL	0,093	0,227	0,959	0,007	0,832	0,514	0,386	<0,001	<0,001	0,384	<0,001

LE ... Energie in der Milch, kg^{0,75} KG ... metabolische Körpergröße

Effekt des Genotyps: Die Hauptgründe einer hohen Effizienz liegen in einer hohen Milchleistung, einer hohen Futteraufnahmekapazität, in der Fähigkeit Körperreserven zu mobilisieren und in der Verteilung der Nährstoffe zwischen Körper und Milchleistung (Verkamp und Emmans, 1995) [26]. Holstein frisst um 2,1 kg TM mehr Futter und produziert um 3,7 kg mehr ECM als Fleckvieh, wobei Holstein um 101 kg leichter war und einen um 0,76 Punkte geringeren BCS auswies (Abb. 1). Die Rassen unterscheiden sich besonders stark in der Körpermasse-Effizienz. Die Ergebnisse beider Genotypen spiegeln die unterschiedliche Spezialisierung auf Milchleistung wider. Milchbetontere Genotypen weisen eine höhere Milchleistung auf, eine etwas höhere Futteraufnahme, eine deutlich höhere Futteraufnahmekapazität (Futteraufnahme in kg TM/kg^{0,75} KG), jedoch eine durchschnittlich geringere Körperkondition. Aufgrund der zur Milchleistung relativ niedrigen Futteraufnahme sowie der metabolischen Priorität der Milchleistung fallen Mobilisationsvorgänge stärker aus und die Regeneration verlagert sich vermehrt in die Trockenstehzeit (Martens, 2020a, b; Buckley et al., 2000) [22] [23] [29].

Effekt von Grobfutterqualität und Kraftfutterniveau: Eine höhere Grobfutterqualität steigert die Futteraufnahme und die Milchleistung (Gruber et al., 1995; Spiekers et al., 2018) [39] [35]. Hingegen beeinflusst sie Körpermasse und -kondition in der aktuellen Auswertung nicht (Tab.1, Abb.1). Es ergeben sich eine höhere Körpermasse- und Futter-Effizienz. Die Energie-Effizienz bleibt jedoch unverändert. Die höhere Kraftfuttermenge beeinflusst die Merkmale deutlich. Sie schlägt sich auch in einer höheren Körpermasse und Körperkondition nieder, verringert jedoch Futter- und Energie-Effizienz.

Warum fällt die Effizienz der Milchproduktion je nach Grobfutterqualität oder Kraftfutterniveau höher oder niedriger aus? Ausschlaggebend ist das Verhältnis der Ausgangsmerkmale (Output/Input) zu einander (Koester, 1992; Bofinger, 2007) [16] [17]. Der Blick auf die Merkmale im Laktationsverlauf zeigt, welche Wirkung die unterschiedlichen Grobfutterqualitäten und Kraftfutterniveaus tatsächlich entfalten und wie sich dadurch die Effizienzmerkmale entwickeln. Abb.2 zeigt den Einfluss der unterschiedlichen Kraftfutterniveaus auf den Merkmalsverlauf von Holstein und Fleckvieh.

Merkmale im Laktationsverlauf: Trotz niedrigerer Futteraufnahme fällt der Rückgang der Milchleistung bei den Gruppen mit niedrigem Kraftfutterniveau relativ gering aus. Die vermehrte Mobilisation täuscht eine rechnerisch hohe Futter- und Energie-Effizienz vor. Hier zeigt sich auch die hohe metabolische Priorität der Milchleistung zu Laktationsbeginn

(Bauman und Currie, 1980; Martens, 2020a, b) [28] [22] [23]. Die ausreichende Nährstoffversorgung durch das höhere Kraftfutterniveau reduziert die Mobilisation und fördert die Milchleistung. Die verbesserte Nährstoffversorgung lässt eine frühere Regeneration der mobilisierten Körperreserven zu. Nun täuscht der Aufbau von Körperreserven eine zu niedrige Effizienz vor.

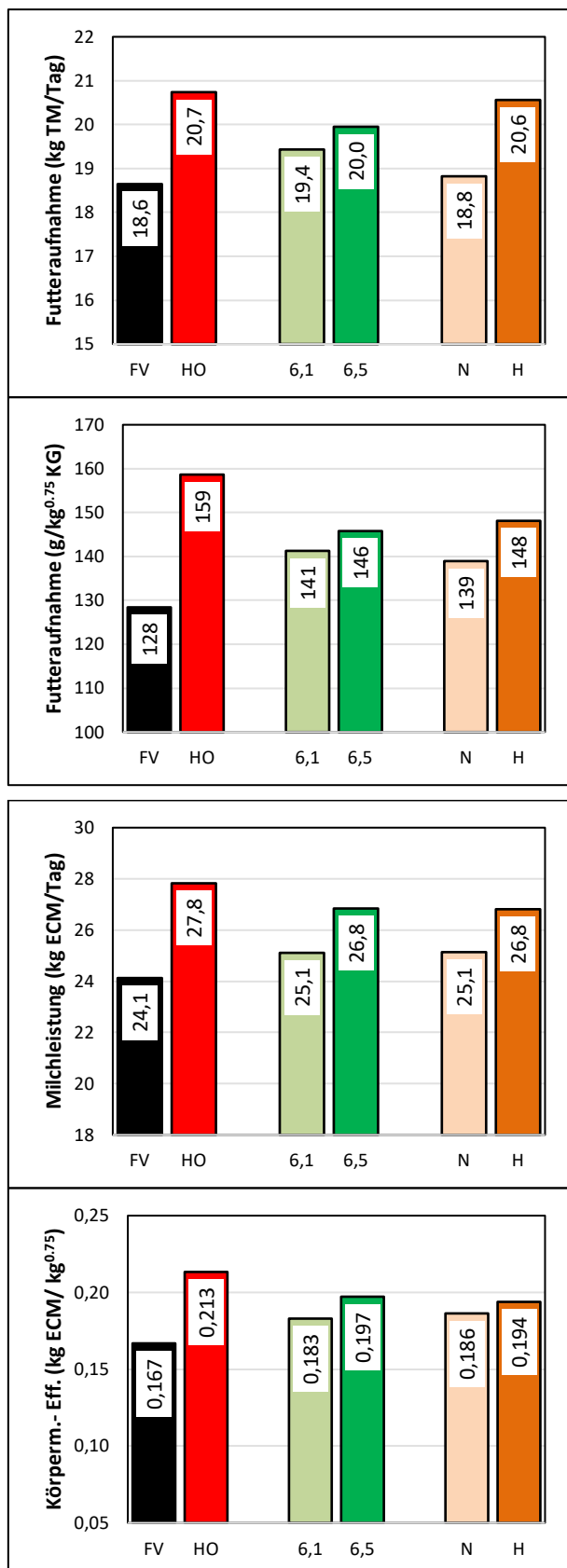
Besonders im Laktationsverlauf werden die Unterschiede beider Genotypen deutlich. Holstein produziert selbst bei niedrigem Kraftfutterniveau in der gesamten Laktation relativ viel Milch, während Fleckvieh einen deutlichen Einbruch verzeichnet (Abb.2). Beide Genotypen mobilisieren in der gesamten Laktation auf niedrigem Kraftfutterniveau ähnlich viel. Allerdings verzeichnet Fleckvieh bei hohem Kraftfutterniveau nach einer Phase des BCS-Verlustes deutliche Zuwächse. Holstein mobilisiert in beiden Kraftfutter-Gruppen hingegen gleich viel. Die höhere Kraftfuttermenge mündet in einem durchschnittlich geringfügig höheren BCS. Auch diese Unterschiede zwischen den Genotypen weisen auf deren unterschiedliche Verteilung der Nährstoffe zwischen Milchleistung und Körper hin (z. B. Martens, 2020a, b) [22] [23], welche wie die Mobilisation die Effizienz der Milchproduktion stark beeinflusst (Veerkamp und Emmans, 1995) [26].

Besonders eindrücklich zeigen sich die Auswirkungen der unterschiedlichen Nährstoffversorgung auf die Effizienz bei Fleckvieh (Abb.2). Futteraufnahme und Milchleistung steigen bei niedrigem Kraftfutterniveau langsamer an und sinken rasch ab. Der BCS sinkt tiefer ab und stagniert bis zum 176. Laktationstag, bevor er deutlich ansteigt. Die rasche Regeneration setzt mit der besseren Nährstoffversorgung um ca. 100 Tage früher ein. Die Körpermasse hingegen steigt bereits ab dem 46. Tag in beiden Kraftfutter-Gruppen an. Trotzdem verzögern geringere Futteraufnahme und Körperkondition den Anstieg der Körpermasse bei niedrigem Kraftfutterniveau. Wird ein noch höheres Energiedefizit durch eine niedrigere Nährstoffkonzentration im Futter ausgelöst, reduziert sich die Milchleistung weiter und selbst die Körpermasse erholt sich erst deutlich später in der Laktation (Gruber et al., 1995) [39]. Der deutliche Einfluss der Futteraufnahme auf die Körpermasse reduziert auch deren Aussagekraft über die Versorgungslage des Tieres im Gegensatz zum BCS (z. B. Lins et al., 2003) [40]. Auch der rasche Rückgang der Körpermasse-Effizienz in der Laktation spiegelt die reduzierte Milchleistung wider. Die Milchleistung geht relativ zur Körpermasse stärker zurück. Energie- und Futter-Effizienz unterscheiden sich deutlich von allen anderen Gruppen. Die vorerst durch verstärkte Mobilisation rechnerisch hohe Effizienz fällt mit der Reduktion der Milchleistung besonders deutlich ab. Ab dem 176. Tag beginnt der BCS bei niedriger Futteraufnahme und bei gleichzeitig weiterhin sinkender Milchleistung rascher zu steigen.

Generell zeigen die Kurvenverläufe der Effizienz gleichzeitig deren Manko auf: Die höchste Futter- und Energie-Effizienz findet sich in den ersten 78 Laktationstagen. Die Körpermasse-Effizienz entwickelt sich ähnlich der Milchleistungskurve. Die rechnerisch besonders hohe Effizienz der Milchproduktion basiert auf der Mobilisation von Körperreserven. Die Zunahme von BCS und Lebendmasse hingegen täuscht eine geringere Effizienz vor. Werden Effizienzmerkmale wie empfohlen um die Veränderung von Lebendmasse oder BCS erweitert (z. B. Hurley et al., 2016) [18], stellen sich jedoch ebenfalls Fragen: Wie lässt sich zwischen einer unerwünscht starken Zunahme (Verfettung) und einer „normalen“ Entwicklung der Körperreserven unterscheiden? Diese Frage ist hauptsächlich für das Laktationsende und die Trockenstehzeit relevant. Der Knackpunkt ist eine dem Bedarf angepasste Ernährung im gesamten Produktionszyklus. Eine effiziente Nährstofftransformation setzt einerseits eine ausgewogene Rationsgestaltung voraus, um unnötige Nährstoffverluste über den Kot und Harn zu vermeiden (Windisch und Flachowsky, 2021) [41].

Andererseits verursachen sowohl eine Unter- als eine Überversorgung Probleme mit Gesundheit, Fruchtbarkeit und Stoffwechsel. Die Effekte betreffen oft nicht nur die gleiche Laktation, sondern wirken sich auch auf die nächste aus (Lins et al., 2003; Kirchgessner et al., 2011) [40] [42].

Der Unterschied von Effizienzmerkmalen auf TM- und Energiebasis: Vergleicht man Futter- und Energie-Effizienz abhängig von der Grobfutterqualität (Abb.1), steigt die Futtereffizienz mit höherer Grobfutterqualität an, die Energie-Effizienz bleibt unverändert. Dies zeigt, dass die höhere Milchleistung auf einer höheren Nährstoffkonzentration beruht, welche bei der Futter-Effizienz unberücksichtigt bleibt. Dieser Effekt wirkt sich auch auf die Energie-Effizienz der unterschiedlichen Kraftfutterniveaus aus. Daher werden Energie-Effizienzmerkmale bevorzugt (z. B. Hurley et al., 2016) [18].



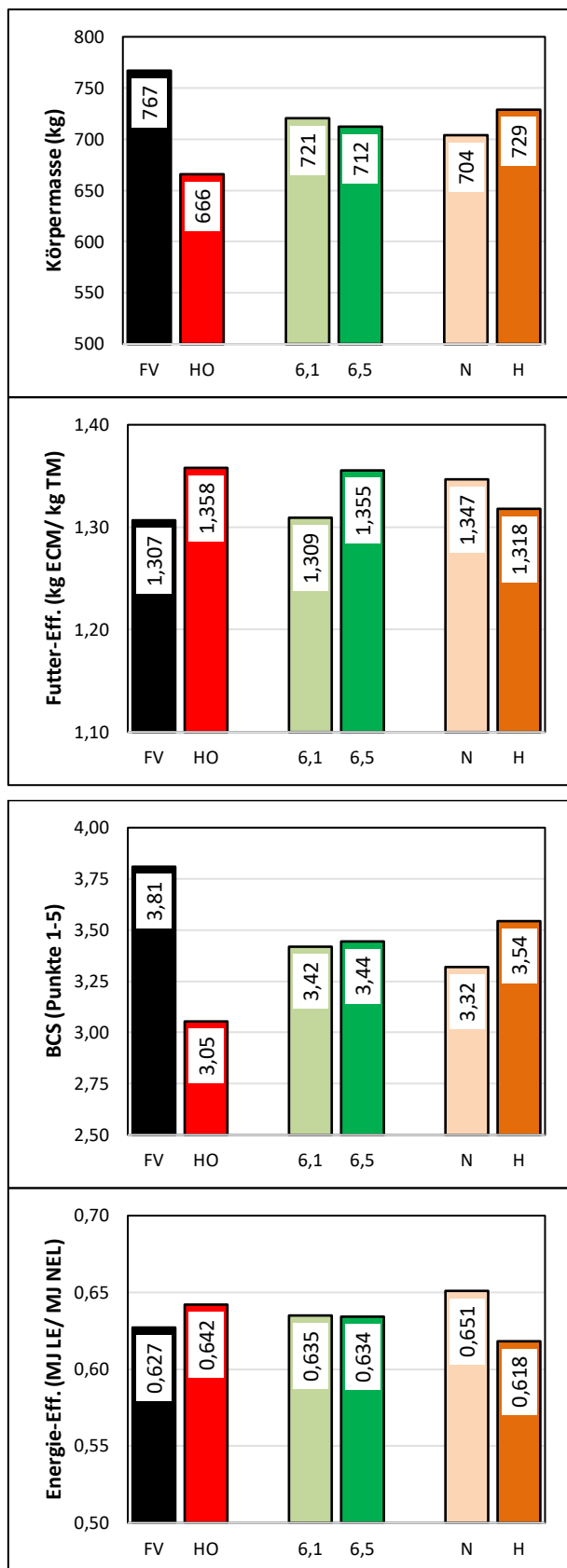
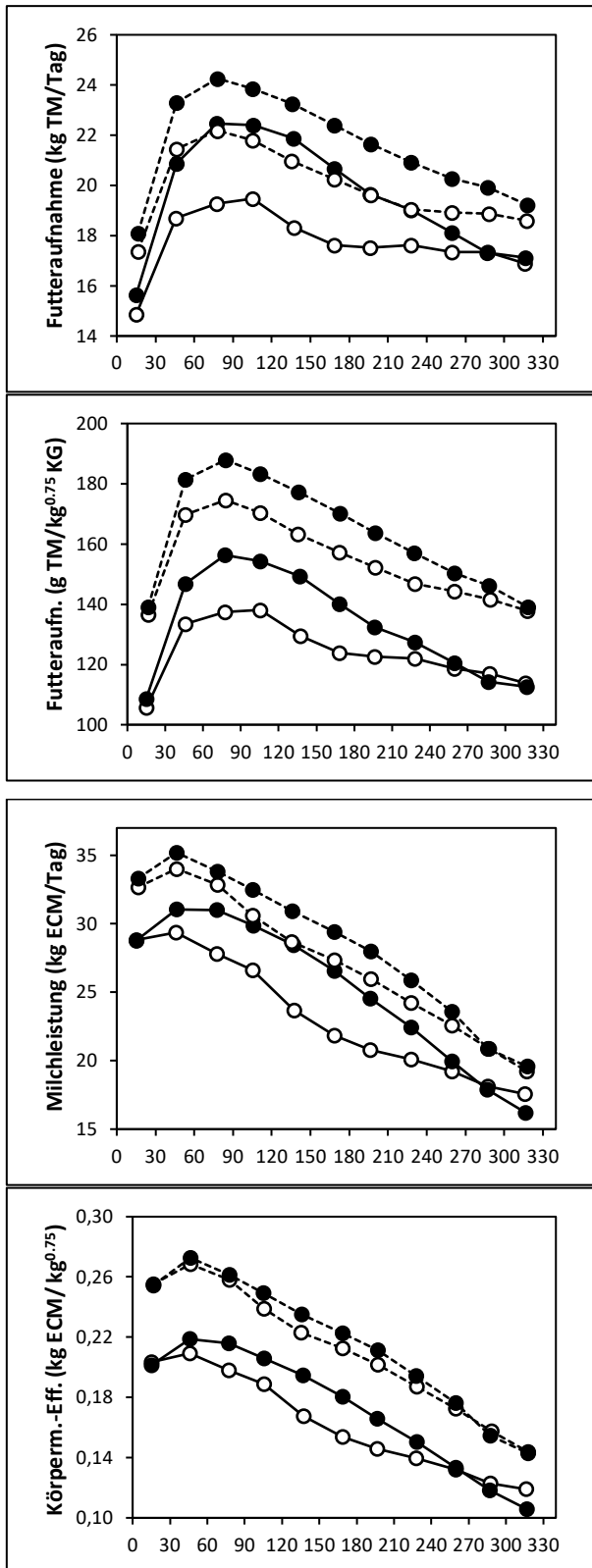


Abb. 1: Fixe Effekte für Genotyp (FV, HO), Grobfutterqualität (6,1 und 6,5 MJ NEL/kg TM) und Kraftfutterniveau (N, H). Basis: Versuche [36 – 38]



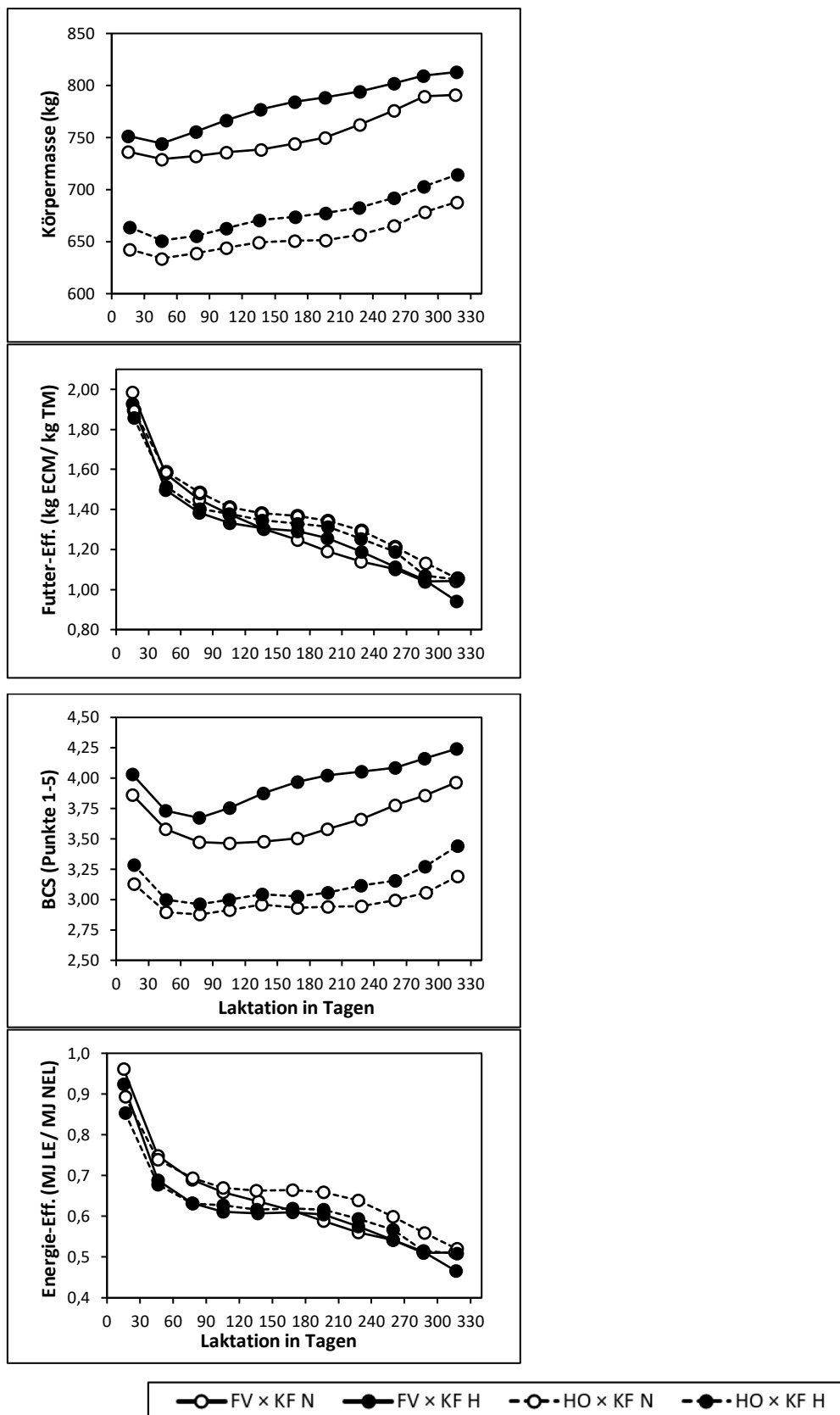


Abb. 2: Wechselwirkung Genotyp (FV, HO) × Kraftfutterniveau KF (N, H) in der Laktation. Basis: Versuche [36 – 38]

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Auswertungen zum Einfluss der Futterqualität und Genotyp

- Die Effizienz hängt als Resultat ihrer Input- und Output-Größe von der Grobfutterqualität und vom Kraftfutterniveau ab. Die Grobfutterqualität wirkt sich bei den eingestellten Unterschieden geringer als der Unterschied im Kraftfutterniveau aus. Je niedriger das Kraftfutterniveau, desto geringer Futteraufnahme und Milchleistung. Der relativ geringe Rückgang der Milchleistung führt zu einer vermehrten Mobilisation und täuscht eine höhere Futter- und Energie-Effizienz vor. Das höhere Kraftfutterniveau reduziert die Mobilisation und lässt die Körperreserven frühzeitiger regenerieren. Dies täuscht eine rechnerisch niedrigere Effizienz vor.
- Je höher die Spezialisierung eines Genotyps auf Milchleistung, desto geringer fällt die Reduktion der Milchleistung aber auch der Futteraufnahme bei niedrigem Kraftfutterniveau aus. Holstein mobilisiert bei beiden Kraftfutterniveaus gleich viel, während bei Fleckvieh eine frühere Regeneration der mobilisierten Körperreserven einsetzt.
- Der Effizienz-Verlauf in der Laktation zeigt deutlich die rechnerisch hohe Effizienz in den ersten Laktationsmonaten aufgrund der von der Milchleistung entkoppelten Nährstoffaufnahme.
- Die Gründe der Veränderungen in der Effizienz abhängig von der Futterqualität sind vielfältig. Die Aussagekraft der Effizienzmerkmale hängt davon ab, wie bedarfsorientiert und ausgewogen die Fütterung erfolgt. Sowohl eine Unter- als auch eine Überversorgung (unerwünscht hohe Zunahme der Körperkondition besonders gegen Laktationsende und in der Trockenstehzeit) sind daher zu vermeiden.

Effizienz und Effizienzmerkmale

- Effizienz maximiert Output pro Einheit eines Produktionsfaktors und erfasst keine Vor- und Nachteile, die an anderer Stelle entstehen.
- Energie-Effizienzen vor Futter-Effizienz: Effizienzen auf TM-Basis sagen nichts über die Effizienz, mit der Nährstoffe in Produkte transformiert werden aus.

Blick auf das Tier

- Leistung ist nur dann effizient, wenn sie nicht auf Kosten der Nährstoffversorgung anderer körperlicher Funktionen wie Fruchtbarkeit, Gesundheit usw. geschieht. Verstärkte Beachtung der Futteraufnahme (-kapazität) für eine bessere Nährstoffversorgung des Organismus.
- Mobilisation von Körperreserven täuscht eine hohe Effizienz in der Milchproduktion vor, die Regeneration dieser Reserven eine zu niedrige. Daher gelten Merkmale wie Δ BCS oder Δ KM als unentbehrliche Zusatzelemente von Effizienzmerkmalen.
- gesamtheitlichere Betrachtung des Tieres: mehrere Leistungen und längere Zeiträume beachten
- nachhaltige Effizienz ist nicht durch eine Milchleistungssteigerung zu erreichen, wenn die Steigerung Energiedefizit und Nahrungskonkurrenz verschärft. Zusätzlich unterliegt die Steigerung der Effizienz für jede zusätzlich geleistete Einheit

wahrscheinlich einem degressiven Wachstum (Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses). Je höher das Niveau einer Leistung, desto weniger effizient wird eine weitere Steigerung erbracht.

Tier – Betrieb – Produktionssystem

- umfassender Blick innerhalb und zwischen den Ebenen, um Probleme nicht in andere „unsichtbare“ Bereiche zu verschieben.
- Umgang mit knapper werdenden Ressourcen, der Verteilung Nutzung von Acker und Grünland, Trog und Teller, sowie gesamtheitliche Betrachtung von Umweltwirkungen und sozialer Aspekte wie Arbeitsbelastung und Einkommen.

Für Wissenschaft, Praxis und Umsetzung bedeutet dies eine verstärkte Vernetzung aller Beteiligten, einen einheitlichen Sprachgebrauch, sowie die Etablierung langfristiger und abgestimmter Datenerhebungen und Auswertungen.

6 Literaturverzeichnis

- [1] Dickinson, F.N., McDaniel, B.T., McDowell, R.E. (1969): Comparative efficiency of feed utilization during first lactation of Ayrshire, Brown Swiss and Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 52, 489-497.
- [2] Hofmann, G., Wallner, M. (2020): Milchreport Bayern 2019. Ergebnisse der Betriebszweigabrechnung Milchproduktion 2018/19. LfL-Information. 1. Aufl., Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: Freising-Weihenstephan.
- [3] Weber, S. (2021): Es reicht nur für die schwarze Null. *DLG-Mitteilungen* 4/2021, 62-65.
- [4] Dorfner, G., Kirner, L. (2016): Erfolgsstrategien in volatilen Milchmärkten. Chancen nutzen, Risiken abfedern!. *Landwirt* 1/2016, 22-25.
- [5] Taube, F. (2016): Umwelt- und Klimawirkungen der Landwirtschaft. in: *Moderne Landwirtschaft zwischen Anspruch und Wirklichkeit. Archiv der DLG* 110, 13-38.
- [6] Wilkinson, J.M. (2011): Re-defining efficiency of feed use by Livestock. *Animal* 5, 1014-1022.
- [7] Ertl, P., Klocker, H., Hörtenhuber, S., Knaus, W., Zollitsch, W. (2015): The net contribution of dairy production to human food supply: The case of Austrian dairy farms. *Agricultural Systems* 137, 119-125.
- [8] Knaus, W. (2015): Perspectives on pasture versus indoor feeding of dairy cows. *J. Sci. Food Agr.* 96, 9-17.
- [9] Dierschke, H., Briemle, G. (2002): *Kulturgrasland*. Ulmer Verlag: Stuttgart, 239 S.
- [10] Moitzi, G., Boxberger, J. (2007): Vermeidung von Bodenschadverdichtungen beim Einsatz von schweren Landmaschinen – eine aktuelle Herausforderung. https://www.bmlrt.gv.at/land/laendl_entwicklung/Online-Fachzeitschrift-Laendlicher-Raum/archiv/2007/Moitzi.html (abgerufen am 19.04.2021).
- [11] Nehring, K. (1963): *Lehrbuch der Tierernährung und Futtermittelkunde*. 8. Aufl., Neumann Verlag. Radebeul: Berlin, 522 S.
- [12] Spiekers, H., Potthast, V. (2003): *Erfolgreiche Milchviehfütterung*. 4. Aufl., DLG-Verlag: Frankfurt/Main, 448 S.

- [13] Bohner, A., Gehmacher, P., Bodner, G., Strauss, P. (2017): Bodenverdichtung im Dauergrünland und ihre Auswirkung auf die Grünlandvegetation. *Die Bodenkultur* 68, 113-129.
- [14] Nawaz, M.F., Bourrié, G., Trolard, F. (2013): Soil compaction impact and modeling. *Agronomy for Sustainable Development* 33, 291-309.
- [15] Douglas, J.T., Crawford, C.E. (1993): The response of a ryegrass sward to wheel traffic and applied nitrogen. *Grass and Forage Science* 48, 91-100.
- [16] Koester, U. (1992): Grundzüge der landwirtschaftlichen Volkswirtschaftslehre. *WiSo-Kurzlehrbücher: Reihe Volkswirtschaft. 2. völlig neubearb. und erw. Aufl.*, Verlag Franz Vahlen GmbH: München.
- [17] Bofinger, P. (2007): Grundzüge der Volkswirtschaftslehre. Eine Einführung in die Wissenschaft von Märkten. 2. überarb. Aufl., Pearson Studium: München.
- [18] Hurley, A.M., López-Villalobos, N., McParland, S., Kennedy, E., Lewis, E., O'Donovan M., Burke, J.L., Berry, D.P. (2016): Inter-relationships among alternative definitions of feed efficiency in grazing lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 99, 468-479.
- [19] Martin, P., Ducrocq, V., Faverdin, P., Friggens, N.C. (2021): Invited review: Distinguishing residual feed intake – Insights and approaches to make it more fit for purpose in the modern context. *J. Dairy Sci.* 104, 6329-6342.
- [20] Vallimont, J.E., Dechow, C.D., Daubert, J.M., Dekleva, M.W., Blum, J.W., Barlieb, C.M., Liu, W., Varga, G.A., Heinrichs, A.J., Baumrucker, C.R. (2011): Short communication: Heritability of gross feed efficiency and associations with yield, intake, residual intake, body weight, and body condition score in 11 commercial Pennsylvania tie stalls. *J. Dairy Sci.* 94, 2108-2113.
- [21] Veerkamp, R.F., Oldenbroek, J.K., Van Der Gaast, H.J., Van Der Werf, J.H.J. (2000): Genetic correlation between days until start of luteal activity and milk yield, energy balance, and liveweights. *J. Dairy Sci.* 83, 577-583.
- [22] Martens, H. (2020a): Transition period of the dairy cow revisited: I. Homeorhesis and its changes by selection and management. *J. Agric. Sci.* 12, 1-24.
- [23] Martens, H. (2020b): Transition period of the dairy cow revisited: II. Homeorhetic stimulus and ketosis with implication for fertility. *J. Agric. Sci.* 12, 25-54.
- [24] Eastridge, M. (2006): Major advances in applied dairy cattle nutrition. *J. Dairy Sci.* 89, 1311-1323.
- [25] Veerkamp, R.F. (1998): Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on live weight and feed intake: A review. *J. Dairy Sci.* 81, 1109-1119.
- [26] Veerkamp, R.F., Emmans, G.C. (1995): Sources of genetic variation in energetic efficiency of dairy cows. *Livest. Prod Sci.* 44, 87-97.
- [27] Banos, G., Coffey, M.P. (2010): Genetic association between body energy measured throughout lactation and fertility in dairy cattle. *Animal* 4, 189-199.
- [28] Bauman, D.E., Currie, W.B. (1980): Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* 63, 1514-1529.

- [29] Buckley, F., Dillon, P., Crosse, S., Flynn, F. Rath, M. (2000): The performance of Holstein Friesian dairy cows of high and medium genetic merit for milk production on grass-based feeding systems. *Livest. Prod. Sci.* 64, 107-119.
- [30] Friggens, N.C., Brun-Lafleur, L., Faverdin, P., Sauvant, D., Martin, O. (2013): Advances in predicting nutrient partitioning in the dairy cow: recognizing the central role of genotype and its expression through time. *Animal* 7, 89-101.
- [31] Spiekers, H., Schneider, S. (2020): Stickstoffemissionen aus deutschen Rinderbetrieben – haben wir die Nase vorn oder gerümpft? LBH, 10. Leipziger Tierärztekongress, Tagungsband 3, 99-105.
- [32] Hörtenhuber, S., Steininger, F., Zollitsch, W. (2017): Umweltwirkungen und Verbesserungspotentiale der österreichischen Milchwirtschaft. Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR 9. März 2017, Salzburg, Konferenzbericht, 74-78.
- [33] Zehetmeier, M., Boudracco, J., Hoffmann, H., Heissenhuber, A. (2012): Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal* 6, 154-166.
- [34] Piccand, V., Cutullic, E., Meier, S., Schori, F., Kunz, R.L., Roche, J.R., Thomet, P. (2013): Production and reproduction of Fleckvieh, Brown Swiss, and 2 strains of Holstein-Friesian cows in a pasture-based, seasonal-calving dairy system. *J. Dairy Sci.* 96, 5352-5363.
- [35] Spiekers, H., Hertel-Böhnke, P., Meyer, U. (2018): Abschlussveranstaltung Verbundprojekt optiKuh. Tagungsband. LfL Schriftenreihe 2/2018, 149 S.
- [36] Hertel-Böhnke, P., Schneider, M., Ettle, T., Spiekers, H. (2018): „Langzeitstudie zu den Effekten verschiedener Kraftfutter- Grobfutterverhältnisse in der Milchkuhfütterung auf Leistung und Futteraufnahme“. *Züchtungskunde* 90, 417-429.
- [37] Denißen, J., Beintmann, S., Hoppe, S., Stamer, E., Spiekers, H., Pries, M., Südekum, K.-H. (2018): Einfluss der Energiedichte im Grobfutter und der Kraftfuttermenge auf die Futteraufnahme, das Wiederkauverhalten und die Milchleistung von Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein in der Gesamtlaktation. *Züchtungskunde* 90, 430-452.
- [38] Schmitz, R., Schnabel, K., von Soosten, D., Meyer, U., Spiekers, H., Rehage, J., Dänicke, S. (2018): The effects of energy concentration in roughage and allowance of concentrates on performance, health and energy efficiency of pluriparous dairy cows during early lactation. *Arch. of Anim. Nutr.* 72, 100-120.
<https://doi.org/10.1080/1745039X.2018.1428417>
- [39] Gruber, L., Steinwender R., Baumgartner, W. (1995): Einfluss von Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau auf Leistung, Stoffwechsel und Wirtschaftlichkeit von Kühen der Rasse Fleckvieh und Holstein. 22. Tierzuchttagung, 9.-10. Mai 1995, Bericht BAL Gumpenstein, Irnding-Donnersbachtal, 1-49.
- [40] Lins, M., Gruber, L., Obritzhauser, W. (2003): Zum Einfluss der Energieversorgung vor der Abkalbung auf Futteraufnahme, Körpermasse und Körperkondition sowie Milchleistung und Stoffwechsel von Milchkühen. *Übers. Tierern.* 31, 75-120.
- [41] Windisch, W., Flachowsky, G. (2020): Tierbasierte Bioökonomie. In: *Das System Bioökonomie*. Thrän, D. und U. Moesenfechtel (Hrsg.). Springer-Verlag GmbH Deutschland: Berlin.

[42] Kirchgessner, M., Roth, F.X., Schwarz, F.J., Stangl, G.I. (2011): Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 13. überarb. Aufl., DLG-Verlag: Frankfurt/Main.

Danksagung

Wir danken allen am Verbundprojekt **optiKuh2** Beteiligten und den Forschungseinrichtungen für die Bereitstellung der Versuchsdaten. Die staatliche Förderung der Bundesrepublik Deutschland erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung (Projektträger BLE).

Beziehungen zwischen Trockenmasseaufnahme, Residualenergieaufnahme, Energiesaldo und Erkrankungskomplexen bei deutschen Milchkühen

V. A. E. Becker ¹, E. Stamer ², G. Thaller ¹

¹ Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Kiel

² TiDa Tier und Daten GmbH, Westensee/Brux

Zusammenfassung

Die Futtereffizienz ist aktuell ein viel diskutiertes Thema in der Milchrinderzucht. Um auf effizientere Milchkühe zu selektieren, stehen derzeit die Merkmale Trockenmasseaufnahme und Residualenergieaufnahme im Fokus. Bevor ein neues Merkmal in ein Zuchtprogramm integriert werden kann, müssen jedoch erst dessen Beziehungen zu anderen Merkmalen untersucht werden. Zu den Beziehungen zwischen der Trockenmasseaufnahme, der Residualenergieaufnahme und der Gesundheit von Milchkühen liegen bisher kaum Studien vor. Daher ist ein Ziel des Projektes eMissionCow, die genetischen Beziehungen zwischen diesen Merkmalen zu untersuchen. Die bisherigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Trockenmasseaufnahme bzw. die Residualenergieaufnahme mit der Gesundheit genetisch negativ korreliert sind, insbesondere in der Früh-laktation. Eine Zucht auf Futtereffizienz durch eine konsequente Selektion auf geringere Trockenmasseaufnahme bzw. Residualenergieaufnahme sollte daher in Frage gestellt werden. Eine Zucht auf Futtereffizienz in Abhängigkeit vom Laktationsstadium würde dagegen einen Lösungsansatz für den Konflikt zwischen verbesserter Futtereffizienz und Gesundheit darstellen. Studien haben gezeigt, dass die Trockenmasseaufnahme im Verlauf der Laktation als unterschiedliche Merkmale betrachtet werden kann. Somit könnte zukünftig auf eine hohe Trockenmasseaufnahme in der Früh-laktation und erst im weiteren Laktationsverlauf auf eine verbesserte Futtereffizienz gezüchtet werden.

1 Einleitung

Schon seit Jahrzehnten befassen sich Wissenschaftler mit der Zucht auf Futtereffizienz (FE) beim Milchrind [1]. Bisher wurde die FE indirekt durch eine Selektion auf höhere Milchleistung verbessert. Diese Selektionsstrategie basiert darauf, dass mit höherer Milchleistung der Anteil an Futtermittelaufnahme, der für den Erhaltungsbedarf genutzt wird, relativ gesehen abnimmt. Der Anteil für die Milchleistung steigt dagegen an, sodass sich das Verhältnis von Milchleistung zu Futtermittelaufnahme bzw. die Futtereffizienz verbessert. Dieser Effekt nimmt jedoch mit jeder weiteren Erhöhung der Milchleistung im Verhältnis zur Körpergröße ab, womit der zukünftige Fortschritt dieser Selektionsstrategie begrenzt ist [2].

Obwohl die Milchleistung und die Futtermittelaufnahme positiv genetisch korreliert sind, hat die Selektion auf höhere Milchleistung die Differenz zwischen Nährstoffbedarf und Nährstoffaufnahme insbesondere in der Früh-laktation erhöht [3; 4]. Ein negativer Energiesaldo (ES) in der Früh-laktation ist bei der Milchkuh, wie bei allen Säugetieren, ein normaler physiologischer Zustand [5]. Die Selektion auf höhere Milchleistung vergrößerte jedoch das Nährstoffdefizit, sodass zum Ausgleich die Körperreserven noch stärker genutzt werden. Dies

betrifft vor allem das Körperfett für die Energiegewinnung. Die verstärkte Fettmobilisation stellt für die Milchkuh eine enorme Stoffwechselbelastung dar. Eine damit einhergehende Immunsuppression kann letztendlich dazu führen, dass die Milchkuh eine erhöhte Anfälligkeit für Erkrankungen aufweist [6; 7].

In den letzten Jahren ist eine direktere Selektion auf FE zu einem viel diskutierten Thema geworden [8]. Die Bestrebungen, ein neues Merkmal für die FE in die Zuchtprogramme zu integrieren, sind sowohl national als auch international groß [9]. Grundsätzlich werden zwei Selektionsstrategien diskutiert. Zum einen eine indirekte Selektion durch die Integration von Merkmalen in das Zuchtprogramm, die die FE beeinflussen. Hierzu gehört vor allem die Trockenmasseaufnahme (**TMA**) als Merkmal für die Futteraufnahme. Durch eine Selektion auf geringere TMA soll die FE verbessert werden. Zum anderen wird eine direkte Selektion durch die Integration des Merkmals Residualfutteraufnahme in das Zuchtprogramm diskutiert und aktuell auf internationaler Ebene favorisiert [2; 10; 11]. Aktuelle Studien berechnen dieses Merkmal auf Energiebasis und sprechen daher von der Residualenergieaufnahme (**REA**) [12]. Die REA stellt die Differenz zwischen gemessener und geschätzter Energieaufnahme dar. Milchkühe mit einer negativen REA gelten als effizienter, da sie eine geringere Energieaufnahme haben, als ihr geschätzter Energiebedarf erwarten lässt [13].

Der vorliegende Beitrag präsentiert Ergebnisse über die phänotypischen und genetischen Beziehungen zwischen den Merkmalen TMA sowie REA und der Gesundheit in den deutschen Milchrinderpopulationen der Rassen Deutsche Holstein und Fleckvieh. Der Fokus der Auswertungen liegt auf der Frühlaktation. Der ES, der die Differenz zwischen Energieaufnahme und Energiebedarf darstellt, wurde als weiteres Merkmal hinzugenommen, da er mit der REA stark positiv korreliert und dessen Zusammenhang mit der Gesundheit bereits aus Studien bekannt ist.

2 Material und Methoden

Für die Analysen standen Gesundheits- und Leistungsdaten von 1.370 Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein und von 287 Milchkühen der Rasse Fleckvieh zur Verfügung. Die Daten wurden in insgesamt 12 Versuchsbetrieben über einen Zeitraum von zwei Jahren erfasst.

Die vom Betriebspersonal oder Tierärzten erfassten Gesundheitsdaten wurden in Anlehnung an den Zentralen Tiergesundheitsschlüssel Rind standardisiert und zu folgenden acht Erkrankungskomplexen zusammengefasst: Mastitis, weitere Erkrankungen des Euters, Erkrankungen der Klauen und Gliedmaßen, Stoffwechselstörungen, Fortpflanzungsstörungen, Erkrankungen der Atmungsorgane, Verdauungsstörungen und sonstige Erkrankungen. Des Weiteren wurden alle Gesundheitsdaten in einem zusätzlichen Komplex namens Gesamterkrankungen zusammengefasst. Innerhalb Erkrankungskomplex wurden die Tage mit einer negativen Gesundheitsbeobachtung sowie anschließende Tage (erkrankungsspezifische Anzahl) als krank codiert. Alle anderen Tage galten als gesund. Folgende vier Erkrankungskomplexe wurden ausgewertet: Mastitis (**MAST**), Erkrankungen der Klauen und Gliedmaßen (**KLAU**), Stoffwechselstörungen (**META**) und Gesamterkrankungen (**GESAMT**). Mit Hilfe der Leistungsdaten wurden die Merkmale TMA, ES und zwei unterschiedliche REA (REA1, REA2) berechnet. Die REA1, REA2 und der ES lagen auf wöchentlicher Basis vor; alle anderen Merkmale auf täglicher Basis. Mit Ausnahme der META wurden alle Beobachtungen bis zum 305. Laktationstag berücksichtigt. Für die META endete der

Auswertungszeitraum am 76. Laktationstag für die Rasse Deutsche Holstein und am 62. Laktationstag für die Rasse Fleckvieh. Die Tab. 1 zeigt einen Überblick über die ausgewerteten Merkmale.

Die statistischen Analysen erfolgten mit den Programmpaketen SAS und DMU. Sowohl Schwellenwertmodelle als auch lineare Modelle wurden unter Berücksichtigung der jeweils relevanten Einflussgrößen genutzt. Dabei wurden die zufälligen Kuheffekte im Laktationsverlauf mit Hilfe etablierter Funktionen modelliert. Auf Basis der resultierenden Kuheffekte (tierbedingt oder Zuchtwert) wurden die Beziehungen zwischen den Merkmalen analysiert.

Tab. 1: Überblick über die ausgewerteten Merkmale

Rasse	Merkmal	Einheit	Anzahl Beobachtungen	krank (%)	\bar{x}	s
Deutsche Holstein	MAST		323.666	1,7		
	KLAU		323.666	3,7		
	META		118.311	3,1		
	GESAMT		323.666	7,2		
	TMA	kg/Tag	240.631		22,1	4,87
	ES	MJ NEL/Tag	31.735		2,8	29,35
	REA1	MJ NEL/Tag	29.995		0,0	19,93
	REA2	MJ NEL/Tag	28.681		0,0	19,95
Fleckvieh	MAST		105.183	1,1		
	KLAU		105.183	3,4		
	META		20.330	3,3		
	GESAMT		105.183	5,4		
	TMA	kg/Tag	103.082		20,2	3,95
	ES	MJ NEL/Tag	13.220		0,6	19,10

3 Ergebnisse

Der Anteil erkrankter Milchkühe je Laktationstag erreicht in fast allen Erkrankungskomplexen in den ersten 20 Laktationstagen seinen Höhepunkt. Alle Korrelationen zwischen der TMA und den vier Erkrankungskomplexen sind bei der Rasse Deutsche Holstein negativ (Abb. 1). Bei der Rasse Fleckvieh nehmen die Korrelationen zum Ende der Laktation positive Werte an (Abb. 2). Die negativsten Korrelationen sind in den ersten 20 Laktationstagen zwischen der TMA und den GESAMT zu finden. Die Korrelationen schwanken zwischen -0,31 und -0,27 für die Rasse Deutsche Holstein und zwischen -0,42 und -0,34 für die Rasse Fleckvieh.

Negative Korrelationen sind ebenfalls zwischen den GESAMT und der REA zu finden. Für REA1 liegen die Korrelationen zwischen -0,15 und -0,01. Für REA2 liegen sie zwischen -0,14 und 0,02 (Abb. 3). Die Gegenüberstellung der Milchkühe mit den höchsten bzw. niedrigsten Zuchtwerten im Merkmal REA1 in der Anzahl der erkrankten Tage bestätigt diesen Zusammenhang. Die Milchkühe mit den niedrigsten Zuchtwerten haben einen nahezu doppelt so hohen Anteil an erkrankten Tagen (Abb. 4).

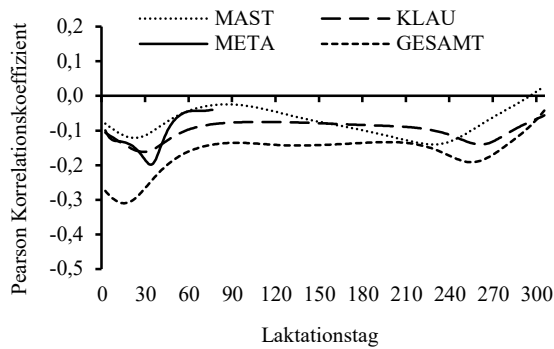


Abb. 1: Korrelation zwischen Kuheffekten für die Trockenmasseaufnahme und vier Erkrankungskomplexen im Laktationsverlauf für Milchkühe der Rasse Deutsche Holstein

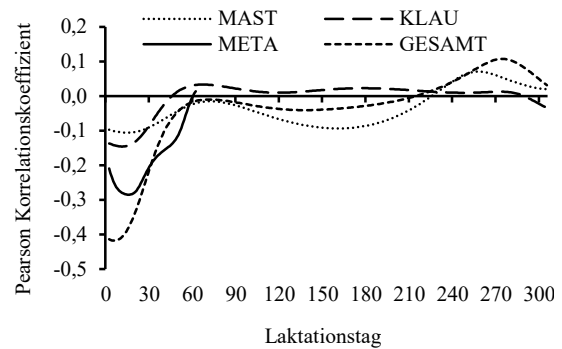


Abb. 2: Korrelation zwischen Kuheffekten für die Trockenmasseaufnahme und vier Erkrankungskomplexen im Laktationsverlauf für Milchkühe der Rasse Fleckvieh

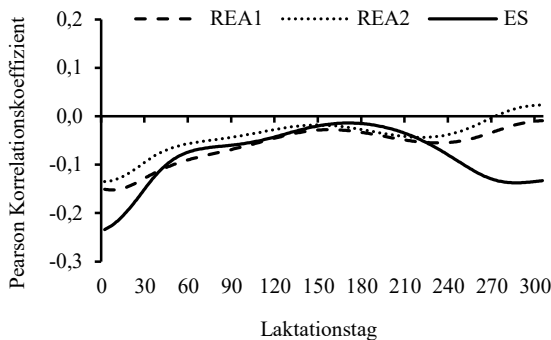


Abb. 3: Korrelation zwischen geschätzten Zuchtwerten für die Gesamterkrankungen und der Residualenergieaufnahme 1 (REA1), Residualenergieaufnahme 2 (REA2) sowie dem Energiesaldo (ES) im Laktationsverlauf für Milchkühe der Rasse Deutsche Holstein

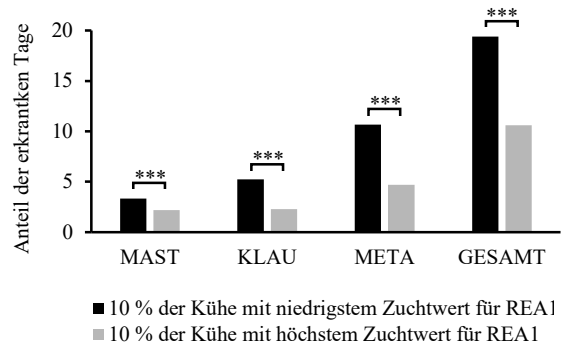


Abb. 4: Anteil der erkrankten Tage von vier Erkrankungskomplexen für die 10 % der Kühe mit niedrigstem und höchstem geschätztem Zuchtwert für die Residualenergieaufnahme 1 (REA1) innerhalb der ersten 50 Laktations-tage für Milchkühe der Rasse Deutsche Holstein (***) $P < 0,0001$

4 Schlussfolgerungen

Sowohl für das Merkmal TMA als auch für die REA zeigen sich negative Beziehungen zur Gesundheit, insbesondere in der Früh-laktation. Je geringer die TMA bzw. die REA einer Milchkuh ist, desto höher ist ihre Anfälligkeit für Erkrankungen. Als Ursache kann der negative Energiesaldo in der Früh-laktation angesehen werden. Es ist geplant, in Erweiterung zu den hier vorliegenden Auswertungen mit einer umfangreicheren Datengrundlage genetische Korrelationen zwischen der TMA bzw. dem ES und der Anfälligkeit für Erkrankungen im Laktationsverlauf zu schätzen. Bei der Bestätigung der hier dargestellten Beziehungen ist eine indirekte Selektion auf FE durch die Selektion auf geringere TMA in Frage zu stellen. Auch bei der im Moment favorisierten direkten Selektion auf FE durch eine Selektion

auf geringere REA sollte die negative Beziehung zur Gesundheit berücksichtigt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Zucht auf FE komplex ist. Ein möglicher Ansatz zur Lösung des Konfliktes zwischen verbesserter FE und Gesundheit könnte in einer Zucht auf FE in Abhängigkeit vom Laktationsstadium liegen. Unter anderem haben Harder et al. (2020) [14] gezeigt, dass die TMA im Verlauf der Laktation als unterschiedliche Merkmale betrachtet werden kann, weil die genetische Korrelation zwischen Früh- und Spätlaktation gering ist. Daher könnte auf eine höhere TMA in der Frühaktation und erst im weiteren Laktationsverlauf auf eine verbesserte FE selektiert werden. Somit könnte in der Frühaktation eine hohe Futteraufnahmekapazität erzielt werden, die eine wichtige Grundlage für gesunde Milchkühe darstellt. Schlussendlich hängt eine erfolgreiche Integration eines Merkmals für die FE in Zuchtprogramme aber von der Verfügbarkeit einer ausreichend großen Lernstichprobe mit routinemäßig tierindividuell gemessenen Futteraufnahmen ab, da die TMA eine entscheidende Größe für die Abschätzung der FE darstellt.

Dieser Betrag enthält bereits veröffentlichte Ergebnisse, daher können Sie weitere Informationen den folgenden Publikationen entnehmen:

Becker, V. A. E., Stamer, E., Thaller, G. (2021): Liability to diseases and their relation to dry matter intake and energy balance in German Holstein and Fleckvieh dairy cows. J. Dairy Sci. 104, 628-643.

Becker, V. A. E., Stamer, E., Spiekers, H., Thaller, G. (2021): Residual energy intake, energy balance, and liability to diseases: Genetic parameters and relationships in German Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 104, in press.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Sauvant, D. (2019): Modeling efficiency and robustness in ruminants: The nutritional point of view. *Anim. Front.* 9, 60-67.
- [2] VandeHaar, M. J., Armentano, L. E., Weigel, K., Spurlock, D. M., Tempelman, R. J., Veerkamp, R. (2016): Harnessing the genetics of the modern dairy cow to continue improvements in feed efficiency. *J. Dairy Sci.* 99, 4941-4954.
- [3] Van Arendonk, J. A. M., Nieuwhof, G. J., Vos, H., Korver, S. (1991): Genetic aspects of feed intake and efficiency in lactating dairy heifers. *Livest. Prod. Sci.* 29, 263-275.
- [4] Rauw, W. M., Gomez-Raya, L. (2015): Genotype by environment interaction and breeding for robustness in livestock. *Front. Genet.* 6, 310.
- [5] Agenäs, S., Burstedt, E., Holtenius, K. (2003): Effects of feeding intensity during the dry period. 1. Feed intake, body weight, and milk production. *J. Dairy Sci.* 86, 870-882.
- [6] Goff, J. P., Horst, R. L. (1997): Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J. Dairy Sci.* 80, 1260-1268.
- [7] Esposito, G., Irons, P. C., Webb, E. C., Chapwanya, A. (2014): Interactions between negative energy balance, metabolic diseases, uterine health and immune response in transition dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 144, 60-71.
- [8] Brito, L. F., Oliveira, H. R., Houlihan, K., Fonseca, P. A. S., Lam, S., Butty, A. M., Seymour, D. J., Vargas, G., Chud, T. C. S., Silva, F. F., Baes, C. F., Cánovas, A., Miglior, F., Schenkel, F. S. (2020): Genetic mechanisms underlying feed utilization and

implementation of genomic selection for improved feed efficiency in dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 100, 587-604.

[9] Egger-Danner, C., Cole, J. B., Pryce, J. E., Gengler, N., Heringstad, B., Bradley, A., Stock, K. F. (2015): Invited review: Overview of new traits and phenotyping strategies in dairy cattle with a focus on functional traits. *Animal* 9, 191-207.

[10] Kennedy, B. W., van der Werf, J. H. J., Meuwissen, T. H. E. (1993): Genetic and statistical properties of residual feed intake. *J. Anim. Sci.* 71, 3239-3250.

[11] Houlahan, K., Schenkel, F. S., Hailemariam, D., Lassen, J., Kargo, M., Cole, J. B., Connor, E. E., Wegmann, S., Junior, O., Miglior, F., Fleming, A., Chud, T. C. S., Baes, C. F. (2021): Effects of incorporating dry matter intake and residual feed intake into a selection index for dairy cattle using deterministic modeling. *Animals* 11, 1157.

[12] Hurley, A. M., López-Villalobos, N., McParland, S., Kennedy, E., Lewis, E., O'Donovan, M., Burke, J. L., Berry D. P. (2016): Inter-relationships among alternative definitions of feed efficiency in grazing lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 99, 468-479.

[13] Connor, E. E. (2015): Invited review: Improving feed efficiency in dairy production: Challenges and possibilities. *Animal* 9, 395-408.

[14] Harder, I., Stamer, E., Junge, W., Thaller, G. (2020): Estimation of genetic parameters and breeding values for feed intake and energy balance using pedigree relationships or single-step genomic evaluation in Holstein Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 103, 2498-2513.

Effizienz – züchterische Implementierung

G. Thaller und C. Schmidtman

Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Zusammenfassung

Merkmale der Effizienz rücken in der Milcherzeugung aufgrund möglicher Kosteneinsparungen, Verringerung des Ressourceneinsatzes und von Umweltwirkungen immer stärker in den Vordergrund. In der Gesamtsicht handelt es sich in vielerlei Hinsicht um ein komplexes Merkmal und es gilt die spezifischen Zusammenhänge vor einer züchterischen Implementierung zu betrachten. Merkmale der Futtereffizienz finden derzeit Eingang in die Zuchtziele verschiedener Länder. Dabei gilt es, auch gegenständliche Aspekte zur Gesundheit und Energieimbilanzen über die Laktation hinweg in die Überlegungen einzubeziehen. Erst mit der genomischen Selektion ist es möglich, die Futteraufnahme und –effizienz entsprechend züchterisch zu bearbeiten. Voraussetzung sind umfassende Lernstichproben mit umfangreichen Merkmalerhebungen, welche eine ganzheitliche und nachhaltige züchterische Verbesserung der Effizienz erlauben.

1 Einleitung

Die Milchrinderzucht in Deutschland ist auf einem hohen Niveau und ausgehend von Leistungsmerkmalen wurden auch in der Vergangenheit verstärkt funktionale Merkmale in die Zucht aufgenommen. Die Bearbeitung dieser meist niedrigerblichen Merkmale ist in vielerlei Hinsicht herausfordernd, insbesondere galt es, für klar definierte, wirtschaftlich relevante Merkmale eine populationsweite Erfassungslogistik zu etablieren. Der Kostendruck in der tierischen Erzeugung rückt Merkmale der Effizienz immer stärker in den Vordergrund. Diese können sehr vielschichtig sein, wie in einem weiteren Beitrag dieser Tagung umfangreich ausgeführt wird. Für alle Effizienzmerkmale ist eine Grundvoraussetzung für eine züchterische Bearbeitung die Messung der individuellen Futteraufnahme (FA). Welche Erfassungssysteme dafür auch benutzt werden; der Datenumfang wird gegenüber den herkömmlichen Merkmalen aufgrund des hohen Aufwandes begrenzt sein. Erst die genomische Selektion ermöglicht züchterische Ansätze zur direkten populationsweiten Bearbeitung der Futtereffizienz. In den von der BLE geförderten Projekten *optiKuh* und *eMissionCow* wurden über Datenverbünde von Versuchsstationen Lernstichproben für die Entwicklung einer genomischen Zuchtwertschätzung und Klärung von damit verbunden Forschungsfragen etabliert. Im Folgenden sollen einige Aspekte für eine züchterische Implementierung zur Verbesserung der Futtereffizienz vorgestellt werden.

2 Ökonomische Gewichte und Zuchtziele

Die züchterische Bearbeitung von direkten Merkmalen der Futtereffizienz wird aktuell in vielen Zuchtprogrammen für Milchrinder angestrebt. Sobald die Schätzung sicherer Zuchtwerte für Futtereffizienz möglich ist, gilt es zu klären, wie und mit welcher Gewichtung diese Merkmale in ein bestehendes Zuchtziel integriert werden sollen.

Die Erstellung eines Gesamtzuchtwertes sollte nach dem Prinzip der Gewinnmaximierung erfolgen. Hierbei wird für jedes Merkmal ein ökonomisches Gewicht berechnet, welches als Grenznutzen definiert ist, der mit einer marginalen Merkmalsänderung einhergeht. Das ökonomische Gewicht von Futtereffizienzmerkmalen ist im Wesentlichen durch die Futterkosten bestimmt. In der Literatur lassen sich marginale ökonomische Gewichte von 0,16 bis 0,19 €/kg Trockenmasse für das Merkmal FA finden (Hietala et al., 2014; Stephansen et al., 2018; Richardson et al., 2019). Damit entsprechen die ökonomischen Gewichte in etwa den angenommenen Futterpreisen in den angeführten Studien. Wird die FA als direktes Merkmal im Zuchtziel aufgenommen, ist eine Anpassung der ökonomischen Gewichte der Produktionsmerkmale nötig, um eine Doppelberücksichtigung von Futterkosten zu vermeiden (Pryce et al., 2014). Die Merkmalsgewichtung von Futtereffizienz im Gesamtzuchtwert wird von gegebenen Produktionsbedingungen bestimmt. Es hat sich gezeigt, dass insbesondere das Verhältnis von Milchpreis zu Futterkosten einen großen Einfluss auf die optimale Zuchtzielgewichtung hat. Sinkende Milcherlöse und steigende Futterpreise haben zur Folge, dass sich die relative Bedeutung von Effizienzmerkmalen im Zuchtziel zugunsten dieser Merkmale verschiebt (Hietala et al., 2014).

In der praktischen Milchrinderzucht lassen sich unterschiedliche Ansätze zur Implementierung von Futtereffizienzmerkmalen in Zuchtzielen finden. Im US-amerikanischen Net Merit Index werden Zuchtwerte für die Merkmale Körpergewicht und Restfutteraufnahme kombiniert und mit einer relativen Gewichtung von 13% berücksichtigt, um futtereffizientere Tiere zu selektieren (VanRaden et al., 2021). Im niederländischen Index NVI für die Rasse Holstein Friesian nehmen direkte Futtereffizienzmerkmale eine relative Gewichtung von 5% ein (De Jong et al., 2019). In den skandinavischen Ländern Dänemark, Finnland und Schweden wird der sogenannte ‚Saved feed‘ – Zuchtwert ausgewiesen, eine Kombination aus genomischen Zuchtwerten für die Restfutteraufnahme sowie für Exterieurmerkmale und Lebendmasse. Der ‚Saved feed‘ – Zuchtwert ist aktuell mit einer geringen Gewichtung von 3% im Nordic Total Merit Index berücksichtigt (NTM Report, 2020). Es bleibt festzuhalten, dass in vielen Selektionsindizes neben direkten Futtereffizienzmerkmalen auch indirekte Merkmale wie Körpermaße und Lebendmasse einbezogen werden, um auf einen geringeren Erhaltungsbedarf der Tiere zu selektieren und somit den Futterverbrauch zu senken.

Eine Herausforderung bei der Aufnahme von Futtereffizienzmerkmalen in das Zuchtziel stellen korrelative Beziehungen zu anderen Zuchtzielmerkmalen dar. In der Literatur sind Hinweise zu finden, dass die Zucht auf Futtereffizienz negative Folgen für die Gesundheit und Fruchtbarkeit der Tiere haben kann (Pryce et al., 2014; VandeHaar et al., 2015; Becker et al., 2021). Mögliche negative genetische Korrelationen zwischen der Futtereffizienz und funktionalen Merkmalen müssen daher bei der Implementierung von Effizienzmerkmalen in das Zuchtziel berücksichtigt werden.

Weiterhin sollte der erwartete Selektionserfolg sowie die langfristigen Folgen einer direkten Selektion auf Futtereffizienzmerkmale abgeschätzt werden. Eine aktuelle Simulationsstudie zeigt, dass nach 10 Generationen direkter Selektion auf Futtereffizienz ein kumulierter Selektionserfolg von 0.52 kg Trockenmasse pro Kuh und Tag im Merkmal FA erwartet werden kann. Auf eine Laktation bezogen entspricht dies einer Futtereinsparung von 158 kg Trockenmasse je Tier (Houlahan et al., 2021). Die Studie zeigt jedoch auch, dass die direkte Zucht auf Futtereffizienz langfristig den Selektionserfolg in funktionalen Merkmalen beeinträchtigen kann. Es bleibt festzuhalten, dass die Implementierung von Merkmalen zur Futtereffizienz in das Zuchtziel herausfordernd ist, um langfristig unerwünschte korrelierte Selektionseffekte zu vermeiden.

3 Spezifische Aspekte der züchterischen Umsetzung

Für die Futtereffizienz im Kontext der Milchproduktion gibt es verschiedene Betrachtungsebenen, die in der Gesamtsicht einbezogen werden müssen. Sie kann auf das Produktionssystem, den Betrieb oder aber auf das Einzeltier bezogen werden. Hier soll vorwiegend auf die züchterischen Möglichkeiten und den aktuellen Produktionsbedingungen eingegangen werden, langfristig ist aber davon auszugehen, dass im Zusammenhang mit der Nahrungskonkurrenz Milcherzeugungssysteme stärker auf Futtermittel basierend auf Grünland oder Nebenprodukte der Nahrungsmittelproduktion ausgerichtet sein werden. Im Weiteren sollte es das Ziel sein, die Effizienz über das gesamte Leben einer Milchkuh zu betrachten, konkret sollten alle erzielten Einnahmen den getätigten Kosten gegenübergestellt werden. Hier spielen neben der Gesamterlöse durch den Verkauf von Milch und Fleisch auch die Aufzucht, die Nutzungsdauer und die Gesundheitskosten eine Rolle. Eine Reihe dieser Merkmale finden sich im gegenwärtigen Zuchtziel wieder, nicht in allen Fällen sind die genetischen Korrelationen zueinander und zur Futtereffizienz präzise bekannt.

Bezogen auf die laktierende Kuh stellt die Energieversorgung im Laktationsverlauf eine besondere Herausforderung dar. Die bisherige Leistungssteigerung hat unzweifelhaft über die relative Verringerung des Erhaltungsaufwandes zu einer Verbesserung der gesamten Futterkonvertierungseffizienz innerhalb einer Laktation geführt. Allerdings können die hohen Energiebedarfe zu Beginn der Laktation nicht mehr durch die FA gedeckt werden, was zur Einschmelzung von Körperreserven mit negativen Effekten auf die Gesundheit führt. Die Reserven werden zu Ende der Laktation wieder aufgebaut, insgesamt sind diese Stoffwechselprozesse energetisch kostspielig.

Laktationstag	10	40	70	100	130	160	190	220	250	280	310
40	0,85										
70	0,60	0,93									
100	0,44	0,83	0,97								
130	0,34	0,74	0,92	0,98							
160	0,28	0,65	0,83	0,92	0,98						
190	0,24	0,56	0,73	0,84	0,93	0,98					
220	0,22	0,49	0,65	0,76	0,87	0,95	0,99				
250	0,21	0,46	0,61	0,73	0,84	0,92	0,98	1,00			
280	0,20	0,47	0,64	0,75	0,84	0,92	0,96	0,98	0,99		
310	0,18	0,51	0,69	0,80	0,87	0,92	0,93	0,94	0,95	0,98	
340	0,14	0,54	0,74	0,83	0,87	0,87	0,85	0,83	0,84	0,90	0,97

Abb. 1: Genetische Korrelationen für das Merkmal Futteraufnahme zwischen Laktationstagen.

Da es sich dabei einerseits um katabole, andererseits um anabole Prozesse handelt, stellt sich die Frage, ob die FA über die Laktation hinweg entsprechend angepasst werden kann. In Abbildung 1 sind genetische Korrelationen für die FA über verschiedene Laktationsabschnitte dargestellt. Es zeigt sich erwartungsgemäß, dass in kürzeren Abständen hohe Korrelationen geschätzt wurden aber auch, dass die FA zu Beginn in der kritischen Phase nur gering bis mittel mit der FA der zweiten Laktationshälfte korreliert ist. Diese Zusammenhänge würden es erlauben, Tiere zu selektieren, deren FA adäquat auf die jeweiligen

Bedarfe angepasst sind. Verläufe von Zuchtwertkurven solcher Tiere sind in der Abbildung 2 skizziert.

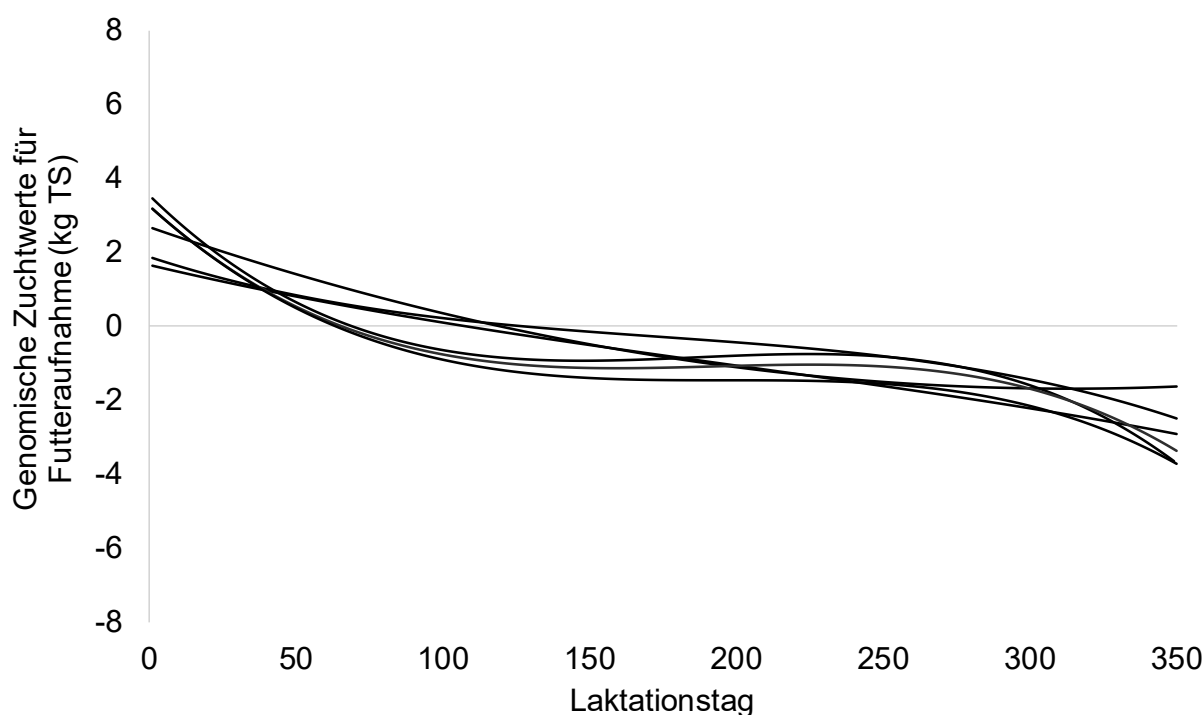


Abb. 2: Zuchtwertkurven von ausgewählten Kühen mit einer hohen ($gZW > 1\text{kg/Tag}$) Futteraufnahme für die Tage 1-75 und einer niedrigen Futteraufnahme ($gZW < -1\text{kg/Tag}$) für die Tage 250-325.

4 Schlussfolgerungen

Die in den letzten Jahren vom BMEL geförderten Projekten ermöglichten detaillierte Untersuchungen zur Futteraufnahme und der Futtereffizienz bei der Milchkuh. Es wurden aufwändige Lernstichproben erstellt und darauf basierend wichtige Erkenntnisse der genetischen Zusammenhänge von Futteraufnahme, -effizienz und Gesundheitsmerkmalen über die gesamte Laktation erzielt. Es gilt nun, die Lernstichproben zu erweitern, um nützliche Sicherheiten für den praktischen Einsatz in der Zucht sicherzustellen. Dabei sollten auch innovative technische Verfahren und Zusammenarbeiten über Ländergrenzen hinweg in Erwägung gezogen werden. Die Einbeziehung der Futtereffizienz in Zuchtprogramme ist ob der skizzierten Aspekte herausfordernd, trägt aber zur Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz der Tierhaltung sowie zur Wettbewerbsfähigkeit der Zuchtunternehmen bei.

5 Literaturverzeichnis

- Becker, V.A.E.; Stamer, E.; Spiekers, H.; Thaller, G. (2021): Residual energy intake, energy balance, and liability to diseases: Genetic parameters and relationships in German Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 104
- De Jong, G.; Bouwmeester-Vosman, J.; van der Linde, C.; de Haas, Y.; Schopen, G.C.B.; Veerkamp, R.F. (2019): Feed intake genetic evaluation: progress and an index for saved feed cost. *INTERBULL BULLETIN NO.* 55
- Hietala, P.; Wolfová, M.; Wolf, J.; Kantanen, J.; Juga, J. (2014): Economic values of production and functional traits, including residual feed intake, in Finnish milk production. *Journal of Dairy Science* 97:1092-1106
- Houlihan, K.; Schenkel, F.S.; Hailemariam, D.; Lassen, J.; Kargos, M.; Cole, J.B.; Connor, E.; Wegmann, S.; Junior, O.; Miglior, F.; Fleming, A.; Chud, T.; Baes, C.F. (2021): Effects of incorporating dry matter intake and residual feed intake into a selection index for dairy cattle using deterministic modelling. *Animals* 11:1157
- NTM Report (2020): Review of Nordic Total Merit Index, Full Report. <https://www.nordicebv.info/wp-content/uploads/2018/11/2018.11.06-NTM-2018-report-Full.pdf>
- Pryce, J.E.; Wales, W.J.; de Haas, Y.; Veerkamp, R.F.; Hayes, B.J. (2014): Genomic selection for feed efficiency in dairy cattle. *Animal* 8:1-10
- Richardson, C.M.; Baes, C.F.; Amer, P.R.; Quinton, C.; Martin, P.; Osborne, V.R.; Pryce, J.E.; Miglior, F. (2019): Determining the economic value of daily dry matter intake and associated methane emissions in dairy cattle. *Animal* 14:171-179
- Stephansen, R.; Lassen, J.; Ettema, J.; Kargo, M. (2018): The economic value of saved feed in dairy breeding goals. 69th EAAP Conference, Dubrovnik.
- VandeHaar, M.J.; Armentano, L.E.; Weigel, K.; Spurlock, D.M.; Tempelman, R.J.; Veerkamp, R. (2016): Harnessing the genetics of the modern dairy cow to continue improvements in feed efficiency. *Journal of Dairy Science* 99:4941-4954
- VanRaden, P.; Cole, J.B.; Neupane, M.; Toghiani, S.; Gaddis, K.L.; Tempelman, R.J. (2021): Net merit as a measure of lifetime profit: 2021 revision. https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/80420530/Publications/ARR/nmcalc-2021_ARR-NM8.pdf

Unterschiede im Futteraufwand je Kilogramm Milch zwischen einzelnen Kühen.

O. Poppinga

Kasseler Institut für ländliche Entwicklung e.V., rondopopp@t-online.de

1 Einleitung

In der Auswertung des optiKuh-Versuchs in Haus Riswick wurde auch ein Vergleich mit einem Fütterungsversuch vorgenommen, der gut drei Jahrzehnte zuvor am gleichen Ort, mit der gleichen Rinderrasse (Deutsche Holsteins sbt), mit der gleichen Fütterungsmethode für Grobfutter (freie Aufnahme) und ebenfalls mit unterschiedlichen Mengen an Kraftfutter durchgeführt worden war (Dissertation Baum, 1984).

Wichtige Beobachtungen (jeweils über die Versuchsgruppen hinweg) waren:

- Die Milchleistung (in FCM) der Kühe erhöhte sich um gut 8 kg / Tag.
- Die Gesamtfutteraufnahme stieg um 7-8 kg Trockenmasse (40-50 MJ NEL) / Kuh und Tag.
- Die Lebendmasse nahm zu um gut 50 kg / Kuh.

Trotz dieser deutlichen Veränderungen bei Milchleistung, Gesamtfutteraufnahme und Lebendmasse lag der **Futtermittelverbrauch je kg Milch** in beiden Versuchen zwischen 5,2 bis 5,6 MJ NEL und damit sehr dicht beisammen. Daraus wurde die Aussage abgeleitet:

„Die Energieeffizienz (MJ NEL / kg Milch) ist eine konstante Größe, sie blieb in den letzten drei Jahrzehnten unverändert.“

Diese Aussage überrascht, weil für die Fachrichtungen Tierzucht und Tierernährung der Futteraufwand je kg Milch bzw. die Futtermittel-effizienz schon sehr früh wichtige Themen in der Forschung waren. So wurde beispielsweise in Mariensee (Prof. Huth, 1953) nach Zusammenhängen zwischen Futtermittel-effizienz einerseits, Gewichtsveränderung und Gesamtfutteraufnahme der Kühe andererseits gefragt.

Auch sind die Kosten der Fütterung für die Wirtschaftlichkeit der Milchviehhaltung immer von großer Bedeutung und ebenfalls sehr früh Gegenstand von Untersuchungen gewesen.

2 Material und Methoden

Die leitende Fragestellung der folgenden Auswertung ist:

Gilt das, was in der Auswertung des optiKuh-Versuchs in Haus Riswick für die ganze Herde festgestellt wurde, auch für die einzelnen Kühe?

Die Verantwortlichen der OPTI-Kuh-Versuche in Haus Riswick, in Aulendorf und in Grub ermöglichten eine Sekundärauswertung ihrer Versuchsergebnisse.

Dafür sei herzlich Danke gesagt, das ist alles andere als eine Selbstverständlichkeit!

Als erster Schritt wurde - da es sich bei Anlage der optiKuh-Versuche ja um die Steigerung des Kraftfutteranteils bei zwei unterschiedlichen Grundfutterqualitäten handelt - nach der Wirkung der erhöhten Kraftfutterzuteilung auf die Milchleistung gefragt.

Haus Riswick (Deutsche Holstein)

Grobfutter mit 6,1 MJ NEL; Steigerung des KF-Anteils von 150 auf 250 g/ kg ECM
1: 0,58 kg ECM

Grobfutter mit 6,5 MJ NEL; Steigerung des KF-Anteils von 150 auf 250 g/kg ECM
1: 0,66 kg ECM

Grub (Fleckvieh)

Grobfutter mit 6,1 MJ NEL; Steigerung des KF-Anteils von 150 auf 250g/kg ECM
1: 0,24 kg ECM

Grobfutter mit 6,5 MJ NEL; Steigerung des KF-Anteils von 150 auf 250g/kg ECM
1: 0,34 kg ECM

Aulendorf (Fleckvieh)

Grobfutter mit 6,5 MJ NEL; Steigerung des KF-Anteils von 150 auf 250g/ kg ECM
1: - 0,15 kg ECM

3 Ergebnisse und Diskussion

Die sehr geringe Steigerung der Milchleistung bei Erhöhung des Anteils des Kraftfutters im Gesamtfutter um 100 g/ kg Milch könnte, mit der im Vergleich zu Praxisbetrieben gleichbleibenden Grobfutterqualität und dessen Energiegehalt zusammenhängen. Zum Vergleich: in der bundesweit repräsentativen Studie PRAERI lagen in Nord- und Ostdeutschland 64 % der Grassilagen <6,2 MJNEL (im Süden waren es 52 %). Zudem hatten in allen Regionen etwa 50 % aller Grassilagen einen Rohaschegehalt > 10 % (Hoedemaker et al, 2020)

Im Unterschied zur Auswertung der optiKuh-Versuche wurden für die folgende Untersuchung des Futteraufwandes je kg Milch (bzw. der Futtereffizienz) nur jene Kühe ausgewertet, die für mindestens 420 Tage am Versuch teilgenommen hatten. Das erschien notwendig vor allem wegen der Zusammenhänge zwischen Lebendgewichte und Laktationsstadium.

In Riswick waren es 34, in Grub 37 und in Aulendorf 35 Kühe.

Aufgrund der Fragestellung der Untersuchung ist die Auswertungsmethode eine deskriptive. Im Einzelnen wurde gefragt nach Zusammenhängen zwischen dem Futteraufwand je kg Milch und

- dem Lebendgewicht
- der Milchleistung
- dem Gesamtfutteraufwand (T)
- der Gesamtenergie im Futter (MJ NEL)
- dem Gesamtzuchtwert (nur Grub und Aulendorf)

Dabei zeigte sich, dass beim Gesamtfuttermittelverbrauch, bei der Gesamtenergie im Futter und beim Gesamtzuchtwert keine interpretierbaren Zusammenhänge sichtbar wurden. Auf die Darstellung wird deshalb im Folgenden verzichtet.

Zusammenhänge wurden sichtbar:

1. Futtermittelverbrauch je kg Milch

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Tieren sind sehr groß, als Beispiel Haus Riswick (Tabelle 1).

Tab. 1: Die Unterschiede Futtermittelverbrauch am Beispiel Haus Riswick

Futtermittelverbrauch je Kuh	an Trockenmasse kg TM / kg ECM	an Gesamtenergie kg MJ NEL / kg ECM
Mittelwert	0,84	5,66
Min	0,60	4,15
Max	1,01	6,78

Die Mittelwerte bei den FV-Kühen in Aulendorf stimmten mit denen der Deutschen Holsteins in Riswick sehr gut überein. Bei den Fleckviehkühen in Grub waren die Werte mit 0,73 kg TM bzw. 4,78 MJ NEL dagegen sehr deutlich niedriger.

Zieht man zusätzlich auch noch veröffentlichte Daten des optiKuh-Versuchs in Iden (Deutsche Holstein sbt) zu denen der Deutschen Holsteins in Riswick heran, so werden bei gleichem (bzw. ähnlichem Versuchsprogramm) ebenfalls sehr große Unterschiede trotz gleicher Rinderrasse sichtbar. (Über die Gründe für die Unterschiede zwischen den Forschungsstationen kann nichts ausgesagt werden.) Es ist deshalb angesagt, die Auswertung für jede Versuchsstation gesondert durchzuführen. Im Gegensatz zu den Mittelwerten lagen bei allen drei Versuchen, in denen die Werte für die einzelnen Tiere ausgewertet werden konnten, die Werte für Minimum und Maximum im Futtermittelverbrauch je kg Milch um 30- 39 % auseinander.

2. Zusammenhang Futtermittelverbrauch je kg Milch (in MJ NEL) und Lebendgewicht

In allen drei Versuchsstationen waren die Kühe, die einen geringen Futtermittelverbrauch je kg Milch hatten, die leichteren Kühe (leichter als der Durchschnitt). Die Kühe in der Übersicht (Tabelle 2) wurden „rangiert“ nach Höhe des Futtermittelverbrauches in MJ NEL/kg Milch. Beispiel diesmal Grub:

Tab. 2: Zusammenhang Futtermittelverbrauch und Lebendgewicht

Lebendgewicht in kg	Mittelwert aller Kühe	20% der Kühe – niedriger Aufwand	20% der Kühe – hö- herer Aufwand
Mittelwert	778	741	809
Min	611	753	753
Max	870	795	868

Der Zusammenhang „unterdurchschnittlicher Futterverbrauch je kg Milch“ und „Lebendgewicht“ ist sehr ausgeprägt und deutlich, allerdings nur für die jeweils ersten 5-7 Kühe; danach können die Werte durchaus „springen“.

3. Zusammenhang Futteraufwand je kg Milch (in MJ NEL) und Milchleistung

Sowohl bei den Deutschen Holstein sbt wie bei den Fleckviehkühen in Aulendorf gibt es sehr deutliche Zusammenhänge. Kühe, die einen niedrigen Futterverbrauch je kg Milch haben, sind zugleich Kühe mit einer überdurchschnittlichen Milchleistung. Beispiel diesmal Aulendorf (Tabelle 3).

Tab. 3: Zusammenhang Futteraufwand und Milchleistung

Milch in kg ECM / Tag	Mittelwert aller Kühe	20% der Kühe – niedriger Aufwand	20% der Kühe – höherer Aufwand
Mittelwert	24,9	28,4	19,7
Min	16,2	24,4	16,2
Max	31,7	31,7	22,1

Im Gegensatz zu Haus Riswick und Aulendorf sind die Beziehungen in Grub weniger deutlich. Da verteilen sich die Kühe mit überdurchschnittlicher Milchleistung -rangiert nach dem Futteraufwand je kg Milch- auf die oberen zwei Drittel der Kühe.

4 Ausblick

Die Auswertung der Fütterungsversuche mit den gut 90 Kühen der Rassen Fleckvieh und Deutsche Holsteins in drei Forschungsstationen führt zu den folgenden Beobachtungen:

- Die Erhöhung des Kraftfutteranteils im Gesamtfutter von 150 g /kg Milch auf 250 g/kg Milch hat nur eine geringe Steigerung der Milchleistung zur Folge (zwischen 1 kg KF:0 kg ECM(Aulendorf) und 1kg KF:0,6 kg ECM (Haus Riswick))
- Der Futteraufwand je kg Milch zeigt bei den einzelnen Kühen große Unterschiede (Unterschiede Min und Max zwischen 30- 39 Prozent).
- Kühe mit einem geringeren Futterverbrauch je kg Milch sind eher die leichteren Kühe, die zugleich eine über dem Durchschnitt liegende Milchleistung haben.

Ob und in welcher Art daraus Konsequenzen für die Zucht gezogen werden können sollte abhängig davon gemacht werden, ob eine leichtere Kuh, die gleichwohl eine gute Milchleistung hat, sich auch in ihren gesundheitlichen Merkmalen verbessert.

Die gläserne Kuh – Nutzung von Pansenboli und Wiederkauhalsbändern – Evaluierung zweier Sensorsysteme

S. Pfanzelt, T. Ettle, A. Obermaier, H. Spiekers

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Poing-Grub

Zusammenfassung

Die Genauigkeit von Sensoren, im speziellen die Pansenboli der Firma smaXtec® und die Transponderhalsbänder Heatime® Pro von SCR by Allflex, wurde von der LfL auf dem Versuchsbetrieb der Bayerischen Staatsgüter (BaySG) in Grub geprüft. Bei einem Vergleich von jeweils 2 zeitgleich in Kühe eingegebenen Pansen-Boli wichen 21,1 % der Boli-Paare um mehr als 0,2 pH-Wert-Einheiten voneinander ab. Die Temperatur im Pansen wurde von den Sensoren entsprechend genau erfasst. Die eingesetzten Halsbänder zeigten die unterschiedlichen Wiederkauaktivitäten sowohl zwischen laktierenden und trockenstehenden Tieren als auch innerhalb der einzelnen Fütterungsgruppen auf.

1 Einleitung

Der Einsatz von Sensoren bei Milchkühen bietet eine vielversprechende Grundlage im Bereich der Früherkennung von Krankheiten. Gerade bei Betrieben mit zunehmender Herdengröße wird die Gesundheitsüberwachung und Tierkontrolle stets aufwendiger und arbeitsintensiver. Sensoren wie die smaXtec® Pansenboli und die Transponderhalsbänder Heatime® Pro von SCR by Allflex können eine Arbeitserleichterung bieten, da sie eine kontinuierliche und nicht-invasive Erfassung von Parametern [1] wie den pH-Wert im Pansen und die Wiederkauaktivität ermöglichen. Beide Parameter stehen in direktem Zusammenhang mit der Futteraufnahme und liefern Hinweise für die Rationskontrolle [2]. Bei einer subakuten Pansenazidose (SARA) wird der Pansen pH-Wert über einen längeren Zeitraum unterschritten. Dies kann durch eine unzureichende Gabe bzw. Aufnahme an strukturwirksamen Futter hervorgerufen werden [3]. Durch eine frühzeitige Erkennung des absinkenden pH-Wertes im Pansen, können rechtzeitig geeignete Gegenmaßnahmen ergriffen und die Tiergesundheit gewährleistet werden.

2 Material und Methoden

Im Rahmen des Projektes eMissionCow wurden an der LfL in Grub Pansenboli (*Modell SX-1042A, smaXtec*) und Transponderhalsbänder (*Heatime Pro, SCR by Allflex*) unter anderem zur Erfassung des reticuloruminalen pH-Wertes und der Wiederkauaktivität eingesetzt. Im Verbundprojekt optiKuh wurden Pansenboli der Firma smaXtec® bereits angewendet. Die nachfolgende Generation der Boli mit erweiterter Messdauer sollte nun zur Evaluierung der Messgenauigkeit genauer betrachtet werden. Die statistischen Auswertungen erfolgten mit dem Statistikprogramm-Paket SAS.

Es wurden insgesamt 21 Kühe mit Boli ausgestattet, wobei 19 Kühe je zwei Boli erhielten. Ein Tier ging frühzeitig aus dem Versuch ab und hatte zu diesem Zeitpunkt bereits einen Bolus erhalten. Der zweite vorgesehene Bolus wurde einem nachgerückten Tier eingegeben. Für die Auswertung wurden daher nur 19 Kühe mit zwei Boli betrachtet.

Der Pansenbolus erfasst Daten zum pH-Wert, Temperatur und Aktivität. Die vom Hersteller garantierte Messdauer des Pansen pH-Wertes liegt bei 150 Tagen ab Eingabe. Um eine möglichst breite Abdeckung der Phasen in der Laktation (Laktation – Trockenstehzeit – Vorbereitungsfütterung – Laktation) erreichen zu können, wurde den Tieren jeweils 125 Tage a.p. der erste Bolus - mit einem entsprechenden Applikator verabreicht. Im Vorfeld erfolgte eine erfolgreiche Aktivierung und Initialisierung in einer beiliegenden Pufferlösung. Der zweite Bolus wurde nach dem gleichen Schema direkt nach der Kalbung eingegeben. Dadurch konnte eine parallele Messdauer von ± 25 Tagen (Abb. 1) mit paarigen Messwerten alle 10 Minuten erzielt werden.

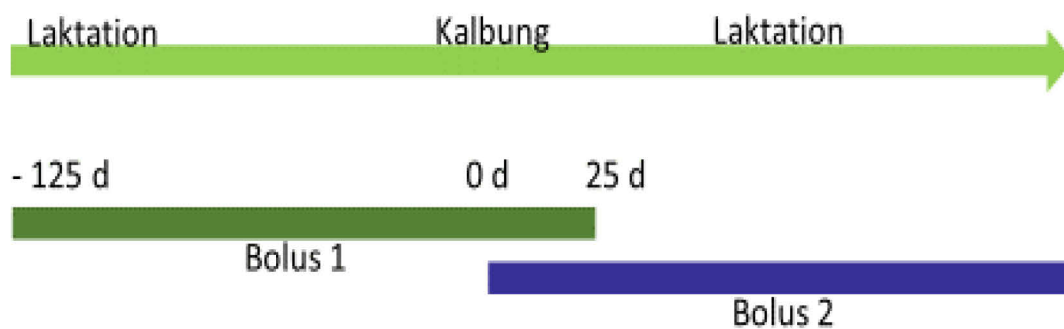


Abb. 1: Zeitliches Eingabeschema der Pansen-Boli im Versuch

Zur Erfassung der Wiederkauaktivität und des Fressverhaltens wurde die gesamte Gruber Melkroboter-Herde mit Transponderhalsbändern der Firma SCR by Allflex ausgestattet. Neben der Wiederkaudauer wurden hierbei auch Daten zur Aktivität aufgezeichnet. Die Erhebung dieser Werte erfolgte in einem zeitlichen Rahmen alle zwei Stunden.

Der Transponder soll laut Hersteller hinter dem linken Ohr des Tieres platziert werden, um eine möglichst präzise Datenerfassung zu gewährleisten. Um dies sicher zu stellen, befindet sich zusätzlich ein Gewicht im unteren Bereich des Halsbandes.

3 Ergebnisse und Diskussion

Pansen pH-Wert Boli

Die in Grub eingesetzten Pansenboli wiesen bei allen zuerst eingegebenen Boli (= Boli 1) im Mittel einen pH-Wert von 6,34 bei einer Standardabweichung von $\pm 0,29$ auf. Im Vergleich dazu lieferten Boli 2, gemittelt über alle Tiere, einen pH-Wert von 6,31 bei einer Standardabweichung von $\pm 0,32$. Vom Hersteller wird beim pH-Wert eine Messgenauigkeit von $\pm 0,2$ bis Tag 90 bzw. $\pm 0,4$ bis Tag 150 nach Eingabe garantiert. In Tabelle 1 wird der Anteil der Boli-Paare gegliedert in Messunterschiede von 0,1 bis 0,5 dargestellt. Von den verwendeten Boli-Paaren erreichten 94,7 % den Toleranzwert von $\pm 0,2$. Allerdings wiesen rund 21 % der Paare eine Differenz von mehr als 2 pH-Werteinheiten auf. Dieser Wert liegt zwar niedriger als in der Untersuchung von Jilg et al- (2018), die bei 37 % von 27 verglichenen Bolus-Paare Differenzen von mehr als 0,2 pH-Wert-Einheiten feststellten. Allerdings ist immer noch fraglich, ob diese Abweichungen für wissenschaftliche Untersuchungen zum Pansen-pH-Wert tolerabel sind.

Tab.1: Messgenauigkeit pH-Wert der Boli-Paare; Verteilung der Messergebnisse für die Abstände der pH-Werte zwischen den Boli innerhalb Kuh

Abstand im pH-Wert	Häufigkeit der Paare n	Anteil Paare %
0,1	9	47,4
0,2	6	31,6
0,3	1	5,3
0,4	2	10,5
0,5	1	5,3

Die relative garantierte Messgenauigkeit der Temperatur liegt bei $39^{\circ} \text{C} \pm 0,05^{\circ} \text{C}$. Die gemessenen Temperaturen in $^{\circ} \text{C}$, gemittelt über alle Tiere, lagen bei Boli 1 bei $38,87^{\circ} \text{C} \pm 1,24^{\circ} \text{C}$ und bei Boli 2 bei $38,86^{\circ} \text{C} \pm 1,25^{\circ} \text{C}$.

Durch Aufnahme der Variable Temperatur Bolus 2 in die Regressionsgleichung, beim Vergleich der Änderung der stündlichen Temperatur gemessen von Bolus 1 und Bolus 2, konnten 95,2 % der Fehlervarianz von Temperatur Bolus 1 erklärt werden.

Im Weiteren wurde die stündliche Veränderung der pH-Werte aller Tiere von Bolus 1 und Bolus 2 gemessen und genauer betrachtet. Zugrunde gelegt wurden 12.388 Beobachtungen. Lediglich 25,3 % der Fehlervarianz von dhPH1 konnten erklärt werden. Dieser Wert liegt erheblich niedriger als in den Untersuchungen von Jilg et al. (2018).

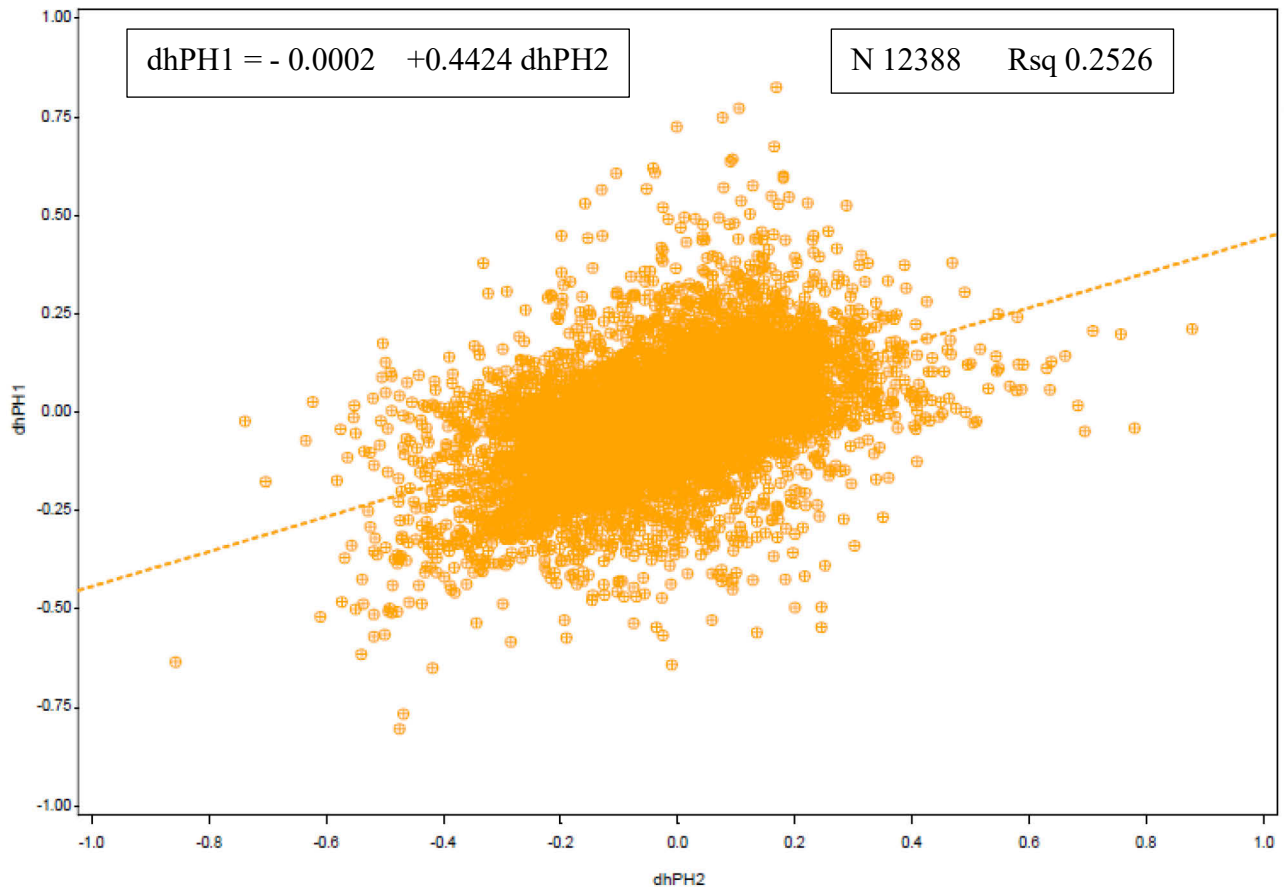


Abb. 2: pH-Stundenveränderung Beziehung Bolus1 und Bolus 2

Weiterhin wurde der mittlere pH-Wert von Bolus 1 vor dem Trockenstellen mit dem mittleren pH-Wert von Bolus 2 nach dem Trockenstellen verglichen. Mit Werten von $6,35 \pm 0,20$ und $6,33 \pm 0,22$ ist kaum ein Einfluss des Rationswechsels zwischen der Zeit vor und nach der Kalbung festzustellen.

Wiederkauaktivität ermittelt über Transponderhalsbänder

In Tabelle 2 ist das tägliche Gesamtwiederkauen in Minuten dargestellt, aufgeteilt in die Gruppen Laktierende und Trockensteher. Im Durchschnitt liegt die tägliche Wiederkaudauer der Gruber AMS-Herde bei 540 min. Die Wiederkaudauer der Trockensteher ist aufgrund höherer Anteile an strukturwirksamen Futter in der Ration gegenüber den Laktierenden erhöht.

Tab.2: Mittleres tägliches Wiederkauen in Minuten aufgeteilt in Gruppen

Gruppe	Gesamtwiederkauen in Minuten
Laktierende	514
Trockensteher	566

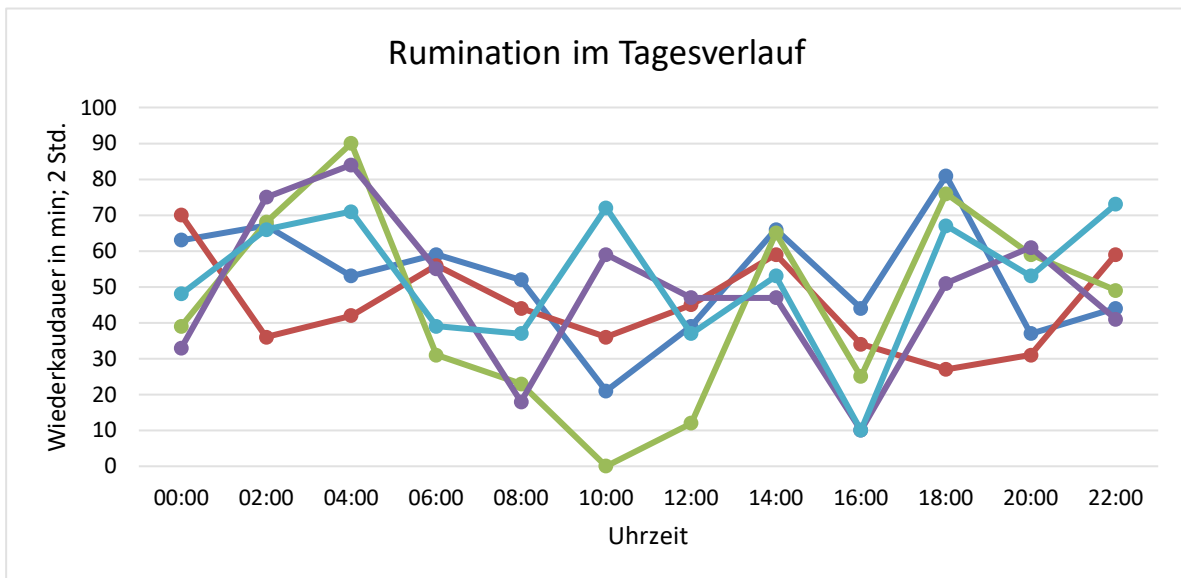


Abb. 3: Beispielhafte Rumination von 5 Kühen im Tagesverlauf

Betrachtet man die Wiederkauaktivität im Verlauf des Tages (Abb. 3) so wird deutlich, dass in den frühen Morgenstunden und zum Abend hin das Wiederkauen erhöht ist. Durch das eingebaute automatische Melksystem können die Kühe je nach Melkanrecht frei zum Melken gehen. In dieser Zeit ist das Wiederkauen reduziert. Dies erklärt auch die vorliegenden unterschiedlichen Tagesverläufe beim Vergleich mehrerer Kühe. Der einheitliche Einbruch gegen 16 Uhr lässt Rückschlüsse auf die Routinearbeiten im Stall durch das Stallpersonal zu.

4 Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Untersuchungen zeigten, dass bei 94,7 % der eingesetzten Boli-Paare die vom Hersteller angegebenen Toleranzwerte im Bereich pH-Wert eingehalten wurden. Für die Anwendung in der Praxis, für die insbesondere die Schwankungen bzw. Extrema des Pansen-pH-Wertes ausschlaggebend sind, mag die überprüfte Technik damit ausreichend sein. Die Aussagekraft der erfassten pH-Werte für wissenschaftliche Untersuchungen muss jedoch in Frage gestellt werden. In Hinblick auf die Messungen der Temperatur im Pansen lieferten die Boli zuverlässige Werte.

Die HeatimePro® Transponderhalsbänder eignen sich zur Messung und Erfassung der Wiederkauaktivität. Die Unterschiede in den Rationen von Laktierenden und Trockenstehern spiegeln sich in der Wiederkaudauer in Minuten wider.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Jilg, T., Gerster, E., Hertel-Böhnke, P., Pries, M. (2018): Nutzung von Sensoren – Datenüberblick, Erfahrungen und Ergebnisse. Abschlussveranstaltung optiKuh, Tagungsband, 133-139
- [2] Schneider, M., Obermaier, A., Edelmann, P., Ettle, T. (2016): Überprüfung von Nasenbandsensoren (RumiWatch) zur Erfassung von Wiederkauverhalten und Fressdauer bei Milchkühen. Forum angewandte Forschung, Fulda, VLK, Soest, Tagungsband, 35-38
- [3] Steingass, H., Zebeli, Q. (2008): Strukturbewertung von Rationen für Milchkühe. 35. Viehwirtschaftliche Fachtagung. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 19-25

Danksagung

Diese Untersuchung erfolgte im Rahmen des Projektes eMissionCow aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank (Frankfurt am Main, Deutschland). Hierfür möchten wir uns recht herzlich bedanken.

2.3 Themenblock II – Tiergesundheit / Tierwohl

Tiergesundheit in Milchkuhbetrieben – Zusammenhang zwischen Blutparametern und Erkrankungsrisiko unter Berücksichtigung des betriebseigenen Managements – Worauf kommt es wirklich an?

L. Eggers¹, U. Ligges², S. Brunner², M. Höltershinken³, E. Stamer⁴, M. Schmicke¹

¹ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Naturwissenschaftliche Fakultät III, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Tiergesundheitsmanagement, Theodor-Lieser-Straße 11, 06120 Halle

² TU Universität Dortmund, Fakultät Statistik, Vogelpothsweg 87, 44221 Dortmund

³ Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Klinik für Rinder, Bischofsholer Damm 15, 30539 Hannover

⁴ TiDa Tier und Daten GmbH, Bosseer Street 4c, 24259 Westensee-BruX

Zusammenfassung

Die im Verbundprojekt optiKuh gewonnenen, einmaligen Daten von 1714 Kühen zu Stoffwechselgesundheit und Tiergesundheit wurden im optiKuh2-Projekt umfangreich aufgearbeitet und ausgewertet. Dabei konnte ein erheblicher Einfluss der einzelnen Betriebe auf die individuelle Tiergesundheit und spezifische Biomarker festgestellt werden. Ziel war es außerdem aus den erfassten Zusammenhängen eine praxisorientierte Nutzungsmöglichkeit in Form einer anwenderfreundlichen App zu entwickeln. In der App wurde das im optiKuh2-Projekt entwickelte Biomarker-Modell zur Risikoeinschätzung von Produktionserkrankungen integriert. Das Modell (RuDI = Risiko- und Datenindex) zeigt besonders Kühe an, die ein erhöhtes Risiko haben an einer klinischen oder subklinischen Ketose zu erkranken oder eine Zyklusstörung wie Anöstrie, Zysten oder persistierende Gelbkörper zu entwickeln. Die Anwendung des Modells stellt eine Möglichkeit dar, wie tierwohlorientiertes Gesundheitsmonitoring auf Milchviehbetrieben zukünftig auch mit digitalen Möglichkeiten aussehen kann und kann sowohl von Landwirten als auch von Tierärzten genutzt werden.

1 Einleitung

Produktionskrankheiten sind gerade in der Transitperiode bei Milchkühen noch immer ein viel diskutiertes Problem. Beim Übergang von der späten Trächtigkeit in die frühe Laktation kommt es bei Kühen zur sogenannten negative Energiebilanz (NEB), da die Futtermittelaufnahme den Energiebedarf für die Milchproduktion zu diesem Zeitpunkt nicht deckt [1, 2]. Dadurch werden verschiedene, insbesondere hormonelle, Regulationsmechanismen in Gang gesetzt, um körpereigene Energiereserven zu mobilisieren. Dabei werden unveresterte Fettsäuren (NEFA) aus dem Fettgewebe freigesetzt [3]. Diese werden in der Leber entweder direkt zur Energiegewinnung genutzt oder in Form von Triglyceriden gespeichert. In einer Energiemangelsituation jedoch steht nicht genügend Oxalacetat für die Energieproduktion bereit, sodass stattdessen die Ketogenese einsetzt und Acetoacetat, Beta-Hydroxybutyrat (BHB) und Aceton produziert werden [4]. Aber nicht nur der reine Energiebedarf, sondern auch der Calcium (Ca)-Bedarf steigt mit der einsetzenden Milchproduktion plötzlich an. Hinzu

kommt, dass der Bedarf an Nährstoffen in den letzten Jahrzehnten durch genetische Selektion auf immer höhere Milchleistung gestiegen ist [5]. Jedoch scheint es, dass einigen Tieren die Stoffwechseladaptation in der Transitphase besser gelingt als anderen. Gerät das sensible System aus dem Gleichgewicht, kann es zu sogenannten Produktionserkrankungen wie Ketose, Hypocalcämie, Labmagenverlagerung und weiteren Folgeerkrankungen kommen [5]. Ziel dieser Arbeit war es mithilfe der vielseitigen, im optiKuh-Projekt erhobenen Daten herauszufinden, ob es Zusammenhänge zwischen Blutparametern und dem Erkrankungsrisiko von Milchkühen gibt. Dabei ist hervorzuheben, dass in diesem Projekt erstmals viele verschiedene Betriebe unter standardisierten Bedingungen zusammengearbeitet haben, unterschiedliche Rassen betrachtet wurden und die Tiere über einen sehr langen Beobachtungszeitraum hinweg gemonitort wurden.

2 Material und Methoden

Im optiKuh-Projekt wurden über einen Zeitraum von möglichst zwei Jahren Blutproben von 1714 Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein, Fleckvieh und Braunvieh von 12 verschiedenen Betrieben nach einem standardisierten Verfahren entnommen. Die Proben wurden mit der Genehmigung der zuständigen Behörden unter den Aktenzeichen A.z. 55.2-1-55-2532-170-2014 (Bayern), LAZ 1/14 (Baden-Württemberg), A.z. 23 177-07/G 15-20-040 (Rheinland-Pfalz) und V 244-7224.121-25 (Schleswig-Holstein) gewonnen. In den anderen Bundesländern wurden aufgrund des diagnostischen Charakters der Studie kein Aktenzeichen vergeben. Die Proben wurden an Tag -50 ante partum (a.p.), -14 a.p. sowie Tag 8 post partum (p.p.), 28 p.p. und 100 p.p. zwischen 8 und 11 Uhr aus der Vena jugularis gewonnen und aufbereitet. Anschließend wurden die Blutproben einheitlich an der Klinik für Rinder der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover analysiert. Die Parameter IGF-I und Insulin wurden von der AG Endokrinologie mit für die Tierart Rind validierten, kommerziellen Radioimmunoassays (Insulin: IRMA IM3210 und IGF-1: IRMA A15729, Beckman Coulter, Brea, CA) bestimmt [6]. Die Parameter BHB, NEFA, Ca und Glukose wurden nach einem etablierten Verfahren im klinischen Labor mit einem Cobas Mira Analysegerät (Hoffmann-La Roche, Basel, Schweiz) photometrisch bestimmt. Neben den Blutparametern wurden zusätzliche Daten und Informationen zu den Tieren aufgenommen (Gesundheitsstatus, Alter, Laktationsnummer, Abkalbung, Fütterungsdaten, Körperkondition). Die Daten wurden zentral bei der TiDa Tier und Daten GmbH gesammelt und verarbeitet [7]. Diese Daten wurden einer umfangreichen Plausibilitätsprüfung und Standardisierung unterzogen. Insgesamt wurden 492.541 Tagesbeobachtungen ausgewertet. Folgende zu untersuchende Produktionskrankheiten wurden definiert: Ketose, Hypocalcämie, Labmagenverlagerung, Nachgeburtsverhaltung, Metritis, Mastitis, Zyklusstörung. Bei einem BHB-Spiegel von $\geq 1,2$ mmol/L wurde eine Ketose diagnostiziert, sofern nicht bereits in den Daten vorhanden. Peripartale Ca-Spiegel $< 2,0$ mmol/l wurden als Hypocalcämie klassifiziert. Laktationen mit Beobachtungen von < 14 Tagen wurden entfernt. Braunvieh und Holstein-Rotbunt wurden wegen der geringen Tierzahl ($n=38$) von den Analysen ausgeschlossen. Darüber hinaus wurden alle Betriebe mit einem Fragebogen besucht, um betriebliche Besonderheiten zu erfassen und in die Bewertung mit einzubeziehen. Betrieb 7 und 10 wurden von der Analyse ausgeschlossen, da beide Betriebe im peripartalen Zeitraum keine Beobachtungen oder Blutproben erfassten (Betrieb 7: -71 a.p. bis +23 p.p.; Betrieb 10: -45 a.p. bis +20 p.p.). Wenn Blutproben nicht in einem akzeptierten Bereich (± 8 Tage um den angestrebten Zeitpunkt) entnommen wurden, wurden sie von der Statistik ausgeschlossen. Die statistische Auswertung wurde mit den Programmen R 4.0.5 (R Core Team, 2021) und GraphPad Prism 9.1.0 (GraphPad Software, 2021) durchgeführt. Für die Fragestellung nach Unterschieden zwischen den Tieren mit und ohne Produktionserkrankungen wurden die Blutwerte

gesunder bzw. erkrankter Tiere zu den verschiedenen Entnahmezeitpunkten mithilfe eines Mann-Whitney-U Tests verglichen. Das Signifikanzniveau betrug $P \leq 0,05$. Zusätzlich wurden die verschiedenen Produktionserkrankungen mit gemischter logistischer Regression (mit zufälligem Betriebseffekt) modelliert. Zur Vorhersage, ob eine Produktionskrankheit in der bevorstehenden Laktation zu erwarten ist, wurden verschiedene maschinelle Lernmethoden wie Random Forests, Support Vector Machine und Boosting durchgeführt und per Kreuzvalidierung nach Betrieb stratifiziert. Die Variablen wurden außerdem einzeln und betriebsübergreifend ausgewertet, um geeignete Vorhersage-Biomarker zu finden, die das Krankheitsrisiko unabhängig vom Betrieb vorhersagen können. Auf Basis der Variablen, die sich zwischen gesunden Kühen und Kühen, die eine Produktionskrankheit entwickeln, signifikant unterscheiden, wurde ein heuristisches Modell (RuDI = Risiko- und Datenindex) entwickelt, in dem folgende Variablen verwendet wurden: IGF-I, BHB, NEFA, Ca, Alter und Laktationsnummer. Das aus diesen Variablen erstellte Modell wurde auf den Versuchsbetrieben zum Zeitpunkt 8 ± 8 Tage p.p. getestet. (keine Produktionserkrankung = 472; Produktionserkrankung = 796 (Mastitis = 356, Metritis = 229, Hypocalcämie = 156; Ketose = 331; Labmagenverlagerung = 11; Nachgeburtshaltung = 67; Zyklusstörung = 281)). Außerdem wurde das Modell für Tag -14 ± 8 a.p. getestet (keine Produktionserkrankung = 426; Produktionserkrankung = 661). Zusätzlich wurden zwei Einzelvariablen (BHB und IGF-I) zum Vergleich getestet. Die Cut-off-Werte wurden mittels ROC-Analyse bestimmt. Sensitivität, Spezifität, Vorhersagewerte und Odds Ratios wurden dann unter Verwendung von Kontingenztabellen und dem Fisher's exact Test bestimmt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die teilnehmenden Betriebe waren nicht alle im gleichen Maß von Produktionserkrankungen betroffen (Abbildung 1). Mit Inzidenzen von unter 30% (Betrieb 9) bis über 80% (Betrieb 11 und 12) gab es hier deutliche Unterschiede.

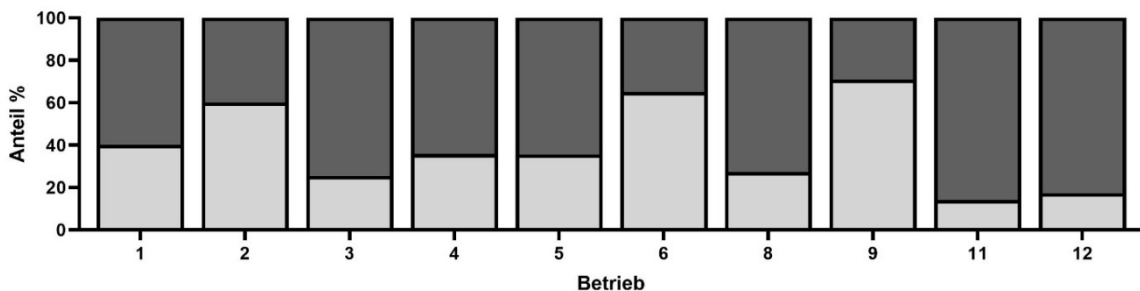


Abb. 1: Anteil von Laktationen mit mindestens einer (dunkelgrau) und ohne (hellgrau) Produktionserkrankung in % auf 10 verschiedenen Betrieben; bei Betrieb 4, 5 und 8 handelt es sich um Fleckvieh-Betriebe

Die erfasste Inzidenz von Produktionserkrankungen (Tabelle 1) zeigt mit im Mittel 62,5% aller aufgenommenen Laktationen eine ähnliche bis höhere Inzidenz wie in anderen Studien [8-10]. Auffällig waren die unterschiedlichen Erkrankungsmuster je nach Betrieb (Tabelle 1).

Tab. 1: Laktationsnummern (Mittelwert) und Inzidenz von Produktionserkrankungen pro Laktation auf 10 verschiedenen Betrieben

Betrieb	Laktationsnummer	Keine Produktionserkrankung in %	Produktionserkrankung in %	Mastitis in %	Metritis in %	Hypocalcämie in %	Ketose in %	Labmagenverlagerung in %	Nachgeburttsverhältnis in %	Zyklusstörungen in %
1	2.9	40.2	59.8	15.0	20.1	11.5	23.9	1.6	4.0	26.3
2*	3.0	60.0	40.0	20.0	2.5	17.5	15.0	0.0	5.0	0.0
3	2.9	25.4	74.6	37.0	33.9	41.8	23.8	1.1	0.0	21.7
4	3.0	35.7	64.3	35.7	9.6	2.6	18.3	0.9	4.3	27.0
5	3.2	35.5	64.5	12.9	15.1	5.4	30.1	0.0	14.0	29.0
6*	2.5	65.0	35.0	16.7	5.0	5.0	11.7	0.0	6.7	13.3
8	3.7	27.4	72.6	29.5	10.5	18.9	36.8	1.1	9.5	27.4
9*	3.4	70.9	29.1	17.7	0.0	2.5	11.4	0.0	0.0	1.3
11*	3.0	14.1	85.9	48.4	26.6	26.6	35.9	1.6	18.8	17.2
12	2.5	17.3	82.7	51.9	36.5	5.8	26.9	0.0	9.6	55.8
Mittelwert	3.0	37.5	62.5	25.6	18.4	15.5	23.9	0.9	5.6	23.4

* Beobachtung nur im ersten Laktationsdrittel (~ bis Laktationstag 100)

Die analysierten Blutparameter zeigten einen typischen Laktationsverlauf [11-15]. Der Verlauf der einzelnen Blutparameter bei gesunden Kühen ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2: Mittlere Blut-Konzentrationen und Standardabweichung der Parameter Beta-Hydroxybutyrat (BHB), unveresterte Fettsäuren (NEFA), Insulin, Insulinähnlicher Wachstumsfaktor-I (IGF-I), Glukose und Calcium (Ca) bei gesunden Kühen der Rassen Deutsch Holstein und Fleckvieh an Laktationstag -50 und -14 ante partum sowie Tag 8, 28 und 100 post partum

	-50 d	-14 d	8 d	28 d	100 d
BHB [mmol/L]	0.49 ± 0.19	0.40 ± 0.15	0.63 ± 0.37	0.56 ± 0.33	0.41 ± 0.16
NEFA [µmol/L]	198 ± 140	254 ± 187	775 ± 399	457 ± 316	217 ± 147
Insulin [mU/mL]	24.8 ± 16.8	28.6 ± 18.9	10.8 ± 8.9	13.7 ± 9.3	14.9 ± 10.3
IGF-I [ng/mL]	221 ± 94	218 ± 79	97 ± 68	124 ± 57	163 ± 54
Glukose [mmol/L]	3.6 ± 0.4	3.7 ± 0.5	3.2 ± 0.5	3.4 ± 0.4	3.5 ± 0.5
Ca [mmol/L]	2.5 ± 0.2	2.4 ± 0.2	2.4 ± 0.1	2.4 ± 0.1	2.5 ± 0.1

Kühe mit Produktionserkrankungen hatten an Tag 8 und 28±8 p.p. höhere BHB-Konzentrationen im Blut (P<0,0001) und außerdem höhere NEFA-Konzentrationen an Tag 28±8 p.p. (P<0,0001). Diese Tiere hatten auch geringere Ca- (P<0,0001; Tag 8±8 p.p.), Glukose- (P<0,0001; Tag 28±8 p.p.) und IGF-I (P<0,0001; Tag 8, 28 und 100±8 p.p.) -Konzentrationen. Nur 8,25% der Produktionserkrankungen können durch die fixen Effekte erklärt werden. Der Betriebseffekt erklärt hingegen mit 18,38% der Abweichungen viel

mehr als alle festen Effekte. Außerdem wurden Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von Produktionserkrankungen und Einzelparametern gefunden (Tabelle 3). In Verbindung mit einem zufälligen Betriebseffekt zeigten die Parameter Laktationsnummer, Insulin, NEFA, BHB und IGF-I den größten Einfluss ($P < 0.05$). Modellierungen mit einem festen Betriebseffekt zeigten einen großen Einfluss des Betriebes, z.B. Betrieb 9 (OR=0,131, $P < 0,0001$) und Betrieb 11 (OR=3,302, $P=0,0031$).

Tab. 3: Gemischte logistische Regression mit zufälligem Betriebseffekt

	Estimate	Odds ratio	Std. Error	z value	p value
(Intercept)	-2.0323	0.1310	1.4099	-1.4415	0.1494
Laktationsnummer	0.2789	1.3217	0.0465	5.9967	$2.0135 \cdot 10^{-9}$
BHB	1.2614	3.5305	0.5424	2.3257	0.0200
NEFA	0.0010	1.0010	0.0004	2.3310	0.0198
Insulin	0.0119	1.0120	0.0048	2.4991	0.0125
IGF-I	-0.0022	0.9978	0.0010	-2.0753	0.0380
Glukose	0.0323	1.0328	0.1681	0.1922	0.8476
Ca	0.4152	1.5147	0.5162	0.8043	0.4212

Kein Parameter zeigte sich als geeignet für jeden Betrieb. Die Suche nach Biomarkern zur Vorhersage von Produktionserkrankungen ist höchst betriebsindividuell.

Aus Parametern, die sich auf vielen Betrieben als vielversprechend zeigten, wurde ein heuristisches Modell entwickelt (Abbildung 2). Das Modell wurde für Tag -14 ± 8 a.p. und Tag 8 ± 8 p.p. getestet. Eine betriebs- und zeitpunktspezifische Auswertung der Eignung der einzelnen Biomarker für die Vorhersage von Produktionskrankheiten zeigte, dass sich der Zeitpunkt 8 ± 8 Tage p.p. am besten für eine Vorhersage eignet.

$$RuDI = \frac{\left(\frac{BHB}{0,6}\right)^{1,2} * \frac{NEFA}{600}}{\left(\frac{IGF}{100}\right)^{1,2} * \frac{Ca}{2}} + \frac{Alter * Laktationsnummer}{2,5}$$

Abb. 2: Heuristisches Modell RuDI (=Risiko- und Datenindex) zur Prädiktion von Produktionserkrankungen

Zum Vergleich des Modells wurden zwei Einzelparameter (BHB und IGF-I) getestet. Receiver Operator Characteristic (ROC)-Analysen (Abbildung 3) zeigten, dass RuDI, IGF-I und BHB AUC-Werte von $\geq 0,7$ nur am Tag 8 ± 8 p.p. aufwiesen (Ketose, Labmagenverdrängung, Mastitis, Metritis und Zyklusstörungen). Drei Erkrankungen wurden aufgrund der geringen Zahl von weiteren Berechnungen ausgeschlossen: Labmagenverlagerung (n=9), Mastitis (n=11), Metritis (n=9).

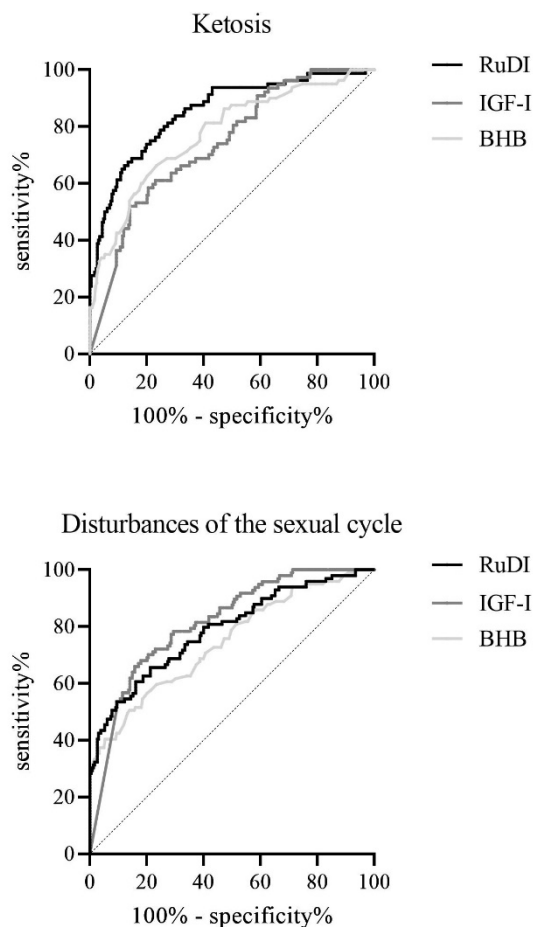


Abb. 3: Receiver Operator Characteristics (ROC) Kurvenanalysen für Sensitivität und Spezifität von Risiko- und Daten Index (RuDI), IGF-I und BHB für a) Ketose und b) Zyklusstörungen an Tag 8 ± 8 , AUC (Ketose/Zyklusstörungen) für RUDI: 0,8520 / 0,7877; IGF-I: 0,7395/0,8132; BHB: 0,7743 / 0,7452

Basierend auf diesen Ergebnissen wurden für RuDI, IGF-I und BHB gemeinsame Schwellenwerte (Cut-off) auf Kuh-Ebene zur Vorhersage von Ketose und Zyklusstörungen bestimmt (Tabelle 4). RuDI hat einen positiv prädiktiven Wert von 0,48 für Ketose und 0,49 für Zyklusstörungen, aber negative Vorhersagewerte von 0,92 für Ketose bzw. 0,84 für Zyklusstörungen. Das bedeutet, dass 92% der Kühe mit $RuDI \leq 6,7$ in der aktuellen Laktation keine klinische oder subklinische Ketose bekommen. Die anderen Kühe mit $RuDI > 6,7$ haben ein 11,3-fach höheres Risiko eine Ketose zu entwickeln und ein 4,8-fach höheres Risiko für Zyklusstörungen. Kühe mit einem $BHB \geq 0,69$ mmol/L haben ein 5-mal höheres Risiko eine Ketose zu entwickeln und ein 3,7-mal höheres Risiko für Zyklusstörungen. Kühe mit $IGF-I \leq 57$ ng/ml haben ein 8,9-fach höheres Risiko für Ketose und ein 8,2-fach höheres Risiko für Zyklusstörungen.

Tab. 4: Sensitivität, Spezifität und Cut-off von RuDI, IGF-I und BHB für die Prädiktion von Ketose und Zyklusstörungen an Tag 8 ± 8 p.p. an gesunden Kühen

Parameter	Cut off	Sensitivität %		Spezifität %	
		Ketose	Zyklusstörung	Ketose	Zyklusstörung
RuDI	≥ 6.7	83.8	68.7	70.0	68.7
IGF-I	≤ 57 ng/mL	63.6	77.3	71.4	70.9
BHB	≥ 0.69 mmol/L	68.8	60.6	71.2	72.8

Das entwickelte Modell wurde in eine App integriert, die sowohl Landwirten als auch Tierärzten direkt im Stall helfen kann Tiere mit einem erhöhten Erkrankungsrisiko zu identifizieren. Unter folgendem Link kann die App heruntergeladen werden:

<https://tiergesundheitsmanagement.landw.uni-halle.de>

Als Testdatensätze zum Ausprobieren finden Sie in Tabelle 5 jeweils zwei original Datensätze von Kühen mit erhöhtem Erkrankungsrisiko und zwei mit geringem Risiko aus den optiKuh-Daten.

Tab. 5: Testdatensätze für die optiKuh-App

Parameter	Erhöhtes Risiko		Geringes Risiko	
	Kuh 1	Kuh 2	Kuh 3	Kuh 4
BHB [mmol/L]	1.15	1	0.72	0.42
NEFA [μmol/L]	997	1625	212	423
IGF-I [ng/mL]	29	39.5	73.7	132
Ca [mmol/L]	2.54	2.17	2.43	2.44
Alter [Jahre]	3.6	7.2	4	2
Laktationsnummer	2	6	3	1

4 Schlussfolgerung

Die Studie zeigte, dass RuDI verwendet werden kann, um Kühe mit einem erhöhten Ketoserisiko zu identifizieren. RuDI zeigte die mit Abstand höchsten Odds Ratios und negativen Vorhersagewerte im Vergleich zu den getesteten Einzelparametern BHB und IGF-I bezüglich Ketoseerkrankungen. IGF-I war am besten geeignet, um das Risiko der Entwicklung von Zyklusstörungen abzuschätzen. Tiere mit einem erhöhten Erkrankungsrisiko sollten einer engmaschigen Gesundheitsüberwachung unterzogen werden. Dennoch werden große Unterschiede sichtbar, wenn es um die Vorhersage von Krankheiten auf verschiedenen Betrieben geht. Parameter, die als Prädiktionsbiomarker auf einem Betrieb funktionieren, funktionieren möglicherweise nicht für andere. Weitere Studien sind erforderlich, um den Betriebseffekt zu untersuchen. Zukünftig sollten weitere Biomarker gefunden werden, die bereits ante partum eine zuverlässige Vorhersage des Erkrankungsrisikos erlauben.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Drackley, J.K., *Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier?* Journal of dairy science, 1999. **82**(11): p. 2259-2273.
- [2] Gerloff, B.J., *Dry cow management for the prevention of ketosis and fatty liver in dairy cows.* Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 2000. **16**(2): p. 283-292.
- [3] Bell, A.W., *Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation.* Journal of animal science, 1995. **73**(9): p. 2804-2819.
- [4] Krebs, H., *The regulation of the release of ketone bodies by the liver.* Advances in enzyme regulation, 1966. **4**: p. 339-353.
- [5] Mulligan, F. and M. Doherty, *Production diseases of the transition cow.* The Veterinary Journal, 2008. **176**(1): p. 3-9.
- [6] Mense, K., et al., *The somatotrophic axis during the physiological estrus cycle in dairy heifers—Effect on hepatic expression of GHR and SOCS2.* Journal of dairy science, 2015. **98**(4): p. 2409-2418.
- [7] S. Karsten and E. Stamer, *Überbetriebliche Datenvernetzung in optiKuh.* Tagungsband zur Abschlussveranstaltung „Verbundprojekt optiKuh“ 30./31.01.2018. LfL Schriftenreihe 2/2018 2018: p. 92-95.
- [8] LeBlanc, S., *Monitoring metabolic health of dairy cattle in the transition period.* Journal of reproduction and Development, 2010. **56**(S): p. S29-S35.
- [9] Van Saun, R.J. *Metabolic profiling and health risk in transition cows.* in *American Association of Bovine Practitioners Proceedings of the Annual Conference.* 2004.
- [10] Rupprechter, G., et al., *Metabolic predictors of peri-partum diseases and their association with parity in dairy cows.* Research in veterinary science, 2018. **118**: p. 191-198.
- [11] McArt, J. and R. Neves, *Association of transient, persistent, or delayed subclinical hypocalcemia with early lactation disease, removal, and milk yield in Holstein cows.* Journal of dairy science, 2020. **103**(1): p. 690-701.
- [12] Schultz, L., *Management and nutritional aspects of ketosis.* Journal of dairy science, 1971. **54**(6): p. 962-973.
- [13] Kappel, L., et al., *Relationship between fertility and blood glucose and cholesterol concentrations in Holstein cows.* American Journal of Veterinary Research, 1984. **45**(12): p. 2607-2612.
- [14] Blum, J., *Physiologische Grundlagen hoher Milchleistung beim Rind.* Schweiz. Arch. Tierheilk, 1992. **134**: p. 213-229.
- [15] Rossow, N. and G. Bolduan, *Fettmobilisationssyndrom der Milchkuh.* Auf: <http://www.portal-rind.de/index.php>, 2003.

Fettsäuren im Rinderhaar – Zusammenhang zur Gesundheit

R. Wulf¹, N. Götz², L. Eggers², M. Schmicke², D. Dannenberger³, T. Ettle⁴,
U. Meyer⁵, U. Mohr⁶, G. A. Brockmann¹

¹ Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin

² Martin-Luther-Universität, Halle Wittenberg,

³ Forschungsinstitut für Nutztierbiologie (FBN), Dummerstorf

⁴ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Poing-Grub

⁵ Friedrich-Loeffler-Institut, Braunschweig

⁶ Landwirtschaftliche Lehranstalten (LLA), Triesdorf

Zusammenfassung

Eine ausreichende Energieverfügbarkeit in der Früh-laktation ist die Grundlage für gesunde, reproduktive und produktive Kühe. Für die Beurteilung der Stoffwechselstabilität zu Beginn der Laktation fehlen zuverlässige Parameter. In dieser Studie wurde untersucht, ob die Fettsäurezusammensetzung der Haare den Gesundheitsstatus der Kühe reflektiert. Dazu standen 86 Fleckvieh- und 36 Holstein-Kühe von drei Versuchsbetrieben zur Verfügung. Zur Bewertung des Gesundheitsstatus der Tiere wurden die Diagnosen in den Krankheitskomplexen Euter, Klauen, Fruchtbarkeit, Stoffwechsel, Parasitosen sowie Verdauungsstörung erfasst. Von allen Kühen wurde eine Haarprobe in der 4. Laktationswoche genommen und die Haare wurden auf die Fettsäurezusammensetzung untersucht. Die Tiere wurden in Abhängigkeit von den Krankheitsdiagnosen in der 1. und 2. Laktationswoche in Kühe ohne und mit Krankheitsdiagnosen gruppiert. In allen drei Betrieben konnte ein Effekt der Gruppierung auf den C18:2 n -6- und C18:3 n -3-Gehalt im Haar festgestellt werden. Krankheitsdiagnosen in der ersten und zweiten Laktationswoche waren mit geringeren C18:2 n -6- und C18:3 n -3-Gehalten im Haar aus Laktationswoche 4 verbunden. Die Fettsäuren C18:2 n -6 und C18:3 n -3 im Haar könnten nach einer Validierung in einem größeren Datensatz als ein objektiver Indikator zur Beurteilung des Gesundheitsstatus am Laktationsstart genutzt werden.

1 Einleitung

Eine ausreichende Energieverfügbarkeit in der Früh-laktation ist die Grundlage für gesunde, reproduktive und produktive Kühe. Speziell am Laktationsstart reicht die aufgenommene Futterenergie meist nicht aus, um den Energiebedarf für Erhaltung und Milchleistung zu decken. Die dadurch bedingte Mobilisierung der Körperfettreserven kann dazu führen, dass die Kühe erkranken. Für die Beurteilung der Stoffwechselstabilität zu Beginn der Laktation fehlen zuverlässige Parameter. Um die Tiergesundheit und damit das Tierwohl zu fördern, sind stoffwechselstabile Tiere wünschenswert.

Als einen Biomarker zur Beurteilung der Energieversorgung von früh-laktierenden Kühen schlagen wir die Fettsäurezusammensetzung der Kuhhaare vor [1, 2]. Haare sind ein nicht-invasiv zu gewinnendes Probenmaterial, das einfach bei -20°C gelagert werden kann. Es spiegelt den Stoffwechsel eines Individuums retrospektiv wider und ist unbeeinflusst von tageszeitlichen Schwankungen. Haarlipide enthalten verschiedene Fettsäuren, die aus der *de novo*-Synthese (C12:0, C14:0), der Biohydrierung im Pansen (iso C14:0), dem

Fettstoffwechsel (C16:0, C18:0, C18:1cis-9) oder der Futteraufnahme (C18:2n-6, C18:3n-3) stammen. Unsere vorherigen Untersuchungen haben gezeigt, dass die Gehalte an C12:0 und C14:0 in der 8. Laktationswoche in Haaren bei primiparen Deutsche Holstein-Kühen höher waren, die (1) eine gute Reproduktion und eine hohe Milchproteinproduktion aufwiesen und (2) eine hohe Energieversorgung hatten [1, 2]. In den bisherigen Studien wurde der Gesundheitsstatus der Tiere nicht berücksichtigt.

Unklar war, ob der Gesundheitsstatus der Kuh am Laktationsstart einen Einfluss auf die Fettsäurezusammensetzung im Haar hat. Deswegen wurde in Kooperation mit den beiden Projekten ‚optiKuh‘ und ‚optiKuh2‘ untersucht, ob Beziehungen zwischen der Fettsäurezusammensetzung im Haar und dem Gesundheitsstatus über Betriebe und Rassen hinweg existieren.

2 Material und Methoden

Für diese Untersuchung standen 86 Fleckvieh- (44 Tiere in Betrieb 1, 42 Tiere in Betrieb 2) und 36 Deutsche Holstein- (Betrieb 3) Kühe zur Verfügung. Die Tiere befanden sich in der 1. bis 9. Laktation. Alle drei Betriebe waren mit Fütterungssystemen zur Messung der individuellen Futteraufnahme ausgestattet. Die Fütterung variierte in zwei Stufen der Energiekonzentration des Grobfutters (6,1 und 6,5 MJ NEL/kg TM) und in zwei Stufen der Kraftfuttermenge (150 und 250 g/kg ECM). Von allen Kühen wurde bauchseitig hinter dem linken Vorderbein eine Haarprobe in der 4. Laktationswoche genommen. Die Haarlipide wurden aus 200 mg gereinigten und pulverisierten Haar mit einem Fettsäureextraktionskit extrahiert und anschließend methyliert. Die Fettsäuremethylester wurden mittels Gaschromatographie detektiert und analysiert [3]. Zur Bewertung des Gesundheitsstatus der Tiere wurden Diagnosen in den Krankheitskomplexen Euter (Mastitis, Zitzenverletzung), Klauen (aseptische & septische Erkrankung), Fruchtbarkeit (Metritis, Nachgeburtsverhalten), Stoffwechsel (Hypocalcämie, Ketose), Parasitosen, Verdauungsstörung sowie sonstige Erkrankungen (Festliegen, Fieber) erfasst.

Zur statistischen Auswertung wurde das Programm R 4.0.2 (R Development Core Team, 2005) verwendet. Aufgrund der geringen Stichprobengröße lag das Signifikanzniveau bei $P \leq 0,15$. Um den Zusammenhang zwischen dem Gesundheitsstatus und der Fettsäurezusammensetzung der Haare zu untersuchen, wurden die Kühe anhand der Diagnosen in zwei Gruppen geteilt: (1) Kühe ohne Krankheitsdiagnose und (2) Kühe mit Krankheitsdiagnosen. Haare spiegeln den Stoffwechsel 2 bis 3 Wochen rückwirkend wider, daher wurde die Gruppeneinteilung jeweils wochenspezifisch für die 1. und 2. Laktationswoche vorgenommen. Zur Berechnung des Effekts der Gruppierung wurde in einem linearen Modell mit den weiteren fixen Effekten der Fütterung und Laktationsnummer gerechnet. Wenn der Effekt der Gruppierung signifikant war, wurde ein Mittelwertvergleich mittels t Test durchgeführt. Weil im Versuchsdesign der Einfluss von Rasse und Betrieb statistisch nicht getrennt werden konnte, wurden die Analysen betriebsspezifisch durchgeführt. Im nachfolgenden werden nur Fettsäuren präsentiert, die in allen drei Betrieben signifikante Ergebnisse zeigten.

3 Ergebnisse und Diskussion

Ziel der Studie war es zu untersuchen, ob die Fettsäurezusammensetzung der Haare der 4. Laktationswoche und der Gesundheitsstatus der Tiere in der 1. und 2. Laktationswoche in Beziehung stehen. Insgesamt wurden in der 1. Laktationswoche 77 und in der 2. Laktationswoche 34 Krankheitsdiagnosen gestellt. In Betrieb 1 konnte die Gruppierung nur in

Laktationswoche 1 vorgenommen werden, weil in Laktationswoche 2 keine Diagnose erfasst wurde (Tab. 1). In den Betrieben 2 und 3 konnten in Laktationswoche 1 und 2 die Gruppierungen vorgenommen werden.

Tab. 1: Anzahl Tiere in den Gruppen Kühe ohne und mit Krankheitsdiagnose in den Laktationswochen 1 und 2 in den Betrieben 1, 2 und 3

Betrieb	Rasse	Laktationswoche			
		1		2	
		Diagnose		Diagnose	
		ohne	mit	ohne	mit
1	Fleckvieh	37	7	44	-
2	Fleckvieh	27	15	28	14
3	Holstein	11	25	21	15

In allen Betrieben konnte ein Effekt der Gruppierung auf den C18:2n-6- und C18:3n-3-Gehalt festgestellt werden ($P \leq 0,15$). In den Fleckvieh-Betrieben 1 und 2 hatten die Kühe ohne Krankheitsdiagnose in Laktationswoche 1 einen höheren C18:3n-3-Gehalt im Haar der Laktationswoche 4 als Kühe mit Krankheitsdiagnosen ($P \leq 0,09$) (Abb. 1 + 2). Weiterhin hatten Kühe ohne Krankheitsdiagnose im Betrieb 1 einen höheren C18:2n-6-Gehalt ($P=0.02$).

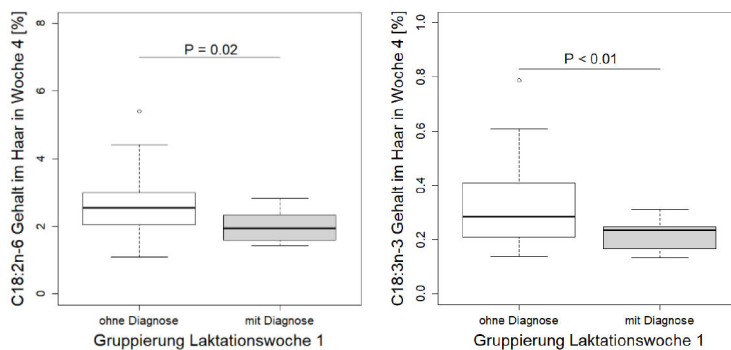


Abb. 1: C18:2n-6 und C18:3n-3 Gehalte im Haar aus Laktationswoche 4 für Kühe ($n=37$) ohne und mit ($n=7$) Krankheitsdiagnose in der 1. Laktationswoche in Fleckvieh-Betrieb 1

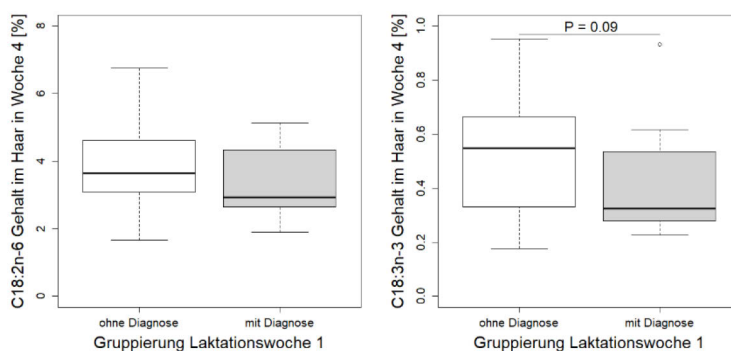


Abb. 2: C18:2n-6 und C18:3n-3 Gehalte im Haar aus Laktationswoche 4 für Kühe ohne ($n=27$) und mit ($n=15$) Krankheitsdiagnose in der 1. Laktationswoche in Fleckvieh-Betrieb 2

Im Holstein-Betrieb 3 konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppierungen in Laktationswoche 1 festgestellt werden. Kühe ohne Krankheitsdiagnose in Laktationswoche 2 hatten jedoch einen höheren C18:2n-6- und C18:3n-3-Gehalt im Haar der Laktationswoche 4 als Kühe mit Krankheiten ($P \leq 0,15$) (Abb. 3).

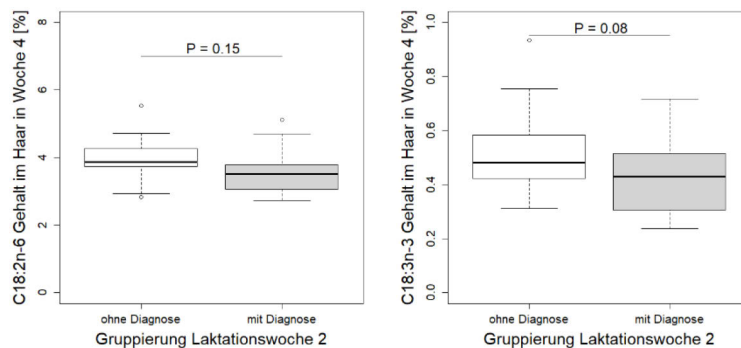


Abb. 3: C18:2n-6 und C18:3n-3 Gehalte im Haar aus Laktationswoche 4 für Kühe ohne ($n=21$) und mit ($n=15$) Krankheitsdiagnose in der 2. Laktationswoche im Holstein-Betrieb 3

4 Schlussfolgerungen

Krankheitsdiagnosen in der ersten und zweiten Laktationswoche sind mit einem geringeren C18:2n-6- und C18:3n-3-Gehalt im Haar sowohl bei Fleckvieh- als auch Holstein-Kühen verbunden. Die Fettsäuren C18:2n-6 und C18:3n-3 im Haar könnten somit als ein objektiver Indikator zur Beurteilung des Gesundheitsstatus am Laktationsstart genutzt werden. Jedoch sind die Ergebnisse aufgeschlüsselt nach den Krankheitskomplexen an einem größeren Datensatz zu validieren.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Möller R, Nürnberg K, Schmitt A und Brockmann G 2013. Relationship between hair fatty acid profile, reproduction, and milk performance in Holstein Friesian cows. *J Anim Sci* 91, 1669-1676.
- [2] Möller R, Dannenberger D, Nürnberg G, Strucken EM und Brockmann GA 2019a. Relationship between the fatty acid profile of hair and energy availability of lactating primiparous cows. *J Dairy Res* 86, 77-84.
- [3] Möller R, Nürnberg G, Albrecht E, Ruth W, Brockmann GA und Dannenberger D 2019b. A Method for Analyzing Fatty Acids in Cattle Hair, with Special Emphasis on Lauric Acid and Myristic Acid. *Eur J Lipid Sci Technol* 121, 1900143.

Diese Studie ist Teil des Projekts "Optimierung der Fettsäureanalyse im Rinderhaar als Marker für die Energieversorgung und das Tierwohl zur Verbesserung ihrer Anwendbarkeit beim Milchrind" und wurde aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank gefördert.

Tiergesundheit und Effizienz gleich Tierwohl?

U. Knierim

Fachgebiet Nutztierethologie und Tierhaltung, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Universität Kassel, uknierim@uni-kassel.de

Zusammenfassung

Eine einseitige Fokussierung auf eine Steigerung der Ressourceneffizienz beim Milchrind birgt Risiken für das Tierwohl (das physische und mentale Befinden des Tieres). Das bezieht sich auf Gesundheitsrisiken, ebenso wie auf Spannungsfelder mit verschiedenen tierwohlfördernden Bedingungen, wie Weidegang oder kraftfutterarme Fütterung, und auf den Umgang mit den männlichen Nachkommen. Abgesehen von der wichtigen Frage, innerhalb welcher Systemgrenzen Ressourceneffizienz bestimmt wird, liegen synergistische Potentiale mit dem Tierschutz vor allem in der Effizienzsteigerung durch angepasstere Fütterung und verbessertes Tiergesundheitsmanagement. In anderen Fällen kann die Berücksichtigung des Tierwohls dazu führen, sich nicht für die ressourceneffizienteste Praxis zu entscheiden und einen Ausgleich über andere Maßnahmen, wie eine Reduzierung der Tierzahlen, zu erzielen. Auf Grundlage der ethisch begründeten Frage, was der Mensch dem Nutztier zumuten darf, sollte es das Ziel sein, Gesamtlösungen und Optimierungen zu finden, die sowohl Umweltbelastungen minimieren als auch das Nutztier als empfindungsfähiges Lebewesen mit eigenen Bedürfnissen respektieren.

1 Einleitung

In der Diskussion darum, wie die Landwirtschaft nachhaltiger werden kann, spielt die zukünftige Ausgestaltung und das Ausmaß der Nutztierhaltung eine große Rolle, da diese einerseits ökonomisch besonders bedeutsam ist und sie andererseits vielfältige Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit hat [1]. Vordringlich werden Möglichkeiten einer Verringerung der Klimawirkungen diskutiert, da die Tierhaltung neben der Düngung zu den größten Emittenten von Treibhausgasen in der Landwirtschaft zählt, woran die Methanproduktion der Wiederkäuer einen großen Anteil hat [1]. Eine zentrale Maßnahme zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen aus der Tierhaltung ist, neben der weltweiten Verringerung der Haustierbestände, die Steigerung der Ressourceneffizienz [2]. Allerdings ist zu überprüfen, inwieweit Zielkonflikte mit anderen wichtigen Schutzzielen, z.B. in Bezug auf die Biodiversität oder das Tierwohl, bestehen und wie damit umzugehen ist. Im Zusammenhang mit dem Tierwohl geht es im Grundsatz um ethische Fragen, die ebenfalls Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Produktion haben, schon allein, weil die gesellschaftliche Akzeptanz bestimmter Produktionspraktiken über rechtliche Vorschriften, Gerichtsurteile, Einsprüche gegen Stallbauten oder veränderte Produktnachfrage erheblichen Einfluss auf die Zukunftsfähigkeit der Praktiken nehmen kann und schon nimmt [3, 4]. Hier soll nun kurz beleuchtet werden, welche Bezüge zwischen Ressourceneffizienz und Tierwohl bestehen und inwieweit die Tiergesundheit ein vermittelnder Aspekt sein kann. Effizienz und Tiergesundheit werden in den weiteren Workshop-Beiträgen ausführlich beleuchtet. Aber vor der Untersuchung ihrer Beziehungen zum Tierwohl erscheint es

zunächst nötig, den aktuellen wissenschaftlichen Stand zu Tierwohlkonzepten und Tierwohlbewertung sehr grob zusammengefasst darzulegen.

2 Was bedeutet Tierwohl?

In früheren Jahren war kein deutsches Wort gebräuchlich, das unmittelbar dem englischen Begriff Animal Welfare entsprach [5]. Im englischsprachigen konzeptionellen Diskurs war die Übereinkunft erzielt worden, dass Animal Welfare den Zustand des Tieres bezeichnet und zwar in Bezug darauf, wie es mit seiner Umwelt zurechtkommt und welche Emotionen es dabei erlebt [4]. Der Begriff Tierschutz bezieht sich dagegen auf menschliche Aktivitäten, mit denen ein bestimmtes „Animal Welfare“ Level erreicht oder gesichert wird. Das kann mittels rechtlicher Vorgaben erfolgen, aber auch durch andere Aktivitäten, wie die freiwillige Verbesserung der Tierhaltung [1]. Die Begriffe Tiergerechtigkeit oder auch Artgerechtigkeit wiederum beschreiben die Eigenschaften der Haltungsumwelt in Bezug darauf, wie es dem Tier oder den Tieren wahrscheinlich darin gehen wird [6]. Erst mit dem Aufkommen des Begriffes Tierwohl stand ein deutscher Begriff zur Verfügung, der sich unmittelbar auf das körperliche und mentale Befinden des Tieres [7] bezieht. Leider waren und sind damit aber häufig auch Missverständnisse verbunden. Die positiven Assoziationen, die der Begriff hervorruft, reiben sich mit dem wissenschaftlichen Verständnis, dass Tierwohl hinsichtlich seiner Ausprägung von sehr niedrig bis sehr hoch qualifiziert werden muss [8]. Aus diesem Verständnis heraus bezeichnet Tierwohl mitnichten etwas Anspruchsvolleres als zum Beispiel Tierschutz und kann es auch keine „tierwohlgerechte“ Haltung geben, denn Tierwohl ist zunächst ein neutrales Kriterium (wie Gesundheit). Soll ausgedrückt werden, dass eine Verbesserung des Tierwohls erreicht wird, wäre eher von tierwohlfördernder Haltung zu sprechen.

3 Was fließt in die Bewertung des Tierwohls ein?

Wie bei der Gesundheit wird Tierwohl durch sehr viele verschiedene Aspekte oder Dimensionen konstituiert. Allein das stellt eine Herausforderung für eine umfassende Erfassung des Phänomens dar. In vielen Tierwohl-Definitionen wird versucht, diese Multidimensionalität durch Bildung entsprechender Kategorien handhabbarer zu machen. Ein weithin bekanntes Beispiel sind die „Five Freedoms“, nach denen überprüft werden kann, inwieweit die Tiere frei sind (1) von Hunger, Fehlernährung, Durst, (2) von Furcht, starkem Stress, (3) von Hitzestress, körperlichen Belastungen, (4) von Schmerzen, Verletzungen, Krankheiten und (5) Normalverhalten auszuführen. Auf diese nimmt unter anderem auch die OIE [7] Bezug. Welche Aspekte des Tierwohls in eine Tierwohlbewertung einfließen, hängt von der jeweiligen Fragestellung ab, z.B. ob es um die Beurteilung konkreter Tierwohlprobleme geht oder darum, wie weit generell negative Zustände abwesend sind, wie sie in den ersten vier der „Five Freedoms“ genannt sind, oder auch darum, wie häufig positive Emotionen [9] erlebt werden. Transparenz über die einbezogenen Aspekte ist sehr wichtig, da eine vollständige Erfassung sämtlicher Tierwohlaspekte schlicht nicht möglich ist, aber allein die Messgrößenauswahl das Ergebnis stark beeinflussen kann. Dies gilt in gleicher Weise für die herangezogenen biologischen Grundlagen für die Interpretation der Ergebnisse als Indikatoren für die Befindlichkeit der Tiere und für die Referenzen und Werturteile, die der schlussendlichen Ergebnisbewertung zugrunde gelegt wurden [10].

4 Welche Zusammenhänge bestehen zwischen Ressourceneffizienz und Tierwohl?

Bedenken, dass eine Steigerung der Ressourceneffizienz aufgrund gesteigerter Milchleistung zu einer Verminderung des Tierwohls führen kann, setzen an drei Hypothesen an: (1) Höher leistende Tiere können schwieriger leistungsgerecht versorgt werden und ihre Anfälligkeit für Erkrankungen, die das Tierwohl beeinträchtigen, steigt; (2) die nach wie vor niedrigen Nutzungsdauern spiegeln chronische Überlastungen der Tiere wider, die sich zum Teil in Erkrankungen, aber zu einem großen Teil auch in Fruchtbarkeitsproblemen als Abgangsursache äußern; (3) Haltungs- und Managementbedingungen, die als tierwohlfördernd anzusehen sind, wie Weidegang oder kraftfutterarme Fütterung, sind für sehr hochleistende Tiere nicht oder nur eingeschränkt umsetzbar und die eingeschränkte Nutzbarkeit der männlichen Nachkommen birgt Risiken für ihr Tierwohl.

Tatsächlich ist aber zunächst zu klären, inwieweit tatsächlich Leistungssteigerungen zu einer gesteigerten Ressourceneffizienz führen. Die Ergebnisse entsprechender Modellierungen hängen stark von den gewählten Systemgrenzen, den untersuchten Leistungsniveaus und den berücksichtigten Faktoren ab und zeigen in der Folge teils auch insgesamt höhere Treibhausgasemissionen je Produkteinheit bei höheren Milchleistungen auf [2, 3]. Beruhen Leistungssteigerungen dagegen auf einer angepassteren Fütterung und besserem Tiergesundheitsmanagement, werden damit sowohl positive Klima- als auch Tierwohleffekte erzielt. Hier kommt es also zu klaren Synergien, die stärkere Berücksichtigung finden sollten.

Bei dem fachlichen Diskurs über die Entstehung und Vermeidung von Treibhausgasemissionen sollte gleichzeitig nicht aus den Augen verloren werden, dass es sich bei Milchrindern nicht um Produktionsmaschinen handelt, sondern um empfindungsfähige Lebewesen mit eigenen Bedürfnissen. Auch wenn ihre möglichst weitgehende Gesunderhaltung ein ganz wichtiger Baustein für hohes Tierwohl ist, sind andere Aspekte ebenso wichtig.

Hierzu zählt, wie oben dargelegt, das Ausmaß, in dem natürliches Verhalten ausgeführt werden kann. Dies wirkt sich auf das Potential, positive Emotionen und das Risiko, Frustration oder Überforderung zu erfahren, aus [6, 9]. Beim Milchrind gilt ein sehr großer zeitlicher Anteil der Aktivität der Nahrungssuche, -aufnahme und Verarbeitung durch Wiederkäuen. Zugang zur Weide ermöglicht es den Tieren bei gutem Management, eine deutlich reizreichere Umgebung, als der Stall sie bietet, zu erkunden, in der langsamen Fortbewegung arttypisches Fressverhalten zu auszuführen, Futterpflanzen zu selektieren, unter stark verringerten Konkurrenzbedingungen zu fressen, sich zum Wiederkäuen bequem ablegen und liegen zu können sowie auf Weichboden zu laufen und im besten Fall auch unterschiedliche Mikroklimabereiche aufsuchen zu können [11]. All diese Potentiale können selbst in einem sehr gut gestalteten und gemanagten Stall nur annäherungsweise geboten werden. Auch angesichts des sehr hohen gesellschaftlichen Zuspruchs, dass Rindern aus Tierwohlgründen Weidegang geboten werden sollte [12] (und daneben zur Förderung der Biodiversität) sollte auch wissenschaftlich verstärkt an Ansätzen gearbeitet werden, Milchrindern wieder in größerem Umfang und unter optimierten Bedingungen hinsichtlich Umwelt- und Tierschutz Weidegang zu gewähren.

Weitere natürliche Verhaltensweisen sind das Mutter-Kind-Verhalten zwischen der Milchkuh und ihrem Kalb und die entsprechenden Interaktionen in einer altersgemischten Herde. Zu den Möglichkeiten, Vor- und Nachteilen einer kuhgebundenen Kälberaufzucht, zumindest für eine gewisse Zeit, ist in den vergangenen Jahren recht viel geforscht und publiziert

worden (Literaturübersichten z.B. in [13, 14]). In der ökologischen Landwirtschaft hat sich auch vonseiten der Landwirte ein reges Interesse an dieser Aufzuchtform entwickelt und es gibt ein erstes Label für Milch von Betrieben mit kuhgebundener Kälberaufzucht (<https://kuhpluskalb.de/>). Befragungen von Bürger:innen ergaben in Deutschland mehrheitlich eine Bevorzugung dieser Methode [15], der die landwirtschaftliche Praxis häufig mit einem gewissen Unverständnis begegnet. Dennoch sagen Landwirt:innen, die kuhgebundene Kälberaufzucht betreiben, nach eigenen (noch unveröffentlichten) Ergebnissen zum Teil, dass die Möglichkeit, diese natürlichen Verhaltensweisen beobachten zu können, ihre Arbeitsqualität steigert.

Auch wie mit den männlichen Kälbern der stark milchbetonten Rassen umgegangen wird, ist nicht nur eine Effizienzfrage, sondern auch eine Tierwohl- und ethische Frage. Um Tierwohl geht es, wenn beispielsweise schon sehr junge Kälber weite Strecken transportiert werden, mit vielen fremden Kälbern gemischt und unter suboptimalen Bedingungen gemästet werden (z.B. [16] für Kanada). Inwiefern dies einer frühen Tötung vorzuziehen ist, wirft ethische Fragen zum Wert von Leben an sich auf, auch vor dem Hintergrund der deutschen tierschutzrechtlichen Bestimmungen, dass Tiere nur aus vernünftigen Gründen getötet werden dürfen [17].

Ethische Erwägungen spielen auch bei der Frage nach der Bedeutung der Integrität der Tiere eine Rolle. Ist beispielsweise das Enthornen von Kühen vertretbar, wenn Betäubungs- und Schmerzmittel eingesetzt werden oder auf genetische Hornlosigkeit gezüchtet wird? Oder ist das eine zu vermeidende Anpassung der Tiere an die Haltungsbedingungen wie das Schwanzkürzen beim Schwein [18]?

Dies soll beispielhaft aufzeigen, welche Fragen zusätzlich aufkommen, wenn unter Tierenschutz nicht nur verstanden wird, dass das Zufügen nicht vernünftig begründbarer Schmerzen, Leiden und Schäden vermieden wird, sondern dass aus Respekt vor dem, was das Tier ausmacht, auch seine unterstellten Interessen in die Waagschale geworfen werden. In einigen Fällen wird das dazu führen, sich nicht für die ressourceneffizienteste Praxis zu entscheiden und einen Ausgleich über andere Maßnahmen, wie eine Reduzierung der Tierzahlen, zu erzielen.

5 Schlussfolgerungen

Zwischen Ressourceneffizienz und Tierwohl können, müssen aber nicht notwendigerweise antagonistische Beziehungen bestehen. Insbesondere trägt eine Verbesserung der Tiergesundheit gleichermaßen zur Effizienzsteigerung und Steigerung des Tierwohls bei. Es darf aber nicht vergessen werden, dass auch andere Aspekte, wie die Möglichkeit, natürliches Verhalten auszuüben, eine wichtige Dimension von Tierwohl sind. Hieraus und aus weiteren ethischen Gründen folgt, dass im Einzelnen abgewogen werden sollte, was der Mensch dem Nutztier zumuten darf. Ziel sollte es sein, Gesamtlösungen und Optimierungen zu finden, die sowohl Umweltbelastungen minimieren als auch das Nutztier als empfindungsfähiges Lebewesen mit eigenen Bedürfnissen respektieren.

6 Literaturverzeichnis

- [1] Zukunftskommission Landwirtschaft (2021): Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. <https://www.bundesregierung.de/zukunft-landwirtschaft>.
- [2] WBAE und WBW (2016): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung, https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/Klimaschutzgutachten_2016.pdf
- [3] WBA (2015): Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung, https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung.pdf
- [4] Buller, H., Blokhuis, H., Jensen, P., Keeling, L. (2018): Towards farm animal welfare and sustainability. *Animals* 8(6), 81, <https://doi.org/10.3390/ani8060081>
- [5] Knierim, U. (1998): Wissenschaftliche Konzepte zur Beurteilung der Tiergerechtigkeit im englischsprachigen Raum. In: Beurteilung der Tiergerechtigkeit von Haltungssystemen, KTBL-Schrift 377, KTBL, Darmstadt, S. 31–39
- [6] Knierim, U. (2002): Grundsätzliche ethologische Überlegungen zur Beurteilung der Tiergerechtigkeit bei Nutztieren. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 109, 261-266
- [7] OIE (2021): What is animal welfare? <https://www.oie.int/en/what-we-do/animal-health-and-welfare/animal-welfare>
- [8] Knierim, U. (2016): Methoden und Konzepte der angewandten Ethologie und Tierwohlforschung. In: Köchy K, Böhnert M, Wunsch M (Hg.): Philosophie der Tierforschung 2. Maximen und Konsequenzen. Freiburg: Verlag Karl Alber, S. 87–101
- [9] Boissy, A., Manteuffel, G., Jensen, M.B., Moe, R.O., Spruijt, B., Keeling, L.J., Winckler, C., Forkman, B., Dimitrov, I., Langbein, J., Bakken, M., Veissier, I., Aubert, A. (2007): Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiology & Behavior* 92, 375–397, <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.02.003>
- [10] Fraser, D. (2003): Assessing animal welfare at the farm and group level: the interplay of science and values. *Animal Welfare* 12, 433-443
- [11] Mee, J.F., Boyle, L.A. (2020): Assessing whether dairy cow welfare is “better” in pasture-based than in confinement-based management systems. *New Zealand Veterinary Journal*, 68, 168-177, <https://doi.org/10.1080/00480169.2020.1721034>
- [12] Kühl, S., Gauly, S., Spiller, A. (2019): Analysing public acceptance of four common husbandry systems for dairy cattle using a picture-based approach. *Livestock Science* 220, 196-204, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.12.022>
- [13] Meagher, R.K., Beaver, A., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G. (2019): Invited review: A systematic review of the effects of prolonged cow–calf contact on behavior, welfare, and productivity. *Journal of Dairy Science* 102, 5765–5783, <https://doi.org/10.3168/jds.2018-16021>
- [14] Johnsen, J.F., Zipp, K.A., Kälber, T., de Passillé, A.M., Knierim, U., Barth, K., Mejdell, C.M. (2016): Is rearing calves with the dam a feasible option for dairy farms? - Current and future research. *Applied Animal Behaviour Science* 181: 1–11, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.11.011>

-
- [15] Busch, G., Weary, D.M., Spiller, A., von Keyserlingk, M.A.G. (2017). American and German attitudes towards cow-calf separation on dairy farms. PLoS ONE, 12(3), e0174013, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174013>
- [16] Wilson, D.J., Canning, D., Giacomazzi, T., Keels, K., Lothrop, R., Renaud, D.L., Sillett, N., Taylor, D., Van Huigenbos, H., Wynands, B., Zuest, D., Fraser, D. (2020): Hot topic: Health and welfare challenges in the marketing of male dairy calves - Findings and consensus of an expert consultation. Journal of Dairy Science 103, 11628–11635, <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18438>
- [17] Tierschutzgesetz (2006): Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. Juni 2021 (BGBl. I S. 1828)
- [18] Knierim, U., Irrgang, N., Roth, B. (2015): To be or not to be horned - consequences in cattle. Livestock Science 179, 29–37, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.05.014>

Analytische Bestimmung von Fettsäuren im Rinderhaar

ANALYTISCHE BESTIMMUNG VON FETTSÄUREN IM RINDERHAAR



Ramona Wulf^{1,2}, Dirk Dannenberger², Gudrun A. Brockmann¹

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

²Institut für Muskelbiologie und Wachstum Forschungsinstitut für Nutztierbiologie (FBN), Dummerstorf



Hintergrund

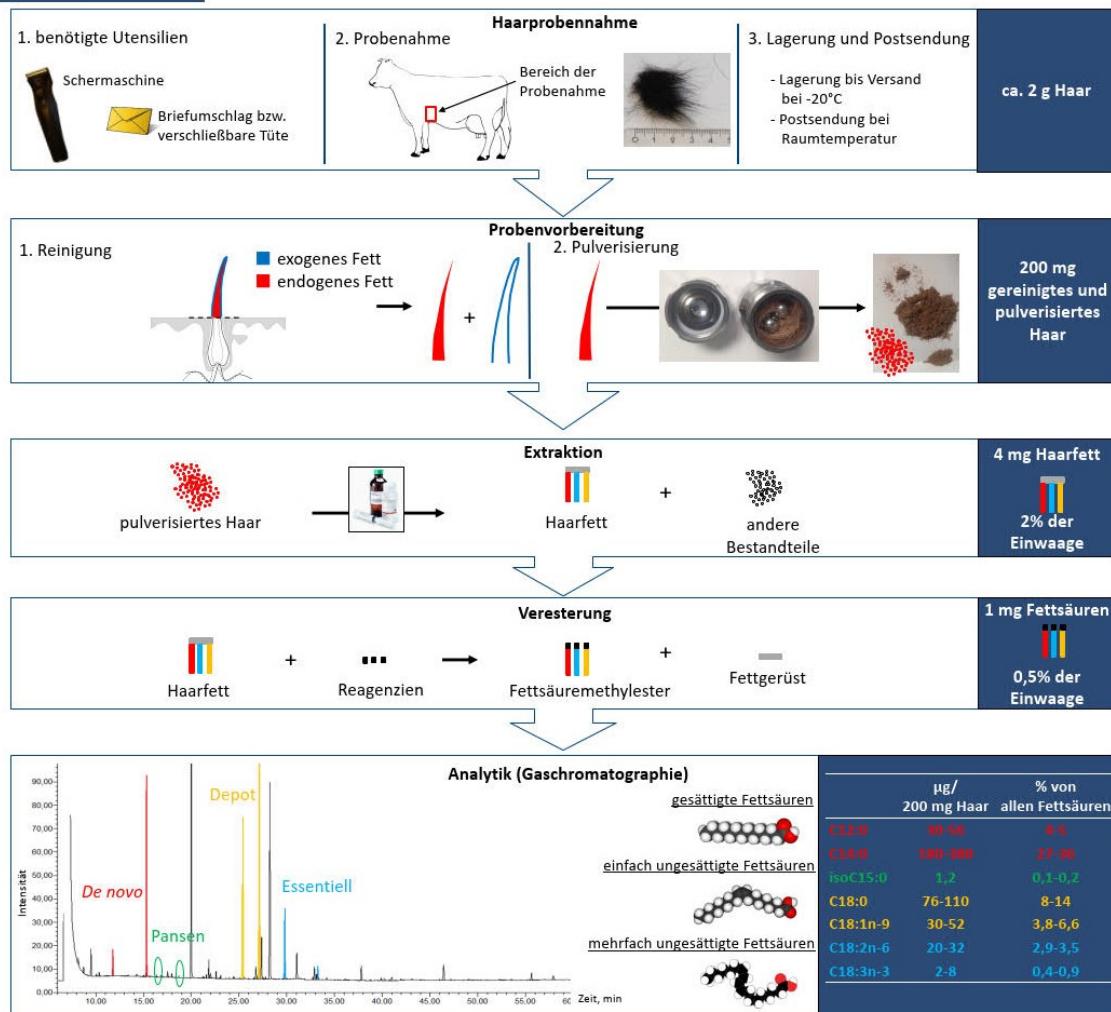
Vorteile der Haaranalyse

- + Probenahme: nicht-invasiv und einmalig
- + robustes Diagnosefenster
- + keine tageszeitlichen Schwankungen

Fett

- + wichtigster Energielieferant und -speicher für den Körper
- + Bestandteil von Zellmembranen
- + Teil des Energiestoffwechsels
- + Träger von Stoffwechselmetaboliten, wie essentielle Fettsäuren, Vitamine und Hormone

Methode



Anwendung

- Tierzucht – Züchtung stoffwechselstabiler Rinder
- Tierernährung – Überprüfung der Fütterung
- Tierschutz – ausreichende Versorgung der Rinder im Sinne des Tierschutzgesetzes

Die Förderung erfolgte aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftliche Rentenbank (Projektnummer: 807 799).



2.4 Themenblock III – Emissionsminderung / Innovationen

Zielkonflikte in den Fütterungsmaßnahmen zur Minderung von Emissionen aus der Milchkuhhaltung

B. Kuhla

Forschungsinstitut für Nutztierbiologie (FBN), Dummerstorf

1 Einleitung

Im Zeitalter moderner Informationstechnologien und Medien wird es für Landwirte und Verbraucher immer schwieriger, Fakten von fake-news zu unterscheiden. Sollten wir uns da nicht besser an etablierte Informationskanäle halten? Dort erfahren wir, dass aus der Tierhaltung mehr Treibhausgase (THG) frei werden als im Verkehr [1] und insbesondere die Milchkuh ein „Klimakiller“ [2] ist. Kann dann der Öko-Produzent Demeter noch recht haben, wenn er die Gegendarstellung „Die Kuh ist kein Klimakiller“ [3] wagt? Die nachfolgenden Ausführungen entlarven fake-news und zeigen auf, welche Zielkonflikte es bei Versuchen gibt, die Emissionen durch Fütterungsmaßnahmen zu reduzieren.

2 Treibhausgasmissionen aus der Landwirtschaft und Milchkuhhaltung

Der Weltklimarat der Vereinten Nationen (IPCC) ist ein wissenschaftliches Gremium, in dem eine Gruppe hunderter Wissenschaftler die weltweiten THG-Emissionen auf Basis neuester Erkenntnisse zusammenstellt. Im letzten IPCC Report wird aufgeführt, dass die Konzentrationen der THG CO_2 , Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) seit den 1980er Jahren kontinuierlich zunehmen, und diese zur Erwärmung der Erdoberfläche beitragen [4]. Aus dem Bereich der Land- und Forstwirtschaft sowie verbundener Landnutzungsänderungen werden netto 23 % CO_2 -Äquivalente ($\text{CO}_{2\text{eq}}$) aller anthropogenen THG freigesetzt. Diese entsprechen 12 Gt $\text{CO}_{2\text{eq}}$, wovon 2.3 Gt $\text{CO}_{2\text{eq}}$ auf N_2O - und 4.5 Gt $\text{CO}_{2\text{eq}}$ auf CH_4 -Emissionen zurückzuführen sind [5]. Für die Emissionen aus der Tierhaltung verweist der Klimarat auf die Food and Agriculture Organization (FAO) der Vereinten Nationen. Darin ist aufgezeigt, dass im Jahr 2010 2,0 Gt $\text{CO}_{2\text{eq}}$ aus Verdauungsprozessen von Nutztieren, 0,4 bis 1,1 Gt $\text{CO}_{2\text{eq}}$ im Umgang mit Wirtschaftsdünger und 0,5 Gt $\text{CO}_{2\text{eq}}$ im Reisanbau entstanden [6]. Die während der Verdauung entstandenen Emissionen waren durch 56 % Mastrinder, 19 % Milchkühe, 11 % Büffel, 7 % Schafe, 5 % Ziegen sowie 3 % weiterer Spezies verursacht [6]. Demgegenüber stehen 6,8 Gt $\text{CO}_{2\text{eq}}$, die aus dem Verkehrssektor emittiert werden [4], was zeigt, dass die Tierhaltung keineswegs ein größerer Klimasünder ist als der Verkehr. Vergleicht man die einzelnen Nutztierspezies, so wird weiter klar, dass die Milchkuh mit 19 % nicht die Hauptverursacherin der THG-Emissionen ist. Eine Schuldzuweisung, die Kuh sei „Klimasünder“ oder „Klimakiller“ ist daher völlig unzutreffend. Dennoch gibt es Möglichkeiten, die THG-Emissionen aus der Milchkuhhaltung zu

reduzieren, um einen kleinen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Diese Beiträge werden möglicherweise dann an Bedeutung gewinnen, wenn das sogenannte *Carbon Farming* zu einer weiteren Einkommensquelle für Landwirte wird oder künftige Gesetze die Ausweisung des CO₂-Fussabdrucks eines jeden Produkts vorschreiben.

3 Fütterungsmaßnahmen zur Minderung von CH₄-Emissionen

Die Mikroorganismen im Pansen einer Kuh fermentieren das aufgenommene Futter, wodurch kurzkettige Fettsäuren (Acetat, Propionat und Butyrat) als Hauptenergielieferanten für den Wiederkäuer produziert werden. Als ein Nebenprodukt entsteht unvermeidlich CH₄. Je mehr Futter eine Kuh aufnimmt, desto mehr kurzkettige Fettsäuren und CH₄ entstehen auch. Eine hinreichend hohe Futteraufnahme muss aber gewährleistet werden, um den Erhaltungs- und Leistungsbedarf der Tiere zu decken. Maßnahmen zur Reduktion der CH₄-Produktion, die mit einer zu geringeren Energieaufnahme einhergehen, sind daher abzulehnen.

Zahlreiche Futterinhaltsstoffe üben einen großen Einfluss auf die CH₄-Produktion im Pansen aus. Strukturkohlenhydrate wie Cellulose und Hemicellulose werden im Pansen nur langsam fermentiert, wodurch hauptsächlich Acetat aber auch CH₄ gebildet wird [7]. Futtermittel mit einem hohen Rohfasergehalt, wie z.B. Gras, Stroh und Heu, fördern die CH₄-Bildung. Ein ausreichend hoher Rohfasergehalt ist zudem zur Aufrechterhaltung der Pansen- und Wiederkauaktivität, der Speichelproduktion und somit für eine artgerechte Ernährung notwendig. Die Potentiale zur Minderung der CH₄-Emissionen durch eine Absenkung des Rohfasergehalts sind somit begrenzt. Ferner stehen Cellulose-reiche Futtermittel nicht in Konkurrenz zur menschlichen Ernährung.

Zu den leicht fermentierbaren Kohlenhydraten zählt Stärke. Futtermittel wie Mais, Getreide und Kartoffeln besitzen einen hohen Stärkegehalt und bilden während der Pansenfermentation neben Acetat auch größere Mengen an Propionat, aber auch CH₄. Erhöht man den Stärkeanteil in der Ration, steigt die Futteraufnahme, wodurch auch die Passagerate zunimmt. Unter diesen Bedingungen kann ein Teil der Stärke in den Dünndarm gelangen, so dass dieser im Pansen nicht zu CH₄ fermentiert wird. Gleichzeitig verringert ein hoher Stärkeanteil die Verdaulichkeit der Rohfaser, was zu einer weiteren Reduktion der CH₄-Bildung pro Kilogramm aufgenommenen Futters führt. Im Projekt eMissionCow haben wir die Methanemissionen bei Fütterung von Gassilage und Maissilage-basierten Rationen verglichen und gefunden, dass die täglichen Methanemissionen zwischen den Rationen vergleichbar waren, obwohl die Milchkühe auf der Maissilage-basierten Ration fast 3 kg Trockenmasse pro Tag mehr aufnahmen und 3 kg Milch pro Tag mehr leisteten. In ähnlicher Weise zeigten van Gastelen et al. [8], dass eine Erhöhung des Anteils an Maissilage relativ zur Grassilage in einer Ration die CH₄-Emissionen verringert. Der Anteil an Stärke in der Ration kann jedoch nicht beliebig gesteigert werden, da sie den pH-Wert im Pansen sehr rasch absinken lässt, wodurch das Risiko einer Pansenazidose steigt. Zudem kann Stärke auch vom Menschen verdaut werden, so dass sich ein Zielkonflikt zwischen humaner und tierischer Ernährung ergibt.

Eine weitere Möglichkeit zur Verringerung der CH₄-Produktion besteht in der Anreicherung der Ration mit Fetten oder Ölen. So bewirkt bspw. die Zulage von Futtermitteln mit hohem Gehalt an mehrfach-ungesättigten [9, 10], oder mittelkettigen Fettsäuren [11] eine Verringerung der CH₄-Produktion. Ähnlich wie bei der Stärke beeinträchtigen zu hohe Fett- und Säuregehalte das Pansenmilieu und die Verdaulichkeit der Rohfaser. Dann wird die im Pansen nicht fermentierte Rohfaser größtenteils mit dem Kot ausgeschieden und fördert während der Güllelagerung die CH₄-Emission [12]. Ein erhöhtes Augenmerk sollte auch auf die Herkunft der Fette gelegt werden. Über lange Strecken importierte Futterfette besitzen einen hohen CO₂-Fußabdruck und sollten keine Berücksichtigung finden. Stattdessen sind regional erzeugte Produkte zu bevorzugen. Es muss aber beachtet werden, dass viele fett- und ölhaltige Pflanzen in Konkurrenz zur menschlichen Ernährung stehen. Neben- und Koppelprodukte, wie bspw. einige Extraktionsschrote, Press- oder Mahlrückstände stehen nicht oder nur in geringem Wettbewerb, sind aber durchaus geeignet, die CH₄-Emission zu senken.

Zahlreiche Leguminosen wie Esparsette, Luzerne, Platterbse oder Klee reduzieren die CH₄-Bildung gegenüber Gras ebenfalls. Dafür ist vor allem der hohe Anteil sekundärer Pflanzeninhaltsstoffe verantwortlich. Die kondensierten Tannine bewirken bereits in geringer Konzentration eine Reduktion der CH₄-Produktion, können aber in zu hohen Dosen die Verdaulichkeit des Futters beeinträchtigen [13].

Pflanzen, die zu intensiv mit Stickstoff gedüngt wurden, weisen hohe Nitrat-Werte auf. In einigen Regionen findet man auch im Brunnenwasser sehr hohe Nitrat-Gehalte. Bereits wenige Milligramm Nitrat reduzieren die CH₄-Bildung deutlich, allerdings können schon leicht höhere Dosen zur Methämoglobin-Bildung und toxischen Erscheinungen [14]. Da die Nitratgehalte im Futter und der Tränke oft nicht bekannt und hierzulande oft hinreichend hoch sind, muss von einer weiteren Nitratzulage abgeraten werden.

4 Fütterungsmaßnahmen zur Minderung von Stickstoffemissionen

Die Stickstoff-(N) Emissionen steigen mit zunehmender Rohproteinaufnahme mit dem Futter [15]. Entsprechend besteht das größte Potential zur Minderung von N-Emissionen in der Absenkung des Rohproteingehalts. Neuere Fütterungsempfehlungen für die Praxis legen nahe, eine Anpassung des Rohproteingehalts der Ration nicht mehr an das Milchleistungsniveau der Früh-laktation auszurichten, sondern an der Milchleistung und dem Laktationsstadium auszurichten [16].

Der über den Harn in die Umwelt eingetragene N wird besonders schnell zu umweltbeeinträchtigenden Stoffen abgebaut, wohin der N im Kot hauptsächlich in Protein-gebundener Form vorliegt und vergleichsweise langsam abgebaut wird. Entsprechend sind die Umweltwirkungen, die durch Harn verursacht werden, in aller Regel größer als die durch Koteintrag hervorgerufenen Effekte. Die Zulage von kondensierten Tanninen zur Fütterung bzw. die Integration tanninhaltiger Pflanzen in die Weide erhöhen das Kot-N : Harn-N-Verhältnis und mindern so die Umweltwirkung von Urin. Tanninhaltige Pflanzen wie bspw. zahlreiche Leguminosen können daher sowohl zur Reduktion der Harn-N- als auch CH₄-Emissionen beitragen, allerdings muss deren Anteil in der Ration so gewählt werden, dass die

Verdaulichkeit des Futters und die Verdaulichkeit des Rohproteins nicht wesentlich beeinträchtigt werden [17].

5 Schlussfolgerungen

Zur Reduzierung der CH₄- und N-Einträge in die Umwelt durch Maßnahmen der Fütterung sind genaue Kenntnisse über Faser-, Stärke-, Fett- und Rohprotein-Gehalte der Futtermittel und die Bedarfe der Tiere erforderlich. Nährstoffe, die eine Reduzierung der CH₄-Produktion bedingen, stehen oft in Konkurrenz zur Ernährung des Menschen. Um diesem Zielkonflikt auszuweichen, sollten nur solche fett- und stärkehaltige Futtermittel für die Fütterung von Wiederkäuern eingesetzt werden, die nicht unmittelbar für die Ernährung des Menschen geeignet sind. Dies können u.a. Neben- oder Koppelprodukte bzw. Reststoffe sein. Künftig muss sich die Rohproteinversorgung mehr als bislang am Milchleistungs-niveau orientieren. In der Verringerung der Rohproteingehalte bei Aufrechterhaltung einer ausgeglichenen ruminalen N-Bilanz steckt ein großes Potential, die N-Emissionen zu reduzieren. Daneben kommt der Verwendung tanninhaltiger Eiweißpflanzen als Ersatz von importierten Eiweißfuttermitteln künftig eine besondere Bedeutung zu, um sowohl die CH₄- als auch N-Einträge aus der Milchkuhhaltung zu verringern.

6 Literaturverzeichnis

- [1] BR Wissen: Klimakiller Kuh - Der Öko-Pups schneidet etwas besser ab (2019): Online im Internet: URL: <https://www.br.de/klimawandel/kuh-kuehe-rind-rinder-methan-klima-landwirtschaft-treibhausgase-100.html> (Stand 27.07.2021)
- [2] Eckert, W, Rindfleischkonsum Die Kuh als Klimakiller (2018): Online im Internet: URL: https://www.deutschlandfunk.de/rindfleischkonsum-die-kuh-als-klimakiller.1773.de.html?dram:article_id=435871 (Stand 27.07.2021)
- [3] Demeter: Der KuhBlog - Die Kuh ist kein Klimakiller. (2017): Online im Internet: URL: <https://www.demeter.de/horngeschichten-170821> (Stand 27.07.2021)
- [4] IPCC Special Report Climate Change and Land (2019): Online im Internet: URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2021/02/05_Chapter-2-V5.pdf (Stand 27.07.2021)
- [5] IPCC Klimaänderung (2014): Online im Internet: URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/IPCC-AR5_SYR_barrierefrei.pdf (Stand 27.07.2021)
- [6] Tubiello, FN. The FAOSTAT database of greenhousegas emissions from agriculture (2013): Online im Internet: URL: <http://www.fao.org/climatechange/36143-0fa4483057747f41c08183b702ec5954e.pdf> (Stand 27.04.2021)
- [7] Mills, JA. (2003): Alternative approaches to predicting methane emissions from dairy cows. J Anim Sci. 81. Jg., H. 12, S. 3141-3150.

-
- [8] van Gastelen, S., Antunes-Fernandes, E.C., Hettinga, K.A., Klop, G., Alferink, S.J.J., Hendriks, W.H., Dijkstra, J. (2015): Enteric methane production, rumen volatile fatty acid concentrations, and milk fatty acid composition in lactating Holstein-Friesian cows fed grass silage- or corn silage-based diets. *J. Dairy Sci.* 98, 1915-1927.
- [9] Martin, C., Rouel, J., Jouany, J.P., Doreau, M., Chilliard Y. (2008): Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. *J. Anim. Sci.* 86, 2642-2650.
- [10] Engelke, S.W., Das, G., Derno, D., Tuchscherer, A., Wimmers, K., Rychlik, M., Kienberger, H., Berg, W., Kuhla, B., Metges, C.C. (2019): Methane prediction based on individual or groups of milk fatty acids for dairy cows fed rations with or without linseed. *J. Dairy Sci.* 102, 1788-1802.
- [11] Machmüller, A., Dohme, F., Soliva, C.R., Wanner, M., Kreuzer, M. (2001): Diet composition affects the level of ruminal methane suppression by medium-chain fatty acids. *Aust. J. Agric. Res.* 52, 713-722.
- [12] Kulling, D.R., Dohme, F., Menz, F., Sutter, F., Lischer M., Kreuzer M. (2002): Methane emissions of differently fed dairy cows and corresponding methane and nitrogen emissions from their manure during storage. *Environ. Mon. Assess.* 79. Jg., H.2, S. 713-722.
- [13] Haque, M.N. (2018): Dietary manipulation: a sustainable way to mitigate methane emissions from Ruminants. *J. Anim. Sci. Technol.* 60, 15.
- [14] van Zijderveld, S.M., Gerrits, W.J.J., Dijkstra, J., Newbold, J.R., Hulshof, R.B.A., Perdok, H.B. (2011): Persistency of methane mitigation by dietary nitrate supplementation in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 94, 4028-4038.
- [15] Zhao, G. (2017): Modulation of Protein Metabolism to Mitigate Nitrous Oxide (N₂O) Emission from Excreta of Livestock. *Curr Protein Pept Sci.* 18, 525-531.
- [16] DLG (2020): Berücksichtigung N- und P-reduzierter Fütterungsverfahren bei den Nährstoffausscheidungen von Milchkühen. Online im Internet: <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/tierhaltung/futter-und-fuetterung/dlg-merkblatt-444> (Stand 29.07.2021)
- [17] Tedeschi, L.O., Ramírez-Restrepo C.A., Muir J.P. (2014): Developing a conceptual model of possible benefits of condensed tannins for ruminant production. *Animal.* 8, 1095-1105.

Züchterische Möglichkeiten zur Senkung der Methanemission beim Milchrind

H. H. Swalve

Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften,
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Zusammenfassung

Auch wenn der Beitrag der Milchkuh zum Ausstoß klimaschädlicher Gase insgesamt gering ist, so sollten doch alle Möglichkeiten genutzt werden, diesen Beitrag zu senken. Für die zu einer züchterischen Bearbeitung nötigen genetisch-statistischen Parameter ist die Erfassbarkeit der Methanemission je Einzelkuh besonders wichtig. Hierfür liegen inzwischen eine Reihe von Methoden vor, welche mit ihren Vor- und Nachteilen erörtert werden. Die geschätzten Erblichkeitsgrade (Heritabilitäten) für direkte Messungen des Methanausstoßes liegen im Bereich von 0.05 bis 0.25 und sind damit zwar relativ niedrig, aber für eine züchterische Bearbeitung durchaus ausreichend. Weiter könnten molekulargenetische Bestimmungen der Mikrobenpopulation im Pansen dabei helfen, mehr über die Einflüsse des Wirtstieres zu erfahren und darauf aufbauend die Mikrobenpopulation auch züchterisch zu ändern.

1 Einleitung

Methanemissionen aus der Haltung von Milchkühen werden in jüngster Zeit verstärkt als wichtig erachtet, obschon die Landwirtschaft insgesamt eher nur einen kleinen Beitrag (7,5%) zur Emission klimarelevanter Gase leistet und davon die Milchkuh auch weniger als 50 % beisteuert. Weitere Aspekte sind die im Vergleich zur CO₂-Emission zwar deutlich stärkere klimaschädliche Wirkung des Methans bei jedoch sehr viel kürzerer Halbwertszeit und bei sektoraler Betrachtung die klimafreundliche Nutzung von Grünland im Vergleich dazu, dieses sich selbst zu überlassen. Die Emission von Methan ist der Milchkuh aufgrund der Vormagenverdauung durch Bakterien im Pansen zwar systemimmanent, es kann jedoch nicht darum gehen, eine Null-Emission zu fordern, sondern lediglich eine Senkung herbeizuführen. Ein Weg hierzu ist die züchterische Senkung der Methanemission.

2 Vorbedingungen für züchterische Maßnahmen

Aus der Sicht der Tierzucht müssen Methanemissionen der Kuh wie jedes andere Merkmal betrachtet werden. Folgende Parameter müssen bekannt sein:

- Die phänotypische Variation auf der beobachtbaren Skala (σ^2_P),
- die additiv-genetische Variation, (σ^2_A), geschätzt aus der Ähnlichkeit verwandter Individuen,
- die Heritabilität, h^2 , als Quotient aus (σ^2_P) und (σ^2_A),
- der ökonomische Wert des Merkmals, definiert als Grenznutzen, wenn die beobachtbare Skala um eine Einheit verändert wird.

Es ist zu beachten, dass der erzielbare genetische Fortschritt sich aus einer rein multiplikativen Formel ergibt (Intensität der Selektion * Heritabilität * σ_P). Aus diesem Grund kann es einerseits schwierig sein, genetischen Fortschritt zu erzielen, obgleich die Heritabilität vergleichsweise groß ist (wenn die phänotypische Variation niedrig ist), andererseits kann es aber lohnend sein, auch bei einer niedrigen Heritabilität züchterische Maßnahmen anzuwenden (wenn die Variation hoch ist). Die Größe und Güte der verwendeten Parameter ist sehr stark abhängig von der Erfassungsgenauigkeit des Merkmals, weshalb ihr eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte.

Schließlich sind auch die genetisch-bedingten Korrelationen zu allen anderen Merkmalen im Zuchtziel bedeutsam. Mit der Methode des Selektionsindex kann dann ein optimal balanciertes Zuchtziel gefunden werden.

Im Fall der Methanemission ergibt sich eine besondere Problematik durch die Tatsache, dass eine Senkung der Emission zunächst – bislang – keinen konkret fassbaren Wert besitzt. Eine andere Möglichkeit wäre es, die Methanemission als Hilfsmerkmal z.B. bei der züchterischen Bearbeitung der Futtereffizienz einzusetzen.

In jedem Fall stellt sich jedoch die Frage der präzisen Merkmalerfassung je Einzeltier, für die mittlerweile eine Reihe von Methoden verwendet werden, denen jedoch allen gemeinsam ist, dass die Erfassung einer gasförmigen Emission technisch herausfordernd ist.

3 Messung der Methanemission am Einzeltier

Für die Messung der Methanemission am Einzeltier sind folgende Methoden etabliert:

- Messung in der Respirationkammer
Diese Messung wird oft als „Goldstandard“ angesehen, da durch das gegebene geschlossene bzw. semi-geschlossene System eine technische Messung des Gasausstoßes optimiert werden kann. Nachteile sind jedoch der hohe Investitionsbedarf, der geringe Durchsatz an Tieren, sowie die für das Tier sehr künstliche Umwelt, die zu Verhaltensänderungen führen kann, so dass z.B. Milchleistung und Futteraufnahme drastisch einbrechen können.
- SF₆-Tracer Gas
Mit der Hilfe von Boli, die das Tracer-Gas SF₆ kontrolliert emittieren und der Kuh eingegeben werden können, wird permanent SF₆ von der Kuh abgegeben, an den Nüstern der Kuh werden kontinuierlich Stichproben gesammelt, in auf dem Rücken

der Kuh befindlichen Kanistern gesammelt, und schließlich wird deren Inhalt in regelmäßigen Abständen analysiert. Aus dem Verhältnis von SF₆-Tracer-Gas und Methan kann dann auf die emittierte Menge an Methan geschlossen werden.

- **GreenFeed**
Bei dieser Technologie handelt es sich um Sensoren, die in einer Haube angebracht sind, welche sich an einem Fütterungsautomaten befindet bzw. diesen abdeckt. Beim Fressvorgang werden so Stichproben der Methanemission erhoben.
- **Sniffer**
Ebenfalls stichprobenartig und ortsfest z.B. in einer Box eines Melkroboters verbaut, werden mithilfe von Sensoren die Methanemissionen gemessen. Das Verfahren ist relativ kostengünstig und der Standort kann in gewissen Abständen auch gewechselt werden, so dass Messungen z.B. in einem anderen kuhhaltenden Betrieb vorgenommen werden können.
- **Laser-Methan-Detektor (LMD)**
Die betreffenden Geräte sind klein, sehr portabel und können, von einer Bedienperson gehalten, auf die Nüstern der Kuh per Laserstrahl ausgerichtet werden. Die Messung der Methankonzentration in der Atemluft der Kuh erfolgt ebenfalls per Laser. Um eine aussagefähige Messreihe zu erhalten, d.h. mehrere Ruktus-Ereignisse zu erfassen, sind Messungen von ca. 5 Minuten erforderlich, die möglichst auch bei derselben Aktivität der Kuh zur selben Uhrzeit an aufeinanderfolgenden Tagen wiederholt werden sollte.

Neben den genannten technologischen Lösungen gibt es weitere, indirekte Lösungen zu Bestimmung der Methanemission der Einzelkuh. Hier sei insbesondere die Verwendung von Mid-Infrarot-Profilen aus Milchproben genannt, welche bei der herkömmlichen Milchleistungsprüfung ohnehin anfallen und für den Methanausstoß kalibriert werden können.

4 Genetische Parameter der Methanemission

In einem Übersichtsartikel haben Lassen und Difford [1] die Ergebnisse für die Schätzung der Heritabilität aus direkten Messungen zusammengefasst:

Tab. 1: Schätzwerte für die Heritabilität von Methanemissionen von Milchkühen aus direkten Messungen (verändert nach Lassen und Difford, 2020)

Autoren	Anzahl Kühe	Maßeinheit	Art der Messung	Heritabilität (s.e.)
Lassen et al. (2012)	1745	g/Tag	Sniffer	0.21 (0.06)
Pickering et al. (2015)	1308	mg/kg	LMD	0.05 (0.07)
Lassen et al. (2016)	339	g/day	Sniffer	0.25 (0.16)
Manzanilla-Pech et al. (2016)	205	g/day	SF6	0.23 (0.23)
Pszcola et al. (2017)	485	g/day	Sniffer	0.27 (0.09)
Van Engelen et al. (2018)	355	ppm/day	Sniffer	0.11 (0.02)
Difford et al. (2018)	750	g/day	Sniffer	0.21 (0.09)
Mühlbach et al. (2018)	622	g/day	LMD	0.28 (0.15)
Breider et al. (2019)	184	g/day	Sniffer	0.12 (0.16) / 0.45 (0.11)
Difford et al. (2019)	434	ppm/day	Sniffer	0.26 (0.11)
Saborio-Montero et al. (2019)	337	ppm/day	Sniffer	0.12 (0.01)

Insgesamt liegen die Schätzwerte für die Heritabilität in einem ungefähren Bereich von 0.05 bis 0.25 mit der Ausnahme eines noch höheren Schätzwertes an einer sehr kleinen Stichprobe. In der eigenen Studie [2] auf der Basis des LMD konnte diese Größenordnung bestätigt werden.

Schätzwerte zu genetischen Korrelationen mit anderen wichtigen Merkmalen sind, mit Ausnahme von Korrelationen zur Futteraufnahme und Futtereffizienz, allgemein in einem niedrigen Bereich. Auf der Basis einiger der Studien wurde auch versucht, die gewonnenen Daten als Lernstichprobe im Sinne einer genomischen Selektion einzusetzen. Aufgrund der sehr begrenzten Größe der Stichproben führte dies jedoch bislang zu niedrigen Sicherheiten der genomischen Zuchtwertschätzung. Dies könnte sich zukünftig aber noch ändern.

5 Weitere züchterische Ansätze zur Senkung der Methanemission

Eine weitere Möglichkeit für züchterische Ansätze wird durch die direkte Untersuchung von Einflüssen des Wirtstieres, der Kuh, auf die Art der Mikrobenpopulation im Pansen gesehen. Derartige Einflüsse sind ja auch der Hintergrund für die gefundenen Schätzwerte der Erblichkeit der direkten Messungen. Insbesondere erscheint es aussichtsreich, das Verhältnis von Archaeen : Bakterien im Pansen züchterisch zu bearbeiten. Wenn es gelingt, derartige Parameter in Hoch-Durchsatz-Projekten zu erfassen, so könnte dieser Weg aussichtsreich sein und es könnte auf die direkte Bestimmung der Methanemission verzichtet werden.

6 Schlussfolgerung

Einflüsse des Wirtstieres, der Kuh, auf die Mikrobenpopulation im Pansen existieren und hieraus ergibt sich die Möglichkeit für züchterische Ansätze. Direkte und indirekte Messungen sind jedoch aufwändig. Weiter ist die Frage des genetischen Zusammenhangs mit anderen wichtigen Merkmalen im Zuchtziel der Milchkuh noch weitestgehend ungeklärt. Für eine tatsächliche Umsetzung züchterischer Methoden zur Senkung der Methanemission ist es derzeit also noch zu früh. Zukünftig ergeben sich jedoch Perspektiven.

7 Literaturverzeichnis

- [1] Lassen, J., Difford, G.F. (2020). Review: Genetic and genomic selection as a methane mitigation strategy in dairy cattle. *Animal* 14:473-483.
- [2] Mühlbach, S., Sorg, D., Rosner, F., Kecman, J., Swalve, H.H. (2018): Genetic analyses for CH₄ concentrations in the breath of dairy cows measured on-farm with the Laser Methane Detector. Abstract 11.186, Proc. World Congr. Appl. Livest. Prod., Auckland, New Zealand.

In der Milch lesen

F. Onken¹, L.M. Dale², A. Werner²

¹ Deutscher Verband für Leistungs- und Qualitätsprüfungen e.V., Bonn

² LKV Baden-Württemberg e.V., Stuttgart

Zusammenfassung

In der Milch zu lesen bedeutet, die Informationen der Milch-MIR-Spektren zu nutzen. Die Grundlagen hierfür bilden biochemische Zusammenhänge mit der Fettsäuresynthese bei Stoffwechselfvorgängen im Pansen und entsprechende Beziehungen zwischen Fettsäuremustern und den Merkmalen Methanemission, Energiesaldo, Energieeffizienz und Fütterungseffizienz. Veränderungen von Fettsäuremustern und anderer Parameter, auch in geringster Konzentration, sind in den Milchspektren darstellbar und können für die Schätzung dieser Merkmale aus der Milch genutzt werden. Im Rahmen des Projekts eMissionCow und mit den von optiKuh bereitgestellten Daten konnten bestehende Kalibriergleichungen optimiert und neue Gleichungen entwickelt werden. Es wurde hierbei an Modellweiterentwicklungen gearbeitet und u.a. mit der Einbeziehung des Laktationsstadiums konnten Verbesserungen in der Schätzgenauigkeit erzielt werden. Mit den hieraus ermittelten Schätzwerten sind Aussagen auf Tiergruppen sowie Herden- bzw. Betriebsebene zur bedarfsgerechten Fütterung und zur Klimawirkung möglich. Im Kontext internationaler Arbeiten und der sich fortentwickelnden Population erfordert dieses sich schnell weiterentwickelnde Forschungsgebiet die Einbeziehung weiterer Referenzdaten sowie eine laufende Aktualisierung der Kalibriergleichungen.

1 Einleitung

Für die Analytik der Proben aus der Milchkontrolle und Milchgüte werden Geräte mit einem Durchsatz von ca. 600 Proben/Stunde eingesetzt, die die Milchezusammensetzung mittels Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie (FTIR-Spektroskopie) ermitteln. Aufgrund der Messung im mittleren Infrarotbereich wird anstatt FTIR häufig der Begriff MIR verwendet. Für diese Hochleistungsgeräte gibt es weltweit drei Hersteller, die für die angebotenen Analyseparameter eigene, auf dem Gerät installierte, Kalibriergleichungen einsetzen. Diese Gleichungen setzen die mit Referenzmethoden ermittelten Analyseergebnisse mit den korrespondierenden Informationen der Spektraldaten in Beziehung. Während vor 40 Jahren die klassischen Parameter Fett und Eiweiß zunächst im Blickpunkt standen, folgte in diesem Jahrhundert mit der Kenntnis, dass bereits kleinere Veränderungen der Milchezusammensetzung zu einer Änderung der entsprechenden Spektren führen, eine laufende Weiterentwicklung auf Parameter, die in sehr geringer Konzentration bestimmt werden. Diese Arbeiten, bzw. die erstellten Kalibriergleichungen, erreichen durch internationale Zusammenarbeiten eine immer bessere Qualität und verdeutlichen gleichzeitig die Notwendigkeit einer ständigen Weiterentwicklung. Grundlage hierfür ist die Speicherung der Spektren außerhalb der Geräte, die Qualitätssicherung bzw. die Vergleichbarkeit zwischen Geräteherstellern und -modellen sowie die Spektrenauswertung mit modernen Methoden.

Im Projekt eMissionCow und unter Einbeziehung von optiKuh1 wurden Referenzdaten und die korrespondierenden Spektraldaten für die Erstellung bzw. Weiterentwicklung bestehender Kalibriergleichungen zur Schätzung der Methanemission, Futtereffizienz, Energieeffizienz und des Energiesaldos erhoben. Die Arbeiten an diesen Kalibriergleichungen und die erzielten Ergebnisse werden nachfolgend vorgestellt.

2 Material und Methoden

Unter Federführung des Wallonischen Landwirtschaftszentrums Gembloux, unterstützender Projektpartner in eMissionCow, entstand in Zusammenarbeit mit den EU-Projekten OptiMIR [1], METHAGENE [2] und GplusE [3] eine MIR-Kalibriergleichung zur Schätzung der Methanemissionen von Milchkühen. Die mit der SF6-Methode und in Respirationsskammern gemessenen Methanemissionen bilden die Referenzdaten für diese Gleichung. Um den Zugang zu dieser Kalibriergleichung zu erhalten und diese für ganz Deutschland anwendbar zu machen, wurden Respirationsskammernmessungen mit 20 laktierenden Fleckviehkühen und unterschiedlichen Futtervarianten am FBN Dummerstorf durchgeführt. Nach einem festgelegten Versuchsplan wurden die nicht tragenden Kühe in Gruppen je vier Kühe an die sich im Hinblick auf die potentielle Methanemission unterscheidenden zwei Futterrationen (Mais- und Grassilage basiert) adaptiert; jeweils zwei Kühe an eine dieser Rationen. In den Respirationsskammern wurden über 48 Stunden Messung durchgeführt und hieraus zwei 24 Stunden Methanemissionswerte berechnet. Im Ergebnis wurden somit von vier Kühen auf je 2 divergenten Fütterungsrationen 16 Tagesmethanmessungen generiert. Mit 20 Kühen und den erforderlichen fünf Durchgängen sind es somit 80 Messwerte. In den Respirationsskammern wurden die Kühe bei der Einstallung und in 12 Stunden Abständen gemolken. Die Einzelgemelksproben sowie die Sammelpuben aus jeweils zwei Gemelken wurden im Labor des LKV Nordrhein-Westfalen e.V. analysiert und die Milchspektren ausgelesen.

Der Spektraldatensatz wurde zunächst nach der OptiMIR/EMR-Methode [4] standardisiert und nach einer Datenaufbereitung konnten 177 Wertepaare dem internationalen Datensatz hinzugefügt und mit dem „glmnet“ R-Paket ausgewertet werden. Als Eingangsvariablen wurden die auf Tage in Milch (DIM) basierenden Legendre-Polynomdaten für die 212 OptiMIR-Wellenlängen der Spektraldaten verwendet.

Für die Schätzung des Energiesaldos wurden jeweils auf Grundlage der Bewertungssysteme Netto-Energie-Laktation (NEL - [5]) und Metabolische Energie (ME - [6]) Kalibriergleichungen berechnet. Diese sind das Ergebnis einer Zusammenarbeit zwischen dem deutschen optiKuh-Projektkonsortium mit seinen 12 Versuchsbetrieben und dem „Deutschen Verein“ für Qualitäts- und Leistungsprüfung eV“ (DLQ). Zwischen 2014 und 2017 lieferte ein Fütterungsexperiment in diesen Versuchsbetrieben mit wöchentlicher Milchprobenahme und korrespondierenden Fütterungsdaten in hoher Auflösung die Referenzdaten für die Kalibriergleichungen (NEL, ME). Für die Auswertung standen annähernd 26.000 Energiesalden mit weiteren Fütterungsparametern auf NEL-Basis und ca. 29.000 Energiesalden mit weiteren Fütterungsparametern auf ME-Basis für die Erstellung der Kalibriergleichungen für Energiesaldo, Energieeffizienz und Fütterungseffizienz zur Verfügung. Es wurden standardisierte sowie nicht standardisierte MIR-Spektraldaten von Untersuchungsgeräten der Firmen FOSS und Bentley verwendet [7]. Nach der gleichen Methodik und unter Verwendung der gleichen optiKuh-Fütterungsexperimente wurden Energieeffizienz-Referenzwerte und MIR-Spektren im eMissionCow-Projekt kombiniert. Anschließend wurden

Kalibriergleichungen für die Energieeffizienz NEL und ME sowie die Futtereffizienz mit einem Kreuzvalidierungsversuch aus allen Versuchsbetrieben mit rund 1.511 Tieren erstellt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die internationale Methan-Kalibriergleichung wurde um Messungen von Fleckviehkühen erweitert, die nun auch in dieser Gleichung repräsentiert sind und die Variabilität der Daten und somit die Robustheit erhöht haben. Das zugrundeliegende Kalibrierungsmodell wurde mit einer 10-fachen Kreuzvalidierung an einer Teilmenge von 1.203 Proben durchgeführt. Mit einem RPD-Wert von 1,8 (Tab. 1) kann das Modell zwischen Kuhgruppen sowie zwischen hohen und niedrigen Methanemissionswerten unterscheiden.

Die Kalibriergleichungen für Energiesaldo, Energieeffizienz und Fütterungseffizienz wurden mit den Referenzdaten der 12 optiKuh-Versuchsbetriebe und den korrespondierenden Milchspektren erstellt, die standardisiert und nicht standardisiert zur Verfügung standen. Der RPD-Wert, der das Verhältnis der Standardabweichung der Referenzdaten zum Standardfehler der MIR-Schätzungen darstellt, unterscheidet sich zwischen den so erstellten Modellen um bis zu 0,5 (Tab. 1).

Tab. 1: MIR Kalibrierungsmodelle für Methanemission und Fütterungskennzahlen

	Einheit	#LV	Ø	SD	SE _c	R ² _c	SE _{cv}	R ² _{cv}	RPD
Methanemission	[g/d]	12	402,30	97,00	50,0	0,73	54,0	0,69	1,80
Energiesaldo – NEL	[MJ/d]	12	1,97	16,98	8,27	0,75	8,27	0,75	2,05
							7,53	0,84	2,50
							8,08	0,76	2,00
Energiesaldo – ME	[MJ/d]	12	0,85	23,07	8,99	0,85	8,94	0,85	2,58
							8,42	0,89	3,05
							9,06	0,84	2,48
Energieeffizienz - NEL	[MJ/ EMC]	7	4,69	0,62	0,27	0,81	0,28	0,81	2,27
							0,28	0,81	2,31
							0,28	0,80	2,25
Energieeffizienz - ME	[MJ/ EMC]	7	7,67	1,03	0,39	0,86	0,39	0,91	2,66
							0,39	0,91	2,69
							0,39	0,91	2,64
Fütterungseffizienz	[ECM/ TM kg]	10	1,55	0,25	0,09	0,90	0,08	0,89	3,13
							0,08	0,90	3,13
							0,08	0,88	2,97

#LV= Anzahl latenter Variablen

SD= Standardabweichung

SE_c= Standardfehler der Kalibrierung

R²_c= Bestimmtheitsmaß der Kalibrierung

SE_{cv}= Standardfehler der Kreuzvalidierung

R²_{cv}= Bestimmtheitsmaß der Kreuzvalidierung

RPD= Verhältnis der SD zum SE_{cv}. RPD-Werte von unter 2 erlauben den Vergleich von Kuhgruppen und die Unterscheidung hoher oder niedriger Werte. RPD-Werte zwischen 2 und 3 ermöglichen Anwendungen als grobes Screening. RPD-Werte zwischen 3 und 5 ermöglichen Anwendungen mit einem feineren Screening.

Für eine bessere Variabilität und Robustheit der Modelle wurden zudem die standardisierten und nicht standardisierten Spektren zusammen verwendet. Hierbei muss herausgestellt werden, dass die nicht standardisierten Spektren zuvor einen gesonderten Qualitätscheck durchliefen. Die RPD-Werte sind zumeist größer als 3 und ermöglichen somit eine Feinabstufung der von den jeweiligen Kalibrierungen ausgehenden Werte.

Eine Kalibrierung kann immer nur für solche Milch-MIR-Spektren zuverlässig Werte schätzen, die in dem Referenzdatenbestand repräsentiert sind. Insofern erwartet Gengler [8] für die Methan-Kalibrierung weitere Fortschritte, wenn Methanmessungen mit dem GreenFeed®-System als Referenzmethode berücksichtigt werden können. Gleichzeitig gibt es zu bedenken, dass mit dem Einsatz von Futterzusatzstoffen, die die natürliche Methanbildung hemmen, möglicherweise die Aussagegenauigkeit der Methan-Kalibrierung weniger zuverlässig ist.

4 Schlussfolgerungen

Ausgehend von der Güte der mit den MIR-Kalibrierungen ermittelten Schätzwerte ist die Interpretation der Werte entscheidend. Die für Methanemission, Energiesaldo (NEL, ME), Energieeffizienz (NEL, ME) und Fütterungseffizienz erstellten Gleichungen sind statistisch sehr aussagekräftig und ermöglichen Vergleiche zwischen Kuhgruppen bis hin zu einem Screening zur Detektion von Einzeltieren mit Extremwerten. Somit können die ermittelten Werte für das Herdenmanagement genutzt werden, um die Fütterung hinsichtlich einer bedarfsgerechten Versorgung und einer Emissionsreduzierung auszurichten. Da zudem monatlich für jede Kuh in der Milchkontrolle die Werte ermittelt werden können, ist eine züchterische Nutzung ebenso möglich.

5 Literaturverzeichnis

- [1] OptiMIR (2015): New tools for a more sustainable dairy sector. In: <http://www.milkrecording.eu>. Abruf: 13.08.2021.
- [2] Methagene (2017): Large-scale methane measurements on individual ruminants for genetic evaluations. In: <http://www.methagene.eu/>. Abruf: 13.08.2021.
- [3] Gpluse (2018): Genotype plus Environment. Integration for a more sustainable dairy production system. In: <http://www.gpluse.eu/>. Abruf: 13.08.2021.
- [4] Grelet, C., Fernández Pierna, J.A., Dardenne, P., Baeten, V., Dehareng, F. (2015): Standardization of milk mid-infrared spectra from a European dairy network. *J. Dairy Sci.* 98, 2150-2160.
- [5] GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Heft 8, DLG-Verlag Frankfurt a. M.
- [6] Susenbeth, A. (2018): Der Energiebedarf von Milchkühen heutiger Rassen. Tagungsband optiKuh. LfL-Schriftenreihe (2/2018), 40-43.
- [7] Dale, L.M., Werner, A., Spiekers, H., Hertel-Böhnke, P., Stamer, E., Gollé-Leidreiter, F., Au, M., Onken, F., (2019): Prediction of evaluated energy balance (NEL and ME) in dairy cows by milk mid-infrared (MIR) spectra. ICAR Conference 2019. In: https://www.icar.org/Documents/technical_series/ICAR-Technical-Series-no-24-Prague/Dale.pdf. Abruf: 13.08.2021.
- [8] Gengler, N., Dehareng, F., Soyeurt, H., Froidmont, E., Grelet, C., Vanlierde, A. (2021): Possibility of using mid-infrared (MIR) spectra of milk to estimate methane emissions from cows. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*, Volume 30, 145-149, DLG-Verlag Frankfurt a. M.

Implementierung der Ergebnisse in die Zuchtpraxis

D. Segelke

Vereinigte Informationssysteme für Tierhaltung w. V. (vit)
GB Biometrie & Zuchtwertschätzung

Zusammenfassung

Die Merkmale Futteraufnahme, residuale Futteraufnahme und Futtereffizienz sind aktuell Thema vieler nationaler und internationaler Forschungsprojekte. In immer mehr Ländern (z.B. USA, Niederlande, Australien) werden erste Zuchtwerte für diesen Merkmalskomplex geschätzt und den Züchtern bereitgestellt. Diese beruhen aber meist auf vergleichsweise geringen Datengrundlagen und z. T. auf Hilfsmerkmalen. Nationale Lernstichproben mit direkten Merkmalen (Futteraufnahme, Gewichte, Leistung) für die genomische Zuchtwertschätzung sind bisher nur aus Teststationen erhältlich und damit von sehr eingeschränktem Umfang. Aktuell sind internationale Kooperationen in Umsetzung, um größere gemeinsame Lernstichproben zum Nutzen aller zu generieren. Voraussetzung dafür ist allerdings eine harmonisierte Phänotypisierung in allen beteiligten Ländern. Das anzustrebende Merkmal sollte das eingesparte Futter, als Funktion aus residueller Futteraufnahme und Gewicht bzw. Gewichtsveränderung, sein. Insbesondere ist die Futtereffizienz züchterisch in Zusammenhang mit dem Energiedefizit und den daraus folgenden Stoffwechselstörungen am Anfang der Laktation zu sehen. Futtereffizienz kann daher in Gesamtzuchtwerte nur unter gleichzeitiger Berücksichtigung der korrelierten Merkmale – insbesondere des neuen Merkmalskomplexes Gesundheit (Stoffwechselprobleme) - integriert werden.

1 Einleitung

Futteraufnahme, residuale Futteraufnahme und Futtereffizienz – auch in Zusammenhang mit Emissionen – sind in den letzten Jahren Gegenstand vieler nationaler und internationaler Forschungsprojekte. In einigen Ländern (z.B. USA, Niederlande, Australien) werden bereits Zuchtwerte für diesen Merkmalskomplex geschätzt und veröffentlicht, diese basieren auf Hilfsmerkmalen und einer vergleichsweise begrenzten direkten Datengrundlage. Da das Merkmal ökonomisch bedeutsam ist und in einigen Ländern dazu bereits Zuchtwerte verfügbar sind, ist – vor allem in der Holsteinzucht – die Nachfrage aus den Zuchtorganisationen in Deutschland groß, eine entsprechende Zuchtwertschätzung zu entwickeln und das Merkmal im Gesamtzuchtwert zu verankern.

RODEHUTSCORD [1] fasst Überlegungen zur Erfassung, züchterischen Bewertung und Selektion von Futteraufnahme und Futtereffizienz zusammen. Dabei stellt er auch die Herausforderung einer Berücksichtigung dieses Merkmalskomplexes in der Zucht unter gleichzeitiger Vermeidung ungünstiger Effekte im Bereich Stoffwechselerkrankungen heraus. PRYCE et al. [2] schlagen das Merkmal „Residual Feed Intake“ (RFI) als Merkmal der Wahl vor und haben dafür in Australien bereits eine entsprechende Zuchtwertschätzung implementiert. Dabei wird die verbleibende genetische Variabilität in der Futteraufnahme zwischen Tieren geschätzt, die nicht durch Leistung (Milchleistung) und Erhaltungsbedarf (Körpergewicht) erklärt werden kann.

2 Material und Methoden

Merkmalsdefinition

Futteraufwand oder Residual Feed Intake, PRYCE [2] erfassen nicht die insgesamt zu betrachtende Problematik der Futtereffizienz, da sie Gewichtsveränderungen während des Laktationsverlaufs nicht berücksichtigen. Im Hinblick auf eine anzustrebende, möglichst ausgewogene Energiebilanz zur Vermeidung von Stoffwechselstörungen sind Informationen zum Ab- oder Aufbau von Körpersubstanz unbedingt in das Merkmal der Wahl zu integrieren. Das Zielmerkmal eines Zuchtwertes „Futterersparnis“ (FE) stellt sich als Funktion aus dem Zuchtwert Körpergewicht und einem Zuchtwert residueller Futteraufnahme dar. Die residuale Futteraufnahme errechnet sich hierbei auch der gemessenen und errechneten Futteraufnahme.

Futtereffizienz dürfte auch über den Laktationsverlauf unterschiedliche Wertigkeit und anzustrebende Selektionsrichtungen haben. In der Laktationsspitze sollte in Anbetracht der genannten Risiken von Stoffwechselstörungen in erster Linie auf hohe Futteraufnahme ohne zu viel Gewicht auf Futtereffizienz gezüchtet werden. Erst in der zweiten Laktationshälfte kann auf erhöhte Futtereffizienz selektiert werden. Aus diesen züchterisch schwierigen Konstellationen ist auch ein Testtagsmodell zur Zuchtwertschätzung des Merkmals denkbar, in dem der Verlauf des Merkmals über die gesamte Laktation abgeschätzt werden kann. Erste Ergebnisse lassen zudem vermuten, dass die genetische Determination innerhalb der Laktation unterschiedlich ist und dass das Merkmal zum Anfang der Laktation von anderen Genen beeinflusst wird als zum Ende der Laktation. Ein Testtagsmodell wäre hier prädestiniert solche kausalen Beziehungen zu modellieren.

Benötigte Datenerfassung

Aus der o.g. Merkmalsdefinition ist ersichtlich, dass eine sehr aufwändige Datenerfassung aufzubauen ist, in der neben der bereits aus der Standard-MLP vorliegenden Information, der Testtagsleistung in ECM, die zusätzlich benötigten Informationen zur Futteraufnahme und zum Gewichtsverlauf an mehreren Tagen der Laktation zu erfassen sind. Dies ist in der breiten Fläche bzw. MLP nicht möglich. Bisherige Daten zur Futteraufnahme und Gewichten liegen in Deutschland nur aus Teststationen vor. Um die Datenbasis zu vergrößern sind internationale Kooperationen für Kuhlernstichproben geschlossen wurden. Allerdings muss hier eine international harmonisierte Erfassung der Merkmale vorangetrieben werden. Zusätzlich sind aktuell interessante Entwicklungen im Bereich der Futteraufnahmeerfassung via Kameras zu beobachten. Erste Ergebnisse sind vielversprechend und könnte ggf. dazu führen, dass zukünftig in deutlich mehr Betrieben die tierindividuelle Futteraufnahme erfasst werden kann.

Häufig werden auch Hilfsmerkmale aus der Exterieurbeurteilung (BCS, Größe, Körpertiefe, ...) zur Abschätzung des Gewichts propagiert. Diese haben aber selbst zur Bestimmung des Gewichts am Tag der Klassifizierung nur eingeschränkte Aussagekraft und lassen zudem keine Aussage über den Gewichtsverlauf zu.

3 Diskussion

Die Methodik zur Zuchtwertschätzung für Futtereffizienz ist in den Schätzstellen entwickelt und verfügbar. Dies kann unter Verwendung von Kuhlernstichproben mittels One Step- oder Two Step- Verfahren erfolgen. Die Zuchtwertschätzung an sich ist also – die nötigen Daten vorausgesetzt – nicht die Problematik. Eine Herausforderung dürfte aber die korrekte Berücksichtigung der Futtereffizienz im Zuchtziel bzw. Gesamtzuchtwert sein. Generell ist die Futtereffizienz immer in Beziehung mit Gesundheitsmerkmalen (Stoffwechselstörungen) zu sehen und kann daher nur gleichzeitig mit diesen in den Gesamtzuchtwert implementiert werden. Dazu sind vorab die genetischen Beziehungen der neuen Merkmale (FE, Gesundheit) und dieser zu den Leistungs- und funktionalen Merkmalen zu schätzen. Ebenso gibt es Hinweise, dass die Futteraufnahme innerhalb der Laktation unterschiedlich genetische Ursachen hat. Dies ist ebenfalls im Zuchtziel zu berücksichtigen. Die Ableitung ökonomischer Gewichte (monetär oder relativ zu den anderen Merkmalen) muss ebenfalls noch erfolgen. Die Einbindung der FE in den Gesamtzuchtwert wird bei reinen Milchrassen und Zweinutzungsrasen unterschiedlich sein, da die genetischen Beziehungen und die wirtschaftliche Wertigkeit des Merkmals anders zu beurteilen sind.

Bei der Definition der um FE und Gesundheit erweiterten Gesamtzuchtwerte sind nach einer theoretischen Ableitung als Gesamtindex auf Basis von genetischen Korrelationen und ökonomischen Gewichten zusätzliche Überprüfungen der theoretisch erreichbaren Selektionsdifferenziale in allen Merkmalen unumgänglich, um unerwünschte korrelierte Auswirkungen in der Zucht zu vermeiden.

4 Schlussfolgerungen

International rückt das Thema Futteraufnahme und Effizienz immer stärker in den Vordergrund. Aufgrund der hohen Kosten für die Datenerfassung bilden sich neue internationalen Kooperationen, um das Thema gemeinsam zu bearbeiten. Um sichere Zuchtwerte zu schätzen muss gleichzeitig aber auch die nationale Datenerfassung über die Ausstattung weiterer Betriebe mit Wiegetrögen oder ggf. zukünftig unter Nutzung von Kamertechnologie vorangetrieben werden.

Eine korrekte Einbeziehung des Merkmals in das Zuchtziel ist schwierig, da zugleich darauf geachtet werden muss, dass keine negativen korrelierten Effekte in anderen Merkmalen auftreten. Wie und mit welcher Merkmalgewichtung die Futtereffizienz in zukünftigen Milchrinderzuchtprogrammen bzw. Gesamtzuchtwerten berücksichtigt werden soll, kann erst nach Schätzung der genetischen Korrelationen zwischen Futtereffizienz und den anderen Merkmalskomplexen des Zuchtziels (Leistung, Nutzungsdauer, Gesundheit, Fruchtbarkeit) abgeleitet werden.

5 Literaturverzeichnis

- [1] RODEHUTSCORD, M., N. TITZE (2018): Herausforderung Futteraufnahme – Überlegungen zur Milchkuh von Morgen. *Züchtungskunde*, 90 (1) 7 – 12.
- [2] PRYCE, J. E., W.J. WALES, Y. DE HAAS, R.F. VEERKAMP, B.J. HAYES (2014): Genomic selection for feed efficiency in dairy cattle. *Anim.*, 8, 1 – 10.

Netzwerk Fokus Tierwohl – Praxiswissen für eine tierwohlgerechte und nachhaltige Nutztierhaltung

H.-J. Herrmann

Bildungs- und Wissenszentrum Boxberg (LSZ), Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Dienstleistungszentrum ländlicher Raum Eifel (DLR), Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG), Forschungsinstitut für biologischen Landbau e.V. (FiBL), Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flutneuordnung Brandenburg (LELF), Landwirtschaftskammer Bremen, Landwirtschaftskammer Hamburg, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Landwirtschaftskammer Saarland, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH), Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA), Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLG), Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLLR), Verband der Landwirtschaftskammern (VLK)

Zusammenfassung

Das Netzwerk Fokus Tierwohl ist ein Wissensnetzwerk, das Landwirte bei der tierwohlgerechten, umweltschonenden und nachhaltigen Nutztierhaltung unterstützt. Das Netzwerk möchte zukunftsfähige Nutztierhalter im Wissen um das Thema Tierwohl unterstützen. Dazu haben sich die landwirtschaftlichen Einrichtungen aller Bundesländer zusammengesetzt. Es wird ein Austausch koordiniert, die Branche vernetzt und dabei auf Transparenz und Öffentlichkeitsarbeit gesetzt. Hierbei wird kein neues Wissen generiert und nicht geforscht, sondern es wird bundesweit vorhandenes Wissen aufbereitet und gebündelt. In drei tierartenspezifischen Tierwohl-Kompetenzzentren Rind, Schwein und Geflügel wird dieses Wissen zusammengetragen, welches im Anschluss methodisch-didaktisch aufbereitet und im weiteren Schritt in die Praxis getragen wird.

1 Netzwerk Fokus Tierwohl

Erstmalig wurde in Deutschland ein großes, bundesweites Netzwerk mit allen Landesanstalten und Landwirtschaftskammern aufgebaut, um das Tierwohl durch Wissenstransfer in die Praxis zu verbessern. Dieses Projekt fördert das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) unter dem Titel „Praxiswissen für eine tierwohlgerechte und nachhaltige Nutztierhaltung“.

Das deutschlandweite Verbundprojekt hat seine Arbeit im Mai 2020 aufgenommen. Mit einer Laufzeit von vorerst drei Jahren und einer Projektfördersumme von rund 15 Mio. € ist es ein wesentlicher Teil der Nutztierstrategie im Rahmen des Bundesprogramms „Nutztierhaltung“. Die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) wurde mit der Projektträgerschaft beauftragt. Die Gesamtprojektkoordination im Verbund mit 17 Partnern aus allen Bundesländern liegt in der Hand des Verbandes der Landwirtschaftskammern (VLK). Durch eine Vielzahl von Veranstaltungen und Wissensformaten in ganz Deutschland wird tierhaltenden Betrieben gebündeltes Wissen zur tierwohlgerechten Haltung von Rindern, Schweinen und Geflügel vermittelt.

Damit soll die Nutztierhaltung in Deutschland tierwohlgerechter und nachhaltiger gestaltet und der Tier- und Umweltschutz sowie die Produktqualität gefördert werden.



Abb. 1: Verbundpartner des Netzwerk Fokus Tierwohl

2 Tierwohl und Nachhaltigkeit in der Nutztierhaltung fördern durch Wissenstransfer

Grundlage des Wissenstransfers ist die Sammlung von wissenschaftlichen Daten und neuen Erkenntnissen aus der angewandten Forschung, aus den Modell- und Demonstrationsvorhaben Tierschutz (MuD), aus anderen aktuellen Projekten, Innovationsprojekten und der angewandten Praxis. Zuständig hierfür sind die drei tierartenspezifischen Tierwohl-Kompetenzzentren für Rind, Schwein und Geflügel bestehend aus Expertinnen und Experten aus ganz Deutschland. Die Aufbereitung und fachlich fundierte Einordnung des Wissens erfolgt in den Geschäftsstellen der Tierwohl-Kompetenzzentren. Sie sind in drei Bundesländern tierartenspezifisch angesiedelt. Der Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen fungiert als Geschäftsstelle des Tierwohl-Kompetenzzentrums Rind, während die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen die Geschäftsstelle Schwein und die Landwirtschaftskammer Niedersachsen die Geschäftsstelle Geflügel übernommen haben.

Halbjährlich berufen die Geschäftsstellen eine tierartsspezifische Sitzung des sogenannten Expertenbeirats ein. Diese setzen und priorisieren Schwerpunktthemen bezüglich Tierwohl, Umweltschutz und Nachhaltigkeit und evaluieren die durchgeführten Wissensvermittlungsaktivitäten. Die Mitglieder des Expertenbeirats setzen sich aus Vertretern der Wissenschaft, der Landwirtschaftskammern und Länderdienststellen, der Dachverbände sowie aus Praktikern zusammen. Basierend auf die durch den Expertenbeirat festgelegten Schwerpunktthemen wurden im Rinderbereich Arbeitsgruppen zu den Themen „Milchkuh“, „Kälber und Jungrinder“ und „Mutterkuh und Mast“ gebildet. Hier werden über die Projektlaufzeit Themen wie z. B. Fütterungs- und Stoffwechsel-Imbalancen, Kälberverluste, Geburtshilfe und -überwachung, Muttergebundene Kälberaufzucht, Bullenmast, alternative Schlachtungsmöglichkeiten / Weideschuss, Tiertransport, Biosicherheit u.v.m. bearbeitet. Bei der Geschäftsstelle Schwein werden Themen wie z. B. Buchtenstruktur, Emissionsminderung, Bauen, Kupierverzicht, Saugferkelverluste und Umgang mit kranken und verletzten Tieren u.v.m. in den Bereichen „Ferkelaufzucht“, „Mast“ und „Sauenhaltung“ bearbeitet. Im Geflügelbereich sind Arbeitsgruppen zu „Pute“, „Masthähnchen“, „Legehennen“ und „Wassergeflügel“ entstanden, die Themen wie z. B. Federpicken / Kannibalismus, Darmgesundheit, Haltungsumwelt, Beurteilung der Tiergesundheit u.v.m. ausarbeiten.

Die durch die Arbeitsgruppen aufbereiteten und in der Folge bundesweit abgestimmten Informationen werden von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG) und dem Forschungsinstitut für biologischen Landbau Deutschland e.V. (FiBL) methodisch und didaktisch aufbereitet. Diese Information wiederum wird den Verbundpartnern in den Bundesländern für den Wissenstransfer durch die Wissensvermittler vor Ort, den Tierwohlmultiplikatoren, zur Verfügung gestellt. Im Rahmen von Veranstaltungen unterschiedlichster Formate in ganz Deutschland wird dieses Wissen in die Praxis getragen.

Ein weiteres Arbeitspaket unter dem Dachprojekt „Netzwerk Fokus Tierwohl“ ist die bundesweite Vernetzung von Impulsbetrieben. Diese haben als Vorreiter ihres Berufsstandes mit innovativen und nachhaltigen Tierwohlkonzepten eine wegweisende Funktion und teilen ihr vorhandenes Wissen mit Kollegen aus der Praxis und weiteren Interessierten. Einem deutschlandweiten Aufruf zur Teilnahme sind, neben Betrieben aus den Netzwerken der Modell- und Demonstrationsvorhaben Tierschutz, auch DLG-Spitzenbetriebe sowie weitere zukunftsorientierte Betriebe gefolgt. Bis zu 50 Betriebe je Tierart (Rind, Schwein und Geflügel) tauschen sich seit Beginn des Jahres 2021 in den tierartsspezifischen Netzwerken zu ihren Erfahrungen und zu neuen Erkenntnissen aus.

3 Arbeit in den Arbeitsgruppen im Rinderbereich

Im Tierwohl-Kompetenzzentrum Rind werden aktuell acht Themen in unterschiedlichen Arbeitsgruppen bearbeitet. Hierfür wurden speziell für jede Arbeitsgruppe passende Expertinnen und Experten ausgewählt, die sich mit dem jeweiligen Thema beschäftigen.

In der Milchkuhhaltung sind die Themen Klauengesundheit, Umgang mit kranken und verletzten Tieren und die verlängerte Zwischenkalbezeit in aktueller Bearbeitung. Der Kälber- und Jungrinderbereich erarbeitet die Tränkesysteme und die Hygiene in der Kälberhaltung sowie den stressarmen Umgang mit Jungrindern. Die Arbeitsgruppen „Mutterkuh“ und „Mast“ beschäftigen sich mit den Haltungssystemen in der Bullenmast und mit der Weidehaltung von Mutterkühen. Andere Schwerpunktthemen, die vom Expertenbeirat Rind gesetzt und priorisiert wurden, sollen über die weitere Projektlaufzeit erarbeitet werden. Ziel in den Arbeitsgruppen ist es, die Ansprüche der Zielgruppe an das jeweilige Thema zu analysieren und die „Knackpunkte“, die die Umsetzung in die Praxis bislang ggf. behindert haben,

festzustellen. Die entstehenden und deutschlandweit abgestimmten Fachinformationen werden in unterschiedlichen Formaten in die Praxis getragen. Die Projekthomepage (www.fokus-tierwohl.de) spielt hierbei eine trage Rolle.

4 Treiber für Innovationen

Aufgrund der starken Besetzung aus jedem Bundesland, ist ein bisher beispielloes großes Netzwerk entstanden, welches vorhandenes Wissen bündelt und mit großer Strahlkraft in die breite Praxis trägt. Dies hat in solchem Umfang noch nicht stattgefunden und ist einmalig und neu. Durch die Förderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft kann die Wissensvermittlung und -bereitstellung kostenlos für jeden Landwirt und auch die interessierte Öffentlichkeit angeboten werden. Dieses Wissen wird in unterschiedlichen Formaten von Workshops, über Online-Veranstaltungen, aber auch durch Stable-Schools und weitere innovative Formate vermittelt. Zudem ist das neu zusammengestellte und aufbereitete Wissen über die projekteigene Homepage kostenlos abrufbar (www.fokus-tierwohl.de).

Die Bündelung der Fachinformationen der unterschiedlichen Tierarten entsteht mit großer Expertise in Arbeitsgruppen sowie über einen hochkarätigen Expertenbeirat. Durch unterschiedliche Medienformate (z.B. Broschüren, Videos, Podcasts, u. v. m.) wird dieses Wissen methodisch-didaktisch aufarbeitet. Neuste Erkenntnisse aus aktuellen Projekten werden hierbei berücksichtigt und integriert. Somit stellt das Netzwerk Fokus Tierwohl einen wichtigen Multiplikator für MuD Tierschutz und weiteren Innovationsprojekte dar und kann der Bekanntmachung und Vermittlung neuester Erkenntnisse dienen.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Abb. 2: Förderlogo



Abb. 3: Logo Netzwerk Fokus Tierwohl

Vergleich der Methanemission von Fleckviehmilchkühen bei unterschiedlichem Anteil von Gras- und Maissilage im Grobfutter

E. Gerster, T. Jilg, M. Ismail und W. Reutlinger

Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg, Aulendorf

Zusammenfassung

Während eines neunwöchigen Vergleichs (Cross-Over-Design) einer Mais- mit einer Grassilage betonten Fütterung wurden am Landwirtschaftlichen Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW) die Auswirkungen auf Futteraufnahme, Milchleistung und Methan- (CH_4) Emission von Fleckviehmilchkühen ($N = 30$) untersucht. Die CH_4 -Emission wurde mit dem GreenFeed-System gemessen. Mehr Maissilage senkte den Milchfettgehalt und die CH_4 -Emission pro Tier und Tag, pro kg Trockenmasse (TM) sowie pro kg Milch.

1 Einleitung

Der Klimawandel ist das drängendste, Menschen gemachte Problem unserer Zeit. Der aktuelle Klimabericht des IPCC [1] stellt fest, dass wir mit vielen der Auswirkungen (Klima- und Wetterextreme) bereits heute leben müssen. Im Pariser Übereinkommen bekräftigten die Vertragsparteien alle Anstrengungen zu unternehmen, um die durchschnittliche Erdtemperatur auf $1,5^\circ\text{C}$ über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen [2]. Um dieser Verpflichtung nachzukommen, hat Deutschland seine Treibhausgasminderungsziele im Juli 2021 nachgeschärft. Auch der Sektor Landwirtschaft ist herausgefordert.

Das Reduktionspotential bei CH_4 , das von Milchkühen emittiert wird, steht aktuell im Fokus zahlreicher Forschungsprojekte, so auch im MethaKuh-Projekt des LAZBW. Durch die Verdauungsvorgänge im Vormagensystem von Milchkühen entstehen rund 43 % der gesamten CH_4 -Emissionen aus der Landwirtschaft in Deutschland bzw. rund 22 % der gesamten Emissionen an CO_2 -Äquivalenten [3] (S. 483-486). Gleichzeitig übernehmen Milchkühe und andere Wiederkäuer eine zentrale Rolle in der Sicherung von Dauergrünlandflächen, die als Kohlenstoffsенке einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Erst durch ihre Symbiose im anaeroben Pansenmilieu mit einer komplexen Mikrobiota ist die Milchkühe in der Lage, für den Menschen nicht verdauliche Strukturkohlenhydrate zu verwerten. Um die Fermentation im Pansen nicht zu beeinträchtigen, ist die Abfuhr von Wasserstoff aus dem Vormagensystem, und somit die Methanogenese, zwingend erforderlich.

Innerhalb der physiologischen Grenzen gibt es dennoch Fütterungsstrategien, welche das Potential haben, die Methanemission von Milchkühen zu reduzieren. Nach Knapp et al. [4] ist eine dieser Strategien die Zusammensetzung der kurzkettigen, flüchtigen Fettsäuren im Pansen zu beeinflussen. In diese Strategie lässt sich die Untersuchung am LAZBW, deren Ergebnisse nachfolgend vorgestellt werden, einordnen: es wurde überprüft, welchen Einfluss das Grassilage-/Maissilage-Verhältnis im Grobfutter auf die CH_4 -Emission, Futteraufnahme und Milchleistung haben.

2 Material und Methoden

Die Untersuchung erfolgte im Zeitraum 03.02. - 08.04.21 mit 32 Fleckviehkühen im Cross-Over-Design (2 Behandlungen, 2 Perioden à 28 Tage). Abb. 1 veranschaulicht den Aufbau und Ablauf der Untersuchung.

	Aufstallen	Periode 1		Periode 2	
		Anpassung	Datenerfassung	Anpassung	Datenerfassung
	Vw ¹⁾ 0	Vw 1-2	Vw 3-4	Vw 5-6	Vw 7-8
Gruppe 1	Mais_60%	Mais_60%		Gras_60%	
Gruppe 2	Mais_60%	Gras_60%		Mais_60%	

Abb. 1: Untersuchungsdesign (Gruppe 1 N = 16; Gruppe 2 N = 14; ¹⁾ Vw = Versuchswoche)

Die Tiere wurden nach Laktationstag, Laktationsnummer, Lebendmasse und Milchleistung für die Gruppeneinteilung gepaart. Die Kühe eines Paares wurden dann zufällig den beiden Gruppen zugeteilt. Zwei Kühe mussten nachträglich aus der Auswertung ausgeschlossen wegen regelmäßiger Propylenglykol-Gaben bzw. einer zu geringen Anzahl an CH₄-Messwerten. Im Durchschnitt während der ausgewerteten Versuchswochen 3-4 und 7-8 waren die in der Auswertung berücksichtigten Tiere in Gruppe 1 bzw. Gruppe 2 im Laktationstag 160 ± 68 bzw. 160 ± 81 und hatten die $3,2 \pm 1,7$ bzw. $3,1 \pm 1,6$ Laktationsnummern.

Die Rationsplanung sah für die beiden Behandlungen die in Tab. 1 gelistete Zusammensetzung der aufgewerteten Trogration vor, die auf rund 27 kg Energiekorrigierte Milchleistung (ECM) ausgelegt war. Während die Ration Mais_60% mit 61 % in der Grobfutter-TM Maissilage betont war, war die Ration Gras_60% Grassilage betont (62 % in der Grobfutter-TM). Die Maissilage betonte Ration enthielt etwa das Doppelte an Stroh als die Grassilage betonte Ration, um eine ausreichende Strukturversorgung zu gewährleisten.

Tab. 1: Zusammensetzung der geplanten und tatsächlich gefütterten Trogration

in % der TM	geplant		tatsächlich	
Futterkomponenten	Mais_60%	Gras_60%	Mais_60%	Gras_60%
Grassilage, 2. Schnitt	23,9 (30,4 ²⁾)	50,2 (63,9 ²⁾)	23,6 (30,3 ²⁾)	48,2 (61,8 ²⁾)
Maissilage	48,0 (61,2 ²⁾)	25,5 (32,5 ²⁾)	47,6 (61,1 ²⁾)	25,6 (32,8 ²⁾)
Stroh, Gerste	6,6 (8,4 ²⁾)	2,8 (3,6 ²⁾)	6,7 (8,6 ²⁾)	4,2 (5,4 ²⁾)
Rapsextraktionsschrot	15,3	11,4	15,5	11,9
Getreidemischung ¹⁾	4,8	9,0	5,1	8,9
Harnstoffergänzer	0,5	0,3	0,5	0,3
Mineralfutter	1,1	1,0	1,1	0,9

¹⁾ WWeizen/WGerste/Ackerbohnen-Erbse/Körnermais 30/30/20/20 %

²⁾ in % der Grobfutter-TM

Da die Tiere mit dem Automatischen Melksystem (AMS) (VMS300; DeLaval, Schweden) gemolken wurden, hatte dort darüber hinaus jede Kuh ein tägliches Anrecht auf 3 kg Leistungskraftfutter. Die Energiekonzentration sowie die Konzentration ausgewählter Nähr-

und Mineralstoffe in den beiden Trogrationen sowie im Leistungskraftfutter sind in Tab. 2 angegeben.

Tab. 2: Energie-, Nähr- und Mineralstoffkonzentration der gefütterten (ist), aufgewerteten Trogration sowie des Leistungskraftfutters

pro kg TM	Trogration		Leistungskraftfutter ¹⁾
	Mais - 60%	Gras - 60%	
Merkmal			
TM, g ²⁾	431	432	868
Energie, MJ NEL	6,6	6,6	8,0
Ruminale-N-Bilanz, g	0,2	0,9	2,3
nutzbares Rohprotein, g	151	150	185
aNDFom, g	384	397	212
NFC, g	365	337	495
Kalzium, g	7,0	7,2	10,0
Phosphor, g	4,6	4,7	7,9

¹⁾ WWeizen/WGerste/Rapsextraktionsschrot/Körnermais/Melasse/Mineralfutter 25/30/30/10/2/3 %

²⁾ pro kg Futter

Gemessen wurden die Aufnahme von Trogration und Tränkwasser an Wiegetrögen (RIC; Hokofarm, Niederlande), der Abruf des Leistungskraftfutters sowie die Milchleistung am AMS und die CH₄-Emission in der Ausatemluft an zwei GreenFeed-Geräten (C-Lock Inc., USA). Im Mittel (\pm s) lagen pro Tier täglich $3,3 \pm 1,3$ CH₄-Messungen vor. Gewogen wurden die Tiere einmal pro Woche. Die Milchhaltsstoffe wurden einmal wöchentlich analysiert vom Milchprüfing in Baden-Württemberg e. V. (Kirchheim, Teck). Die Futter-Einzelkomponenten wurden 14tägig beprobt und nasschemisch im Futtermittellabor des LAZBW analysiert.

Als Datengrundlage für die statistische Auswertung diente der zu Versuchswochen-Mittelwerten zusammengefasste Datensatz aus den zwei Perioden mit Datenerfassung. Die statistische Auswertung in SAS 9.4 erfolgte mittels eines gemischten linearen Modelles unter Berücksichtigung der fixen Effekte Laktationsnummern-Klasse (lnrcl: 1.; 2.; 3.+4. und ≥ 5 . Laktation), Laktationstags-Klasse (ltgcl: < 100.; 100. \leq Laktationstag < 200.; ≥ 200 .), Versuchswoche (vw: 3.; 4.; 7.; 8.), Behandlung (Mais_60%; Gras_60%) sowie der Wechselwirkung der beiden letztgenannten. Das Tier wurde als *zufälliger Effekt* ins Modell aufgenommen:

$$y = \text{lnrcl} + \text{ltgcl} + \text{vw} + \text{behandlung} + \text{vw} * \text{behandlung} + \text{tier} + e$$

Innerhalb einer Periode an einem Tier erfasste Merkmale wurden als wiederholte Messungen (Typ AR(1)) betrachtet. Paarweise Mittelwert-Vergleiche wurden mit Bonferroni-Korrektur durchgeführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Wechselwirkung zwischen Versuchswoche und Behandlung war signifikant ($p \leq 0,05$) im Hinblick auf die Maissilage-Aufnahme (Tab. 3). Die paarweisen Mittelwert-Vergleiche ergaben aber, wie beabsichtigt, eine in allen Versuchswochen signifikant, und mit 4,5 bis 5,1 kg TM deutlich, höhere Maissilage-Aufnahme in der Behandlung Mais_60%. Die höhere Maissilage-Aufnahme im Vergleich zur Behandlung Gras_60% hatte einen signifikant geringeren Milchfettgehalt zur Folge. Die signifikant höhere NFC-Aufnahme und die tendenziell ($p \leq 0,1$) geringere Aufnahme an aNDFom, die in der Behandlung Mais_60% trotz des teilweisen Ausgleichs der unterschiedlichen aNDFom-Konzentration von Mais- vs. Grassilage mit Stroh ermittelt wurde, kann hierfür als Ursache genannt werden. Anders als bei Hammond et al. [5] hatte die höhere Maissilage-Aufnahme keinen Einfluss auf die Futterraufnahme oder Milchleistung.

Tab. 3: Ausgewählte Milchleistungs- und Futterraufnahme-Ergebnisse

Merkmal, pro Tier und Tag	Mais - 60%	Gras - 60%	p(Behandlung)	p(vw*Behandlung)
	LSmeans \pm SE			
Milchleistung, kg	36,9 \pm 1,3	36,5 \pm 1,3	0,2065	0,7483
Milchfett, %	3,78 \pm 0,06	3,91 \pm 0,06	0,0311	0,9088
Milcheiweiß, %	3,66 \pm 0,05	3,67 \pm 0,05	0,6459	0,1746
ECM, kg	36,6 \pm 1,2	36,7 \pm 1,2	0,8580	0,6373
Futterraufnahme, kg TM	23,9 \pm 0,4	23,6 \pm 0,4	0,1840	0,6713
Maissilage, kg TM	10,0 \pm 0,2	5,2 \pm 0,2	< 0,0001	< 0,0001
Grassilage, kg TM	5,0 \pm 0,1	10,1 \pm 0,1	< 0,0001	0,1271
Stroh, kg TM	1,4 \pm 0,02	0,8 \pm 0,02	< 0,0001	0,0006
aNDFom-Aufnahme, g	8689 \pm 160	8830 \pm 157	0,0917	0,5612
NFC-Aufnahme, g	9101 \pm 145	8424 \pm 141	< 0,0001	0,2151

Abb. 2 verdeutlicht, dass die beschriebene Differenz der Aufnahme an NFC und aNDFom zwischen den beiden Behandlungen eine tendenziell unterschiedlich hohe CH₄-Emission pro Tier und Tag zur Folge hatte.

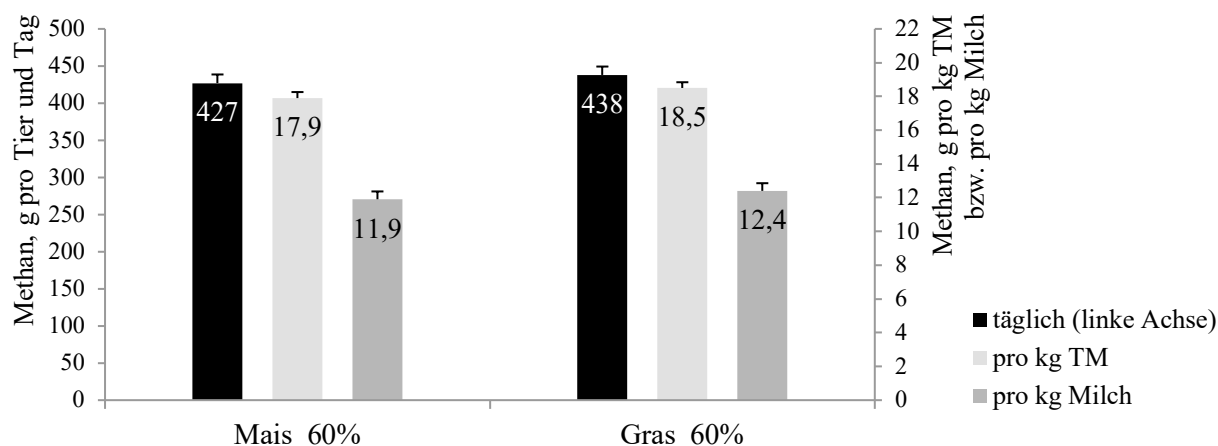


Abb. 2: CH₄-Emission nach Behandlung in g (*Lsmeans* ± *SE*) pro Tag ($p(\text{Behandlung}) = 0,0821$), pro kg TM ($p(\text{Behandlung}) = 0,0197$) und pro kg Milch ($p(\text{Behandlung}) = 0,0142$)

Die geringere CH₄-Emission (Differenz = 11 g/Tag) bei Maissilage betonter Fütterung war erwartet worden [5 und 6], weil eine höhere Aufnahme an NFC die Bildung von Propionsäure als Abbauprodukt während der Fermentation im Pansen fördert und damit die Methanogenese hemmt. Bei gleich hoher Futtermittel- und Milchleistung wurde von den Tieren pro kg TM bzw. pro kg Milch bei Maissilage betonter Fütterung signifikant weniger CH₄ emittiert (siehe Abb. 2). Diese Reduktion bei Mais_60% im Vergleich zu Gras_60% betrug jeweils ca. 4%. Pro g aufgenommener aNDFom wurden 0,05 g CH₄ emittiert, unabhängig von der Behandlung ($p(\text{Behandlung}) = 0,5361$).

4 Schlussfolgerungen

Durch eine Maissilage betonte Fütterung kann die CH₄-Emission pro Kuh und Tag, pro kg TM und pro kg Milch im Vergleich zu einer Grassilage betonter Fütterung reduziert werden. Allerdings bedarf es einer ganzheitlichen Betrachtung von Milchviehbetrieben, welche eine Mais- oder Grassilage betonte Fütterungsstrategie umsetzen, um den gesamten Ausstoß an CO₂-Äquivalten von Futter- bis Milchproduktion vergleichend bewerten zu können.

5 Literaturverzeichnis

- [1] IPCC (2021): Sechster IPCC-Sachstandsbericht (AR6), 2021-2022, Arbeitsgruppe I: Naturwissenschaftliche Grundlagen, Hauptaussagen aus der Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. Online, 10.08.21, <https://www.de-ipcc.de/270.php>.
- [2] UNFCCC (2015): Übereinkommen von Paris. Online, 10.08.21, https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/paris_abkommen_bf.pdf.
- [3] Umweltbundesamt (2019): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2019. Online, 10.08.21, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-05-28_cc_23-2019_nir-2019_0.pdf
- [4] Knapp, J.R., Laur, G.L., Vadas, P.A., Weiss, W.P. und Tricarico, J.M. (2014): Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *J. Dairy Sci.* 97, 3231-3261.
- [5] Hammond, K.J., Jones, A.K., Humphries, D.J., Crompton, L.A. und Reynolds, C.K. (2016): Effects of diet forage source and neutral detergent fiber content on production of dairy cattle and methane emissions determined using GreenFeed and respiration chamber techniques. *J. Dairy Sci.* 99, 7904-7917.
- [6] Reynolds, C.K., Crompton, L.A., Mills, J.A.N., Humphries, D.J., Kirton, P., Relling, A.E., Misselbrook, T.H., Chadwick, D.R. und Givens, D.I. (2010): Effects of diet protein level and forage source on energy and nitrogen balance and methane and nitrogen excretion in lactating dairy cows. EAAP publication No. 127, 463-464.

Hinweis

Diese Untersuchung wurde mit Mitteln des Ministeriums für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg im Rahmen des Projekts MethaKuh gefördert. Der Datensatz wurde außerdem für das Projekt eMissionCow zur Verfügung gestellt.

Die Methanemissionen aus der Milchkuhhaltung bei Fütterung von Gras- und Maissilage-basierten Rationen

Die Methanemissionen aus der Milchkuhhaltung bei Fütterung von Gras- und Maissilage-basierten Rationen

FBN / Wilhelm-Stahl-Allee 2 / 18196 Dummerstorf / www.fbn-dummerstorf.de

Isabel van Ackern und Björn Kuhla

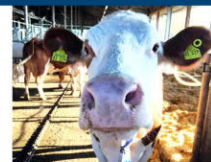
Institut für Ernährungsphysiologie "Oskar Kellner"



Hintergrund

Die Europäische Union hat laut Klimaschutzgesetz das Ziel, bis 2030 mindestens 55 % der klimaschädlichen Emissionen im Vergleich zu 1990 mindern (Stand 2019: 35,1 %) [1]. Es ist daher entscheidend, u.a. auch die Emissionen aus der Landwirtschaft weiter zu senken um dieses Ziel zu erreichen.

Ziel des Teilprojektes war es, die Methanemissionen von Milchkühen durch eine optimierte Rationsgestaltung zu verringern.



Tierauswahl und experimentelles Design

- 20 nicht-tragende Fleckvieh-Kühe in 1. - 10. Laktation; > 120. Laktationstag
- Durchschnittliche Milchleistung 15,6 ± 1,1 L/d; durchschnittliches Körpergewicht 747 ± 15 kg
- Fütterungsgrundlage: Grassilage (GS) oder Maissilage (MS)-basierte Totale Mischration (Tabelle 1)
- Ad libitum Fütterung im Crossover Design, jeweils vier Wochen im Stall und in Respirationsskammer (Abbildung 1)
- Indirekte Kalorimetrie inkl. CH₄-Messung über 48 h auf der GS und MS-basierten Ration [2]

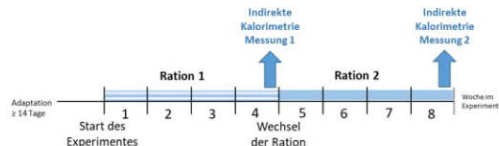
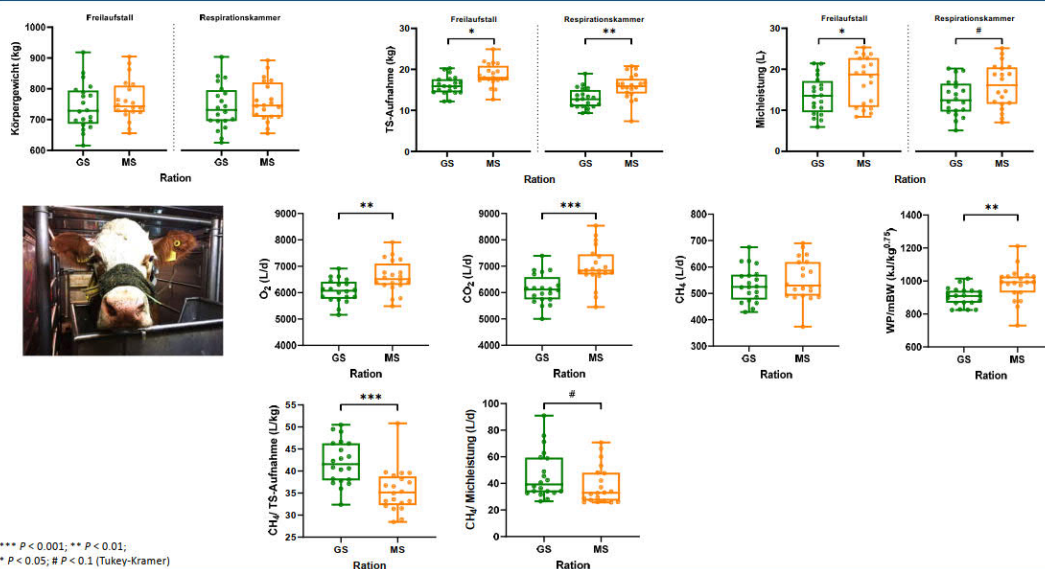


Abbildung 1: Untersuchungsdesign

Tabelle 1. Futterzusammensetzung, Nährstoffzusammensetzung und Energiegehalt der gras- und maissilagenbasierten Ration (Mittelwerte ± SEM).

Komponenten	Grassilage	Maissilage
Zusammensetzung, g/kg TS		
Grassilage	464,9 ± 18,1	---
Maissilage	---	570,9 ± 7,3
Gerstenstroh	---	57,7 ± 13,9
Heu	131,9 ± 17,1	---
Mais, geschrotet	114,9 ± 18,9	78,7 ± 11,0
Weizen, geschrotet	116,5 ± 1,5	44,4 ± 0,5
Sojaextraktionsachrot	---	95,8 ± 5,2
Rapsextraktionsachrot	---	134,8 ± 1,7
Ergänzungsfutter	114,4 ± 5,1	---
Mineralfutter	7,4 ± 0,1	9,9 ± 0,1
Futterkalk	---	5,1 ± 0,1
Viehsalz	---	2,7 ± 0,0
Nährstoffe, g/kg TS		
Rohasche	76,4 ± 2,1	40,6 ± 2,3
Rohprotein	161,6 ± 3,9	158,0 ± 3,5
Rohfaser	190,8 ± 7,9	164,0 ± 2,3
Rohfett	28,0 ± 1,4	34,0 ± 0,7
Stärke	184,2 ± 20,4	296,0 ± 7,3
aNDFom	471,4 ± 17,3	385,4 ± 5,3
ADFom	235,2 ± 11,1	198,8 ± 3,5
ME (MJ/kg TS)	10,7 ± 0,2	11,5 ± 0,1
NE _L (MJ/kg TS)	6,5 ± 0,1	7,0 ± 0,1

Ergebnisse



*** P < 0.001; ** P < 0.01; * P < 0.05; # P < 0.1 (Tukey-Kramer)

Schlussfolgerungen

- Die Fütterung von Grassilage- und Maissilage-basierten Rationen bewirken keine Unterschiede in den Methanemissionen.
- Durch Fütterung von Maissilage-basierten Rationen erhöht sich die Futtermittel- und die Milchleistung, wodurch sich die Emissionen pro Kilogramm eingesetzten Futters bzw. ermolkenener Milch verringern.



[1] UBA (Umweltbundesamt). <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland> (zuletzt abgerufen: 14.7.2021)

[2] Derno, M., et al. (2009) "Technical note: a new facility for continuous respiration measurements in lactating cows." Journal of dairy science: 92, 2804-8.



Schätzung des Methanausstoßes mittels Milchfettsäuremuster - ein Vergleich auf Herden- und Einzeltierebene

A. Seidel*, N. Schnipkoweit* und G. Thaller*

*Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Zusammenfassung

Die Reduktion der Methanemissionen (CH_4) aus der Milchviehwirtschaft ist ein wichtiges Ziel, um die Treibhausgasemissionen zu senken. Die Messung des Ausstoßes ist schwierig und mit hohem Aufwand und Kosten verbunden, sodass stetig nach geeigneten Schätzformeln für die Methanemission der laktierenden Milchkühe gesucht wird. Hierfür eignen sich die Milchfettsäuren in Zusammenhang mit anderen Prediktoren auf Grund des gemeinsamen Stoffwechselweges gut. Ziel dieser Studie war es, Schätzformeln für den Methanausstoß von Milchkühen auf Grundlage von Milchfettsäuren (MFA) gemessen mittels MIR-Spektren zu vergleichen, bei denen alle verwendeten Variablen durch die routinemäßig durchgeführte Milchleistungsprüfung (MLP) der Kühe zur Verfügung stehen und in der breiten Masse von Betrieben angewandt werden können. Dabei sollte ein besonderes Augenmerk auf den Vergleich zwischen Einzeltier und Herdenebene gelegt werden. Die routinemäßige Untersuchung der Milchfettsäuren über die MLP-Proben (Einzeltier- und Sammel-tankprobe) zeigt, dass die Ergebnisse von Einzeltieren und gewichtetem Herdendurchschnitt bzw. Sammel-tankprobe im Mittel eine geringe Varianz aufweisen. Die Ergebnisse der durch eine Literaturrecherche identifizierten Schätzformeln variieren zwischen den Betrieben und zwischen den verwendeten Formeln. Innerhalb Schätzformel und Betrieb zeigen sie sich über Einzeltiere und Herdendurchschnitt (berechnet und Sammel-tankprobe) konsistent.

1 Einleitung

Die landwirtschaftliche Bearbeitung des Bodens, die Ausbringung von Stickstoffdüngemitteln und die Tierhaltung sind entscheidende Emissionsquellen für die Treibhausgase Lachgas (N_2O) und Methan (CH_4). Als Klimagas ist Methan rund 25-mal klimaschädlicher als CO_2 und entsteht in der Tierhaltung unter anderem in Fermentationsprozessen im Magen von Wiederkäuern. [1] Für die Entwicklung von effizienten Emissionsminderungsstrategien in der Landwirtschaft und insbesondere im Milchsektor ist die Messung von Methanemissionen von Milchkühen sehr wichtig. Eine einfache, robuste und kostengünstige Messtechnik, die im großen Maßstab anwendbar ist, um die CH_4 -Emissionen von Milchkühen abzuschätzen, ist daher sehr wünschenswert, bis heute in der Praxis aber nicht gegeben. Milchfettsäuren sind aufgrund des stoffwechselphysiologischen Zusammenhangs von CH_4 und Fettsäuren im Pansen geeignete Prediktoren. Bis vor kurzem war die Gaschromatographie (GC) die wichtigste Methode zur Bestimmung des MFA-Profiles; jedoch ist die GC für Routineanalysen ungeeignet. Dies hat zur Anwendung der Spektroskopie im mittleren Infrarot (MIR) geführt. Zu den Hauptvorteilen der Verwendung der MIR-Spektroskopie zur Vorhersage der CH_4 -Emission gehören ihre Einfachheit und die potenzielle praktische Anwendung im großen Maßstab. Zu den Nachteilen zählen, dass wichtige MFA für die CH_4 -Vorhersage nicht ausreichend genau bestimmt werden können. Daher ist die Integration von

anderen Faktoren wie Milchleistung, Futteraufnahme, Rationskomponenten etc. in vielen Fällen notwendig, um die Vorhersagequalität zu verbessern. [2]. Da nicht alle zusätzlichen Faktoren auf praktischen Milchviehbetrieben vorhanden sind, ist das Ziel dieser Studie, Schätzformeln für den Methanausstoß von Milchkühen auf Grundlage von MFA zu vergleichen, bei denen alle Vorhersageparameter durch die routinemäßig durchgeführte MLP der Kühe zur Verfügung stehen. Dabei wurden in einem ersten Schritt Schätzformeln durch eine umfangreiche Literaturrecherche identifiziert und in einem zweiten Schritt diese Formeln auf Einzeltier- und Herdenebene anhand von Daten aus der MLP, die auf zwei Praxisbetrieben wöchentlich über einen Zeitraum von einem Jahr erhoben worden sind, verglichen. Dabei sollte ebenfalls die Frage geklärt werden, wie gut die MIR-Messungen der Fettsäurezusammensetzung auf Einzelkuh- und Herdenbasis übereinstimmen.

2 Material und Methoden

Als Schätzformeln für den Methanausstoß wurden die patentierten Gleichungen von Engelke et al. 2018 [3] sowie der Firma Valorex [4] verwendet. Die Formel nach Engelke et al. wurde auf Einzeltierbasis entwickelt und gibt die Methanausscheidung in Liter pro Tag aus. Die Formel von Valorex gibt dagegen die Methanemission in g pro Liter Milch an und wurde auf Herdenbasis konzipiert. Beide Formeln verwenden neben zwei spezifischen MFA (SFA in g/100g Fett, C18:0 in g/100g Fett) die Milchmenge (in Litern) bzw. die Energie-korrigierte Milchmenge in kg zur Verbesserung der Vorhersage. Alle Parameter, die für die Schätzung notwendig sind, können aus MLP-Ergebnissen abgeleitet werden. Für einen Vergleich wurden beide Formeln sowohl auf Herden- als auch auf Einzeltierebene angewendet und die geschätzten Methanemissionen auf dieselbe Einheit verrechnet (Liter CH₄/Tag).

Für den Vergleich der im ersten Schritt identifizierten Formeln standen Milchleistungsprüfergebnisse zweier praktischer Betriebe (Betrieb 1, Rasse: Holstein Friesian; Betrieb 2, Rasse: Fleckvieh) mit wöchentlichen Milchkontrollen über einen Zeitraum von ungefähr einem Jahr zur Verfügung. Der Versuchszeitraum im Betrieb 1 ging vom 28.10.2019 bis zum 10.08.2020 (N= 38 MLP-Termine), im Betrieb 2 vom 04.11.2019 bis zum 23.11.2020 (N= 54 MLP-Termine). Die Tiere im Betrieb 1 wurden zwischen dem 5. und 530. Laktationstag, sowie in der 1. bis 9. Laktation untersucht; im Betrieb 2 vom 5. bis 577. Laktationstag, ebenfalls in der 1. bis 9. Laktation. Voraussetzung für die Auswahl der Betriebe war, dass ausschließlich Tiere für die wöchentliche MLP-Einzeltiererergebnisse zur Verfügung standen, die auch in den Milchsammeltank gemolken wurden. Für die Evaluation auf Herdenebene wurde am Tag der MLP analog zu den Milchproben der Einzeltiere bei den Melkungen eine Tages-Sammelprobe aus dem Tank entnommen. Dieses Vorgehen sollte sicherstellen, dass die Ergebnisse der Milchinhaltsstoffe (inkl. Milchfettsäuremuster) aus der MIR-Spektroskopie aus dem zuständigen Labor in Hinblick auf Proben- und Analysenzeitpunkt sowie der verwendeten Konservierer in den Probenahmeflaschen vergleichbar ist. Zusätzlich wurde für den Vergleich auf Herdenebene ein mit der Milchmenge gewichteter Durchschnitt aller Milchinhaltsstoffe aus den Einzeltiererergebnissen gebildet. Für die Schätzformeln standen dann die Tagesmilchmenge, die Milchinhaltsstoffe (Fett% und Eiweiß%) sowie das Milchfettsäuremuster aus der Laboranalytik (MilkoScan; Foss, Hilleroed, Denmark) auf Einzeltierebene für den berechneten, gewichteten Herdendurchschnitt sowie für die analysierte Tanksammelprobe zur Verfügung.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die deskriptive Statistik der Ergebnisse aus der Laboranalytik der Milchinhaltsstoffe (Fett% und Eiweiß%) sowie das Milchfettsäuremuster und die Tagesmilchmenge auf Einzeltierebene für den berechneten, gewichteten Herdendurchschnitt und für die Tanksammelprobe ist in Tab. 1 für Betrieb 1 und Betrieb 2 dargestellt.

Tab. 1: Mittelwert und Standardabweichung (SD) der MLP-Ergebnisse für Milchinhaltsstoffe (Fett%, Eiweiß %) und Milchfettsäuren sowie der Tagesmilchmenge Betrieb 1 und 2.

	Einzeltier		Gewichteter Herden- durchschnitt		Sammeltankprobe Herde	
	Betr. 1	Betr. 2	Betr. 1	Betr. 2	Betr. 1	Betr. 2
Betrieb	Betr. 1	Betr. 2	Betr. 1	Betr. 2	Betr. 1	Betr. 2
Anzahl Beob. (je MLP-Termin)	6496 (171)	2936 (54)	38 (1)	54 (1)	38 (1)	54 (1)
Milchleistung in kg (SD)	38,90 (8,72)	30,71 (8,55)	38,92 (1,26)	31,66 (2,32)	38,92 (1,26)	31,66 (2,32)
ECM in kg (SD)	35,65 (7,47)	30,88 (7,77)	35,65 (0,95)	31,87 (2,11)	36,10 (0,84)	31,79 (2,22)
Fett% (SD)	3,38 (0,79)	4,07 (0,70)	3,31 (0,16)	4,01 (0,23)	3,43 (0,20)	4,00 (0,22)
Eiweiß% (SD)	3,36 (0,46)	3,52 (0,36)	3,33 (0,11)	3,47 (0,06)	3,30 (0,17)	3,45 (0,06)
MUFA g/100ml Milch (SD)	0,93 (0,26)	1,07 (0,29)	0,90 (0,07)	1,05 (0,16)	0,96 (0,08)	1,05 (0,16)
PUFA g/100ml Milch (SD)	0,15 (0,03)	0,19 (0,36)	0,15 (0,02)	0,19 (0,35)	0,15 (0,02)	0,19 (0,35)
SFA g/100ml Milch	2,00 (0,54)	2,57 (0,56)	1,96 (0,12)	2,53 (0,32)	2,01 (0,15)	2,51 (0,32)
SCFA g/100ml Milch	0,32 (0,11)	0,40 (0,19)	0,31 (0,03)	0,40 (0,17)	0,33 (0,04)	0,40 (0,17)
LCFA g/100ml Milch	1,41 (0,37)	1,50 (0,38)	1,38 (0,09)	1,47 (0,15)	1,45 (0,12)	1,47 (0,15)
MCFA g/100ml Milch	1,21 (0,35)	1,79 (0,37)	1,19 (0,12)	1,76 (0,24)	1,26 (0,13)	1,75 (0,23)
TFA g/100ml Milch	0,14 (0,04)	0,18 (0,15)	0,13 (0,02)	0,17 (0,14)	0,14 (0,02)	0,18 (0,14)
c14:0 g/100ml Milch	0,37 (0,08)	0,45 (0,13)	0,37 (0,02)	0,45 (0,14)	0,37 (0,02)	0,44 (0,10)
c16:0 g/100ml Milch	0,78 (0,23)	1,14 (0,22)	0,76 (0,05)	1,12 (0,11)	0,80 (0,06)	1,10 (0,10)

c18:0 g/100ml Milch	0,30 (0,12)	0,39 (0,14)	0,29 (0,04)	0,39 (0,10)	0,29 (0,04)	0,39 (0,10)
c18:1 g/100ml Milch	0,84 (0,24)	0,94 (0,30)	0,82 (0,08)	0,92 (0,12)	0,88 (0,09)	0,92 (0,11)

Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik der beiden Betriebe zeigen, dass die Sammelprobe aus dem Tank parameterübergreifend sehr gut mit dem berechneten, gewichteten Durchschnitt der Einzeltierergebnisse übereinstimmt. Zudem finden sich in Bezug auf die Milchinhaltsstoffe aber auch auf das Milchfettsäuremuster und die Milchmenge deutliche Unterschiede zwischen den Betrieben, sowohl auf Einzeltierebene als auch auf Herdenebene. Diese dürften vorrangig auf die unterschiedlich gehaltenen Rassen zurückzuführen sein (Betrieb 1, Rasse: Holstein Friesian; Betrieb 2, Rasse: Fleckvieh).

In Tab. 2 ist der mit beiden Formeln berechnete Methanausstoß umgerechnet auf Liter Methan pro Tag auf Einzeltierebene für den berechneten, gewichteten Herdendurchschnitt und die Tanksammelprobe gegenübergestellt.

Tab. 2: Mittelwert und Standardabweichung (SD) der Methanausscheidung berechnet nach den unterschiedlichen Formeln

	Einzeltier		Gewichteter Herdendurchschnitt		Sammeltankprobe Herde	
Betrieb	Betr. 1	Betr. 2	Betr. 1	Betr. 2	Betr. 1	Betr. 2
Anzahl Beobachtungen (je MLP-Termin)	6496 (171)	2936 (54)	38 (1)	54 (1)	38 (1)	54 (1)
Methan in Liter/Tag Engelke et al. 2018 (SD)	423,0 (136,1)	485,6 (124,3)	433,2 (48,1)	498,65 (83,3)	410,2 (60,2)	493,0 (80,7)
Methan in Liter/Tag Valorex (SD)	626,7 (110,2)	584,6 (148,1)	635,4 (21,4)	600,0 (110,0)	633,2 (22,0)	595,7 (110,1)

Die Ergebnisse für den Methanausstoß variieren auf Einzeltierebene mehr als auf Herdenebene. Der Ausstoß berechnet mit der Engelke-Formel ist grundsätzlich niedriger als mit der Valorex-Formel. Jedoch sind die Ergebnisse auf Herdenebene innerhalb der genutzten Formel und Betrieb konsistent. Vergleicht man den Ausstoß zwischen den Betrieben hat Betrieb 2 nach der Valorex-Formel einen niedrigeren Methanausstoß als Betrieb 1 (Einzeltier- und Herdenebene). Mit der Engelke-Formel hat Betrieb 1 einen niedrigeren Ausstoß als Betrieb 2 (Einzeltier- und Herdenebene). Dies könnte an den unterschiedlichen Populationen liegen, anhand derer die Schätzformeln entwickelt worden sind. Es bleibt zudem zu klären, ob bei Betrieben, die die gleiche Rasse halten, ebenfalls Unterschiede in der Rangierung auftreten, oder ob auch rasseunabhängige Betriebseffekte hier eine Rolle spielen. Basierend auf der vorliegenden Auswertung kann keine Empfehlung dafür ausgesprochen werden, die Schätzformeln für einen Vergleich zwischen verschiedenen Betrieben

hinsichtlich des Methanausstoßes anzuwenden. Durchaus interessant ist jedoch die wiederholte Anwendung innerhalb eines Betriebes, um den Methanausstoß im Zeitverlauf zu kontrollieren, um so Strategien zur langfristigen Minderung des Ausstoßes zu entwickeln bzw. zu überprüfen. Dafür sind nicht zwangsläufig Untersuchungen von einzelnen Kühen erforderlich, dies könnte auch auf der Basis von Tanksammelproben geschehen.

In Abb. 1 ist der Methanausstoß über den Versuchsverlauf auf Herdenebene abgebildet. Zu erkennen ist, dass der geschätzte Methanausstoß geringe systematische jahreszeitliche Schwankungen aufweist. Für die Bewertung eines Betriebes mittels Milchfettsäuren ist aufgrund der innerbetrieblichen Variation der Schätzwerte eine mehrmals erfolgende Probenahme erforderlich.

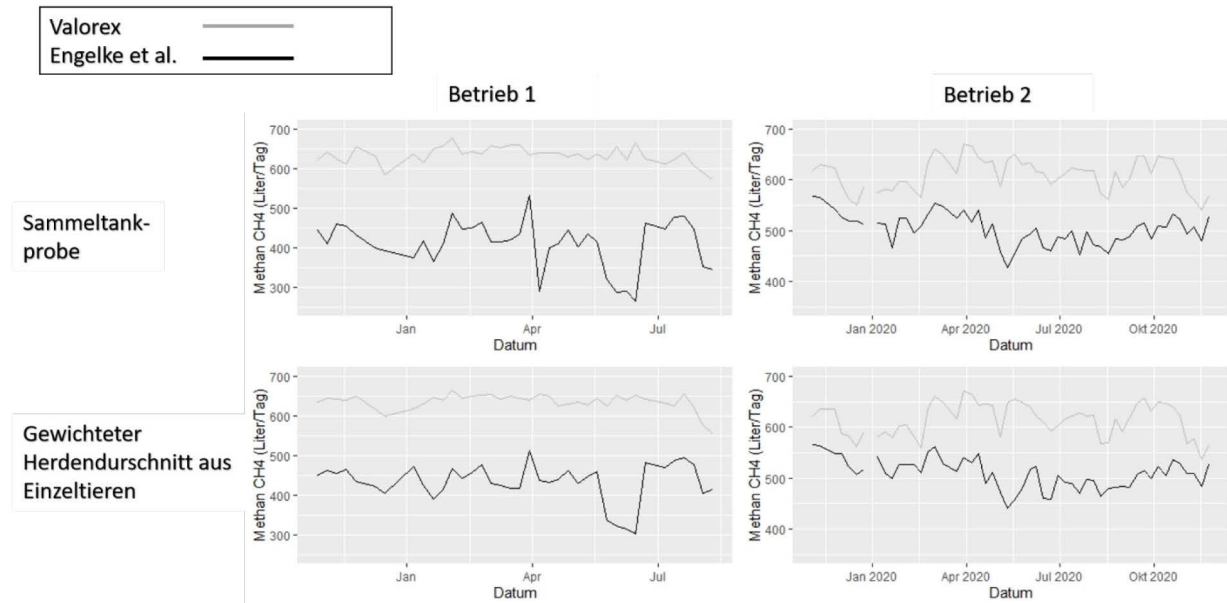


Abb. 1: Vergleich Betriebe und Schätzergebnisse auf Herdenebene über die Versuchszeiträume

4 Schlussfolgerungen

In dieser Studie wiesen Schätzungen des Methanausstoßes auf Grund von routinemäßig erfassten Milchinhaltsstoffen und Milchfettsäuren basierend auf Einzeltierdaten und dem Herdendurchschnitt relativ konsistente Ergebnisse – insbesondere innerhalb eines Betriebes – auf, wobei die Werte je nach verwendeter Formel variieren. Die Datengrundlage dieser Studie lässt jedoch keine Rückschlüsse auf die Qualität der Ergebnisse zu, da ein gemessener Methanausstoß als Goldstandard fehlt. Darüber hinaus lässt sich keine Aussage über die Eignung von Proben im Rahmen der Milchgüteuntersuchungen für entsprechende Auswertungen treffen, da sich das Probenahme-Design der in dieser Studie genommenen Sammel-tankprobe deutlich von einer Milchgüteprobe (Tankwagen) unterscheidet, und zwar im Hinblick auf die Anzahl an Gemelken je Tier im Tank (abhängig vom Abholrhythmus der Meierei) und die Behandlung der Proben (bei der Milchgütebeobachtung wird kein Konserviermittel eingesetzt).

5 Literaturverzeichnis

- [1] Umweltbundesamt (2021): <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas> (abgerufen am 14.08.2021)
- [2] van Gastelen, S., Dijkstra, J. (2016): Prediction of methane emission from lactating dairy cows using milk fatty acids and mid-infrared spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(12), 3963-3968.
- [3] Engelke, S.W., Daş, G., Derno, M., Tuchscherer, A., Berg, W., Kuhla, B., Metges, C. C. (2018): Milk fatty acids estimated by mid-infrared spectroscopy and milk yield can predict methane emissions in dairy cows. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(3), 1-9.
- [4] P. Weill, G. Chesneau, Y. Chilliard, M. Doreau, C. Martin (2009): Method for evaluating the amount of methane produced by a dairy ruminant and method for decreasing and controlling this amount. WO 2009/156453 A1 <https://patents.google.com/patent/WO2009156453A1/en>, Assignee: Valorisation Par Extrusion.

Methanmessung bei Milchkühen Laser-Methan-Detektor vs. Respirationsskammer



METHANMESSUNG BEI MILCHKÜHEN LASER-METHAN-DETEKTOR VS. RESPIRATIONSKAMMER

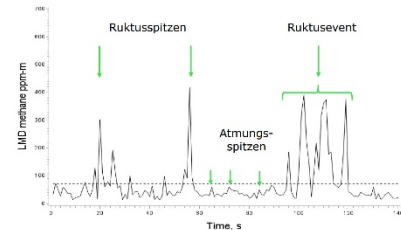


Workshop „Die optimale Kuh: gesund, effizient, umweltgerecht“
28. - 29.09.2021, Braunschweig

J. Kecman¹, L. Grütter, F. Rosner¹, B. Kuhla², H. H. Swalve¹

¹Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur für Tierzucht, Halle (Saale), Deutschland

²Institut für Nutztierbiologie (FBN), Institut für Ernährungsphysiologie „Oskar Kellner“, Abteilung für Stoffwechseleffizienz, Dummerstorf, Deutschland



Einleitung

Die genetische Selektion auf Tiere mit geringerem CH₄-Ausstoß erfordert eine praxistaugliche Methode zur CH₄-Messung mit großer Tierzahl. Im Projekt „OptiKuh“ wurde die CH₄-Messung bei Kühen mittels Laser-Methan-Detektor (LMD) als neue Methode erfolgreich angewandt.

Ziel dieser im Rahmen des eMissionCow-Projektes durchgeführten Studie war es, die mit einem LMD geschätzten und in Respirationsskammern (RK) gemessenen CH₄-Emissionen von laktierenden Kühen zu vergleichen.

Material und Methoden

Untersuchungsort: FBN Dummerstorf Tierzahl: 20 Fleckviehkühe, ø 4. Laktation, ø 283 DIM

➤ Versuchsdesign:



Ergebnisse

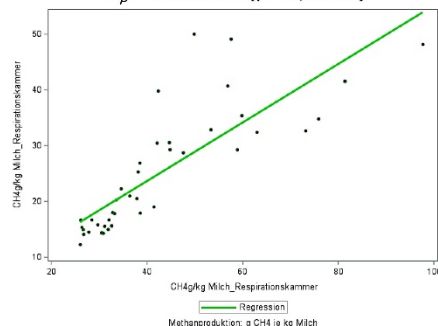
➤ CH₄-Produktion in Abhängigkeit von der Messmethode

Merkmal	LMD	RK
tgl. CH ₄ -Produktion g/Tier	337,3 ^b ±47,0	544,7 ^a ±72,8
tgl. FA, TM-Aufnahme kg/Tier	17,4 ^b ±2,9	14,3 ^a ±3,2
tgl. Milchmenge, kg/Tier	15,4 ^b ±5,3	14,3 ^a ±5,0

➤ Kühe, die mit maissilagebetonter versus grassilagebetonter Futterration gefüttert wurden, wiesen eine höhere tägliche Methanproduktion auf. Dies kann durch die höhere Futteraufnahme der Tiere bei der maissilagebetonten TMR erklärt werden.

➤ Korrelation gCH₄/kg Milk (LMD) x gCH₄/kg Milk (RK)

$$r_p = 0.82099 \quad (p < 0,0001)$$



Schlussfolgerung

- In den RK wurde eine höhere tägliche CH₄-Produktion pro Tier ermittelt als anhand der LMD-Messungen geschätzt wurde.
- Die maissilagebetonte Futterration führte zu einer höheren täglichen Methanproduktion pro Tier.
- Die Messung mit dem LMD erscheint als praxistaugliche Methode sinnvoll zu sein, wenn ein Bezug zur Milchproduktion hergestellt wird.

Die Förderung des Projektes „eMissionCow: Zucht auf Futtereffizienz und reduzierten Methanausstoß beim Milchrind“ erfolgte aus dem Mittel des Zweckvermögens des Bundes bei der landwirtschaftlichen Rentenbank.

3 Beteiligte Einrichtungen und fachlich Verantwortliche

3.1 Projekt eMissionCow

Projektpartner:

*S. Klein*¹, *H. Spiekers*², *G. Thaller*³, *F. Onken*⁴, *B. Kuhla*⁵, *F. Gollé-Leidreiter*⁶, *H. Swalve*⁷, *E. Stamer*⁸, *D. Segelke*⁹

¹ Förderverein für Bioökonomieforschung e.V. (FBF), Bonn

² Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub

³ Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Kiel

⁴ Deutscher Verband für Leistungs- und Qualitätsprüfungen e.V. (DLQ), Bonn

⁵ FBN Dummerstorf, Leibniz-Institut für Nutztierbiologie, Institut für Ernährungsphysiologie, Abteilung für Stoffwechseleffizienz, Dummerstorf

⁶ Landesverband Baden-Württemberg für Leistungsprüfungen in der Tierzucht e.V. (LKV BW), Stuttgart

⁷ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (MLU), Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur für Tierzucht, Halle (Saale)

⁸ TiDa Tier und Daten GmbH, Westensee/BruX

⁹ Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V. (vit), Verden/Aller

Weitere beteiligte Partner:

*K.-U. Götz*¹, *X. Massart*², *N. Gengler*³, *F. Dehareng*⁴

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierzucht, Grub

² European Milk Recording, Ciney, Belgien

³ Universität Liege, Agriculture, Bio-engineering and Chemistry Department, Gembloux, Belgien

⁴ Walloon Agricultural Research Center, Valorisation of Agricultural Products Department (cra-w), Gembloux, Belgien

Weitere Institutionen im Unterauftrag:

- Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW), Aulendorf, T. Jilg, E. Gerster
- Institut für Tierernährung, Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Braunschweig, U. Meyer
- Universität Bonn, Versuchsgut Frankenforst, M. Hölker, U. Müller
- Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp, O. Lamp, L. Prokop
- Institut für Nutztierwissenschaften, Fachgebiet Tierernährung, Universität Hohenheim, E. Haese
- Zentrum für Tierhaltung und Technik der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Iden, T. Engelhard
- Universität Kiel, Versuchsgut Karkendamm, Bimöhlen, W. Junge, A. Seidel
- Landwirtschaftskammer NRW, Fachbereich Tierproduktion, VBZL Haus Riswick, Kleve, J. Denißen, S. Hoppe
- Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung, Hofgut Neumühle, Münchweiler, C. Koch
- Landwirtschaftliche Lehranstalten Triesdorf, Weidenbach, U. Mohr
- Die Versuchsgüter in Grub und Achselschwang, T. Ettle (LfL), W. Müller, G. Hammerl (BaySG), sowie FBN Dummerstorf, B. Kuhla, waren über die Projektpartner miteinbezogen.

3.2 Projekt optiKuh2

Projektpartner:

*H. Spiekers*¹, *M. Schmicke*², *S. Klein*³

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub

² Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (MLU), Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur für Tiergesundheitsmanagement, Halle (Saale)

³ Förderverein für Bioökonomieforschung e.V. (FBF), Bonn

Weitere beteiligte Einrichtungen:

- Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW), Aulendorf, T. Jilg, E. Gerster
- FBN Dummerstorf, Leibniz-Institut für Nutztierbiologie, Institut für Ernährungsphysiologie, Abteilung für Stoffwechseleffizienz, Dummerstorf, B. Kuhla
- HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, Österreich, G. Terler, L. Gruber

-
- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Kiel, G. Thaller, W. Junge
 - Institut für Tierernährung, Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Braunschweig, U. Meyer
 - Landwirtschaftliche Lehranstalten Triesdorf, Weidenbach, U. Mohr
 - Landwirtschaftskammer NRW, Fachbereich Tierproduktion, VBZL Haus Riswick, Kleve, J. Denißen, S. Hoppe
 - Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp, O. Lamp, L. Prokop
 - Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung, Hofgut Neumühle, Münchweiler, C. Koch
 - Zentrum für Tierhaltung und Technik der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Iden, T. Engelhard
 - Institut für Nutztierwissenschaften, Fachgebiet Tierernährung, Universität Hohenheim, E. Haese
 - TiDa Tier und Daten GmbH, Westensee/Brux, E. Stamer, S. Karsten
 - Fakultät für Statistik, TU Dortmund, Dortmund, U. Ligges

4 Danksagung

Dieser Bericht ist das wissenschaftliche Ergebnis zweier Forschungsaufgaben. Davon wurde eine im Projekt eMissionCow von 9 Kooperationspartnern gestellt und unter der Projektkoordination von Dr. Inga Schiefler und Dr. Sebastian Klein vom Förderverein Bioökonomieforschung e.V. (FBF) bearbeitet. Am Projekt optiKuh2 beteiligten sich der FBF und das Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg als Partner unter der Projektkoordination von Prof. Dr. Hubert Spiekers an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).

Fachlich unterstützt wurden die Projekte durch die Unterauftragnehmer mit den Versuchseinrichtungen LAZBW Aulendorf, FLI Braunschweig, LFS Frankenforst, LVZ Futterkamp, Uni Hohenheim, ZTT Iden, Versuchsbetrieb Karkendamm, Hofgut Neumühle, VBZL Haus Riswick und LLA Triesdorf. Das Projekt optiKuh2 wurde zusätzlich durch die HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Österreich unterstützt. Allen Versuchsanstellern möchten wir für die gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit recht herzlich danken.

Für die Abwicklung des Vorhabens sowie Organisation und Durchführung des Abschlussworkshops und Erstellung des Tagungsberichtes möchten wir uns bei den Unterstützern in den Tierernährungsinstituten von FLI und LfL in Braunschweig und Grub besonders herzlich bedanken.

Die Förderung des Projektes eMissionCow erfolgt aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank (Frankfurt am Main, Deutschland). Die Förderung des Vorhabens optiKuh2 erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft liegt bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung. Für die gute Zusammenarbeit und die gewährte Unterstützung unser Dank.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

