



# LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

## Verbundprojekt optiKuh

Abschlussveranstaltung

am 30. - 31.01.2018

im Forum des Thünen-Instituts in Braunschweig



2

2018

Schriftenreihe

ISSN 1611-4159

## **Impressum**

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

Redaktion: Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft  
Prof.-Dürrwaechter-Platz 3, 85586 Poing  
E-Mail: [Tierernaehrung@LfL.bayern.de](mailto:Tierernaehrung@LfL.bayern.de)  
Telefon: 089 99141-401

1. Auflage: Juli 2018

Druck: ES-Druck, 85356 Freising-Tüntenhäusen

Schutzgebühr: 20,00 Euro

© LfL



FRIEDRICH-LOEFFLER-INSTITUT

**FLI**

Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit  
Federal Research Institute for Animal Health



# Abschlussveranstaltung Verbundprojekt optiKuh

30. – 31.01.2018

**H. Spiekers**, LfL-Tierernährung

**P. Hertel-Böhnke**, LfL-Tierernährung

**U. Meyer**, FLI-Tierernährung

(Herausgeber)

## Tagungsband



---

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1. Zusammenfassung .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Programm der Tagung.....</b>	<b>16</b>
<b>3. Beiträge .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1. Einführung.....</b>	<b>18</b>
Projektüberblick - H. Spiekers und P. Hertel-Böhnke, Poing-Grub.....	18
<b>3.2. Themenblock I – Intensität der Milchkuhfütterung .....</b>	<b>24</b>
Welches Energieniveau ist zielführend? - U. Meyer und H. Spiekers, Braunschweig, Poing-Grub .....	24
Einfluss der Grobfutterqualität und des Kraftfutterniveaus bei Teil-TMR über zwei Jahre auf Milchleistungsparameter bei Deutschen Holsteins - J. Denißen et al., Kleve.....	30
Ergebnisse aus zwei Jahren TMR-Fütterung von Milchkühen der Rasse Fleckvieh bei einem Kraftfutteraufwand von 150 oder 250 g pro kg ECM - E. Gerster et al., Aulendorf.....	34
Der Energiebedarf von Milchkühen heutiger Rassen – A. Susenbeth, Kiel.....	40
Ableitung ökonomischer Empfehlungen - J. B. Assheuer, Münster .....	44
Einfluss von Energiekonzentration im Grobfutter sowie Menge an Kraftfutter auf die Futteraufnahme und Leistung bei Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein während der Früh-laktation - R. Schmitz et al., Braunschweig.....	49
Ergebnisse zum Kraftfuttereinsatz bei Milchkühen der Rasse Fleckvieh - N. Kraus et al., Triesdorf.....	53
Effekte von Kraftfutterniveau und Grobfutterqualität auf die Futteraufnahme bei Fleckviehkühen über 2 Jahre – P. Hertel-Böhnke et al., Poing-Grub .....	59
Untersuchungen zum Kraftfuttereinsatz bei Milchkühen der Rassen Fleckvieh und Braunvieh bei gras- oder maissilage-basierten Rationen – T. Ettle et al., Poing- Grub .....	65
Feed efficiency, methane production and physiological imbalance relative to stage of lactation for dairy cows fed rations differing in forage energy content – J. Rischewski et al., Dummerstorf .....	73
<b>3.3. Themenblock II – Möglichkeiten zur Selektion auf     Futteraufnahme und Futtereffizienz.....</b>	<b>77</b>
Möglichkeiten zur Selektion auf Futteraufnahme und Futtereffizienz – G. Thaller, Kiel .....	77
Genetische Parameter für Futteraufnahme – I. Harder et al., Kiel .....	84
Umsetzung der Zucht auf Futtereffizienz in Milchrinder-Zuchtprogrammen – F. Reinhardt, Verden.....	89
Überbetriebliche Datenvernetzung in optiKuh – S. Karsten und E. Stamer, Kiel..	92

---

<b>3.4.</b>	<b>Themenblock III – Milchproduktion und Umweltwirkung .....</b>	<b>96</b>
	Evaluierung der Methanmessung mit dem Laser-Methan-Detektor – D. Sorg et al., Halle.....	96
	Schätzung genetischer Parameter der Methanemission auf Basis von Praxisbetrieben – S. Mühlbach et al., Halle .....	102
	Nutzung der Daten zur Validierung der Maßgaben zur Berechnung der Nährstoffausscheidungen und des Emissionsinventars – H. Spiekers und C. Rösemann, Poing-Grub, Braunschweig.....	106
<b>3.5.</b>	<b>Themenblock IV – Nutzung von Stoffwechselindikatoren .....</b>	<b>111</b>
	Stoffwechselindikatoren – M. Schmicke, Hannover .....	111
	Adiponectin- Neue Erkenntnisse aus optiKuh?! – C. Urh et al., Bonn .....	114
	Assoziation zwischen Futteraufnahme und endokrinen Parametern bei der Milchkuh – J. Denißen et al., Kleve .....	119
	Untersuchungen zur Inzidenz ausgewählter Krankheitskomplexe bei Milchkühen in Abhängigkeit von Rasse und Fütterungsintensität – S. Kiel et al., Poing-Grub .....	123
	Einfluss von Energiekonzentration im Grobfutter sowie Menge an Kraftfutter auf metabolische Parameter bei Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein während der Früh lactation – R. Schmitz et al., Braunschweig .....	126
	Untersuchung zur standardisierten Analyse von Fettsäuren im Rinderhaar – R. Möller et al., Berlin.....	130
<b>3.6.</b>	<b>Themenblock V – Nutzung von Milchkontrolldaten und MIR-Spektren, Sensoren und TKI.....</b>	<b>133</b>
	Nutzung von Sensoren –Datenüberblick, Erfahrungen und Ergebnisse – T. Jilg et al., Aulendorf .....	133
	Nutzung der MIR-Daten – F. Onken, Bonn .....	140
	Transitkuhindex – Objektive Beurteilung des Transitkuhmanagements! – C. Koch und T. Steppin, Münchweiler, Berlin .....	142
<b>3.7.</b>	<b>Abschlussreferat.....</b>	<b>146</b>
	Relevanz der optiKuh-Ergebnisse im Hinblick auf die Forschungsstrategien von BMEL und DAFA – K.-U. Götz, Poing-Grub .....	146
<b>4.</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>149</b>

## Grußwort

optiKuh – BMEL-Projekt aus dem Innovationsprogramm

**Verbundprojekt: Verbesserung der Haltung von Milchkühen durch Zuchtverfahren auf Futterraufnahme und Stoffwechselstabilität sowie Umweltverträglichkeit bei optimierter Fütterungsintensität und Nutzung von Stoffwechselindikatoren sowie Sensoren im Herdenmanagement (*optiKuh*)**

Liebe Leserinnen und Leser,

Lebensmittel tierischer Herkunft sind für die meisten Verbraucher wichtiger Bestandteil der Ernährung. Immer öfter werden aber die modernen Produktionsbedingungen bei der Nutztiererzeugung in den Medien kritisch hinterfragt. So wächst seit Jahren nicht nur in Deutschland das Unbehagen vieler Verbraucher hinsichtlich der Haltungsbedingungen für die Nutztiere.

Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) beobachtet diese Vorgänge nicht nur, sondern trägt auch seit Jahren durch Förderung von Forschung und Entwicklung zur Verbesserung der Produktionsbedingungen bei Lebensmitteln tierischer Herkunft bei.

Im Jahre 2011 wurde eine kritische Aufnahme der Situation vorgenommen und mit Unterstützung durch Wissenschaft und Wirtschaft der „Forschungs- und Innovationsbedarf Nutztiere“ in einem Strategiepapier festgehalten. Im Jahr 2012 legte auch das „Fachforum Nutztiere“ der Deutschen Agrarforschungsallianz (DAFA) eine Forschungsstrategie für die Nutztierhaltung vor.

Zur Umsetzung dieses festgestellten Forschungsbedarfs hat das BMEL im Oktober 2012 eine Bekanntmachung im Bundesanzeiger veröffentlicht mit der zur Einreichung von Forschungsvorschlägen aufgerufen wurde. Im Rahmen der Richtlinie über die „Förderung von Innovationen zur Verbesserung der Haltung von landwirtschaftlichen Nutztieren“ vom 9. Oktober 2012 wurden 96 Skizzen mit 413 Teilprojekten eingereicht. Davon wurden insgesamt 33 Skizzen vom BMEL als förderwürdig eingestuft und bei einer Gesamtaufwandssumme von ca. 39 Mio. Euro mit rund 29 Mio. Euro gefördert.

Eines der umfangreichsten Projekte darunter ist das Projekt OPTIKUH. Das Gesamtvolumen dieses Verbundvorhabens beträgt rund 3,36 Millionen Euro und wird mit Mitteln aus dem Programm zur Innovationsförderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) in Höhe von rund 2,56 Millionen Euro finanziell unterstützt.

Das Verbundvorhaben zielt auf die Verbesserung der Tierzucht, der Fütterung und des Managements ab. Es soll die nachhaltige landwirtschaftliche Nutztierhaltung unter anderem durch die Entwicklung eines Verfahrens zur Verbesserung der Tiergesundheit und der tierschutzrelevanten Merkmale, unter der Berücksichtigung einer effizienten Nährstoffversorgung unterstützen. Des Weiteren soll die Entwicklung von Methoden zur Datenerfassung umwelt- und klimarelevanter Emissionen bei Einzeltieren, die eine Zuchtwertschätzung auf Emissionsvermeidung ermöglicht, erforscht werden. Im Projekt wird die Zucht auf Futterraufnahme, Stoffwechselstabilität und Umweltwirkung sowie der passenden Fütterung im Hinblick auf Kraftfuttereinsatz und Grobfutterqualität untersucht. Innovativ ist auch die Nutzung der Spektraldaten in der Milch, die mobile Messung der Methanemission und der Transition-Kuh-Index als Beratungsinstrument. Das produktionstechnische Controlling in der Milchkuhhaltung soll um den Aspekt Tierwohl erweitert werden.

Dieses Projekt ist besonders interessant, weil in einem sehr großen Konsortium 15 Einrichtungen des Bundes und der Länder sowie Universitäten fachübergreifend aus dem gesamten Bundesgebiet zusammen gearbeitet haben, in 12 Forschungseinrichtungen mit der Möglichkeit zur kuhindividuellen Erfassung der Futteraufnahme.

Am 30. und 31. Januar 2018 fand eine Abschlussveranstaltung zum Projekt OPTIKUH statt in der Ergebnisse vorgestellt wurden die in den nachfolgenden Beiträgen dieses Tagungsbandes detailliert präsentiert werden. Insgesamt kann man feststellen, dass das Verbundvorhaben zur Verbesserung der Tiergesundheit, des Tierschutzes und zur Verminderungen von Emissionen und Umweltwirkungen aus Tierhaltungen beiträgt.

Nach Aussage der beteiligten Wissenschaftler war der Effekt der Vernetzung unterschiedlicher Disziplinen besonders bemerkenswert. Erstmals haben Tierernährer, Tierzüchter und Veterinäre intensiv zusammen gearbeitet und diese Vernetzung soll auch über das Projektende hinaus gepflegt werden. Bemerkenswert ist auch, dass Daten aus zwölf verschiedenen Versuchsställen in einer einheitlichen Datenbank zusammengefasst wurden. Die Zusammenarbeit hört jedoch mit dem Abschluss des Projektes OPTIKUH nicht auf, sondern wird auch mit Förderung durch das BMEL in nachfolgenden Projekten ergänzt.

Dr. Gerhard Justinger

Referat Forschung und Innovation des BMEL





## 1. Zusammenfassung

# Verbesserung der Haltung von Milchkühen durch Zuchtverfahren auf Futteraufnahme und Stoffwechselstabilität sowie Umweltverträglichkeit bei optimierter Fütterungsintensität und Nutzung von Stoffwechselindikatoren sowie Sensoren im Herdenmanagement



Im Rahmen des BLE-Programms „Förderung von Innovationen zur Verbesserung der Haltung von landwirtschaftlichen Nutztieren“ wird das Verbundprojekt optiKuh seit 10/2014 gefördert. Das Projekt optiKuh beschäftigt sich mit der Frage der optimalen Intensität der Milchviehhaltung. Wesentliche Fragen sind: wie soll die Zucht ausgerichtet sein um Tiergesundheit und Leistung zu vereinbaren, welches Kraftfutterniveau ist richtig und was kann der Landwirt in der Ausgestaltung von Futter, Fütterung und Management verbessern? Am Beispiel der konkreten Ergebnisse werden mögliche Innovationen zur Verbesserung der Milchviehhaltung angesprochen.

### **Projektkoordination:**

**Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub:** Prof. Dr. Hubert Spiekers und Dr. Peggy Hertel-Böhnke

**Gefördert durch:** Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft auf Grund eines Beschlusses des deutschen Bundestages

**Projektträger:** Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)

**Weiterführende Informationen:** [www.optiKuh.de](http://www.optiKuh.de)

## Themenblock I - Intensität der Milchkuhfütterung

### Welches Energieniveau ist zielführend?

Das Leistungsvermögen unserer Milchkühe hat sich durch die Zucht auf Milchleistung erheblich erhöht, die Futteraufnahmekapazität dagegen nicht im gleichen Umfang. Umso mehr gewinnt eine entsprechende Ausgestaltung der Fütterung an Bedeutung, um den Bedarf des Tieres an Energie und Nährstoffen zu decken. Der Milchviehhalter kann mit der Qualität des betriebseigenen Grobfutters (Gras- und Maisprodukte) sowie durch den Einsatz von Kraftfutter reagieren. Ein ausgewogener Kraftfutteranteil steht dabei in Hinblick auf tiergerechte Fütterung sowie Ökonomie und Ökologie stark in Diskussion. Der Frage der optimalen Intensität wurde daher in den Fütterungsversuchen nachgegangen. Beim betriebseigenen Grobfutter wurden ein gutes und ein sehr gutes Energieniveau verglichen. Beim Kraftfutter kamen die im ökologischen Landbau üblichen geringen Mengen und die im konventionellen Bereich üblichen höheren Mengen zum Einsatz.

Zur Prüfung der Versuchsfragen wurden an 12 auf dem Gebiet der Forschung mit Milchkühen erfahrenen Versuchseinrichtungen kombinierte Fütterungs- und Zuchtversuche durchgeführt. All diese Einrichtungen verfügen neben der Milchleistung und den Tiergesundheitsdaten über die entsprechende Ausstattung zur Erfassung der täglichen Futteraufnahme beim Einzeltier. Um grundlegende Aussagen zu erarbeiten, wurden die Versuche zur Fütterung nach Möglichkeit über zwei Jahre durchgeführt.

### Aus Fütterungsversuchen ergaben sich folgende Kernaussagen:

- Eine Fütterung mit unterschiedlichen Kraftfutteranteilen ist ohne merkliche Beeinträchtigung von Gesundheit und Stoffwechselgeschehen auch längerfristig möglich. Die Milchleistung steigt in unterschiedlichem Maß mit Anstieg des Kraftfutteranteils. Offensichtlich ist der Effekt kleiner bei Einsatz von Total-Mischrationen (TMR, enthält alle Futterkomponenten) im Vergleich zu Mischration plus Kraftfutter am Abrufautomat.
- Die Anhebung des Energiegehalts im Grobfutter wirkt sich grundsätzlich positiv auf Futteraufnahme und Leistung aus.
- Der Einsatz des Kraftfutters ist ökonomisch entsprechend der einzelbetrieblichen Gegebenheiten zu bewerten. Maßgebend sind hierbei die Preisrelationen von Grob- und Kraftfutter sowie die Erlöse bei Milch und Fleisch. Besseres Grobfutter zu erzeugen und einzusetzen rechnet sich in der Regel.
- Der Energiebedarf ist neu zu fassen. Für den leistungsunabhängigen Bedarf sind höhere Werte anzusetzen. Der Umsatz der Energie für Milchbildung ist effizienter als bisher unterstellt. Die zur Diskussion gestellten Faktoren finden bei den Daten der vorliegenden Versuche Bestätigung.

Die Ergebnisse sollen nun umgesetzt werden und soweit möglich in Innovationen münden. Dies betrifft die zukünftige Ausgestaltung von Versuchen ebenso wie die praktische Milchkuhfütterung.

### **Fazit:**

Die Ausgangshypothese, dass unterschiedliche Kraftfutterniveaus bei entsprechender Qualität des Grobfutters möglich sind, wurde bestätigt. Eine Erhöhung der Grobfutterqualität erlaubt eine Absenkung des Kraftfutteranteils. Die Wahl der Intensität der Fütterung ist unter Beachtung der einzelbetrieblichen Gegebenheiten bezüglich Management, Technisierung, Futtergrundlage und Preisrelation vorzunehmen.

## **Themenblock II - Möglichkeiten zur Selektion auf Futteraufnahme und Futtereffizienz**

Um leistungsstarke Milchkühe bedarfsgerecht zu versorgen, ist ein hohes Futteraufnahmevermögen erforderlich. Dies betrifft insbesondere das erste Drittel der Laktation bei hoher Milchleistung. Ist die Futteraufnahme und somit die Energiezufuhr zu niedrig, kann die Kuh in eine verstärkte Energiemangelsituation geraten und auf körpereigene Reserven zurückgreifen und hierbei Körperfett abbauen. Dies kann zu Problemen mit dem Stoffwechsel führen. Ein zu hoher Futteraufwand ist allerdings auch nicht wünschenswert, da dann die Futtereffizienz schlechter wird - mit negativen Folgen für die Kosten und mögliche Emissionen. Es sind somit möglichst die Tiere für die weitere Zucht zu identifizieren, die eine hohe Futteraufnahme und Milchleistung mit Stoffwechselstabilität optimal miteinander verbinden. Hierzu müssen von möglichst vielen Tieren die Daten zu Leistung, Futteraufnahme, Gesundheit und Stoffwechselgeschehen in täglicher Auflösung vorliegen. Dies ist erstmalig in optiKuh gegeben. Besonders innovativ ist die Verbindung mit der genomischen Selektion. Hierbei wird die genetische Erbinformation zur Auswahl der Zuchttiere genutzt.

### **Genomische Selektion und Lernstichprobe:**

Unter der genomischen Selektion versteht man hierbei ein Zuchtwertschätzverfahren, bei dem zusätzlich zu den bereits bisher verwendeten Leistungs- und Abstammungsinformationen die Ergebnisse genetischer Untersuchung einbezogen werden. Dabei werden über das gesamte Erbgut (Genom) etwa 50.000 sogenannte SNP-Marker („Single Nucleotide Polymorphisms“ – Austausch einzelner Bausteine (Basen)) an Einzeltieren aus Blut- oder Haarproben bestimmt. Als Lernstichprobe werden die Tiere bezeichnet, für die neben diesem individuellen SNP-Muster auch Messwerte für die Futteraufnahme und Futtereffizienz vorliegen. Mit einem komplexen Verfahren wird durch einen Abgleich der SNP-Muster mit den Daten der Futteraufnahme der jeweilige Wert der einzelnen SNP geschätzt. Die Güte des Verfahrens hängt wesentlich von der Qualität der Lernstichprobe ab. Der Umfang der Lernstichprobe, die Intensität der Messungen, die über alle Versuchsbetriebe standardisierten Bedingungen sowie die Verfügbarkeit von Futteraufnahmedaten über die gesamte Laktation und die Trockenstehzeit hinweg stellen auch international ein Alleinstellungsmerkmal dar.

### **Fazit und Ausblick:**

Das Verbundprojekt optiKuh ermöglicht erstmals eine direkte Selektion auf Merkmale der Futteraufnahme und der -effizienz unter Beachtung der Stabilität des Stoffwechsels. Es gilt, eine kontinuierliche Erfassung der Daten für eine stetige Aktualisierung der Lernstichprobe sicherzustellen. Dies ermöglicht auch eine umfassende Bewertung aller Aspekte der Futteraufnahme, um genomische Zuchtwerte bestmöglich in die Zuchtziele der deutschen Milchrassen integrieren zu können.

## **Themenblock III - Milchproduktion und Umweltwirkung**

Eine wesentliche Fragestellung im Verbundprojekt optiKuh ist die mögliche Beeinflussung der Umweltwirkung durch die Milchviehhaltung. Ziel ist eine Reduktion der Emissionen. Wichtige Punkte sind hier der Anfall von Methan mit der Atemluft der Milchkühe und die Ausscheidung von Stickstoff und Phosphor mit Kot und Harn sowie die Ausgasung von Ammoniak. Für eine züchterische Bearbeitung sind praktikable und kostengünstige Messmethoden für die Datenerhebung erforderlich. Ein innovativer Lösungsansatz ist der Laser-Methan-Detektor für die Messung der Methanausscheidung beim Einzeltier.

### **Evaluierung der Methanmessung mit dem Laser-Methan-Detektor:**

- Der Laser-Methan-Detektor (LMD) wurde ursprünglich entwickelt, um aus sicherer Distanz Gaslecks im Bergbau und in der Industrie aufzuspüren.
- Er kann dank seiner Genauigkeit auch eingesetzt werden, um die Konzentration von Methan in der ausgeatmeten Luft von Kühen zu messen.
- Der LMD wird von Hand gehalten und auf das Maul der Kuh gerichtet. Der ausgesandte Laserstrahl wird am Maul reflektiert und wieder aufgefangen. Das Lasersignal wird durch Methan-Moleküle in der Luft auf dem Weg hin und zurück abgeschwächt und misst so die kumulative Methan-Konzentration in der Luft in ppm  $\times$  m.
- Aus so über mehrere Minuten hinweg aufgezeichneten Methan-Profilen können verschiedene Merkmale wie zum Beispiel der Mittelwert aller Methan-Spitzen, in einem Profil ( $p_{\text{mean}}$ ) berechnet werden. Es konnte gezeigt werden, dass jede Spitze im Profil eine Ausatmung darstellt und so  $p_{\text{mean}}$  die durchschnittliche Methan-Konzentration in der Atemluft angibt.
- Mit dem LMD gemessene Merkmale der Methankonzentration und des Methanausstoßes hatten in unserer Untersuchung eine Heritabilität (Erblichkeit) von 0,05-0,27 und könnten so theoretisch für eine genetische Selektion auf geringeren Methanausstoß genutzt werden.

### **Fazit:**

Der Laser-Methan-Detektor ist bei entsprechend standardisiertem Einsatz ein erfolgversprechender Ansatz, um die Zucht auf weniger Methanausstoß in der Milchviehhaltung anzugehen. Die gemessenen Erblichkeiten sind so hoch, dass eine weitere Bearbeitung empfohlen werden kann.

## Themenblock IV – Nutzung von Stoffwechselindikatoren

Ein Teilziel des Verbundprojektes optiKuh war es, die Nutzung von Stoffwechselindikatoren und Gesundheitsdaten als Grundlage zur Verbesserung der Haltung und von Zuchtverfahren von Milchkühen zu untersuchen. Dazu wurde erstmals die Erhebung von spezifischen Stoffwechselfparametern anhand einer gemeinsam entwickelten und validierten Vorgehensweise bei der Probengewinnung und Aufbereitung der sogenannten Präanalytik und Analytik an einem Laborstandort an der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover durchgeführt. Ziel war es, mit einer gemeinsamen analytischen Grundlage Zusammenhänge zwischen Futteraufnahme, Gesundheit und Stoffwechselstabilität betriebsübergreifend aufzuklären. Als Stoffwechselindikatoren wurden sowohl klassische klinische Parameter ( $\beta$ -Hydroxy-butyrat [BHB], nicht-veresterte Fettsäuren [NEFA], Glucose und Calcium) als auch innovative endokrine Parameter gewählt (Insulin, Insulin-ähnlicher Wachstumsfaktor und Adiponektin).

Erwartungsgemäß stiegen die Konzentrationen an NEFA und BHB zur Kalbung und unmittelbar danach an, und die Glucose-, Calcium- als auch Insulin-, IGF-1- und Adiponektin-Konzentrationen sanken zur Kalbung hin ab. Die Insulinkonzentration über alle Kühe war am Tag 28 nach der Kalbung am geringsten. In einem Teildatensatz wurde bereits zusätzlich Glucagon gemessen. In dieser Auswertung konnten keine Unterschiede in der IGF-1 oder Insulinkonzentration in Abhängigkeit der Futteraufnahme festgestellt werden, wohl aber in der Glucagonkonzentration.

Bei Holstein Kühen konnte gezeigt werden, dass sich eine erhöhte Kraftfuttermenge nach der Kalbung positiv auf die Energieversorgung der Kühe auswirkt, sodass diese ein weniger starkes negatives Energiesaldo entwickeln. Dies zeigte sich allerdings nicht in den Konzentrationen der Stoffwechselfparameter, die weder bezüglich der unterschiedlichen Grobfuttermenge noch hinsichtlich der Kraftfutterzulage Unterschiede aufwiesen.

Bei Fleckviehkühen konnte allerdings gezeigt werden, dass eine unterschiedliche Kraftfutterzulage sich in den Parametern BHB und IGF-1 widerspiegelt. Dabei zeigte der Parameter IGF-1 die höchste Signifikanz. Dieses Ergebnis deutet an, dass eine bessere Energiebilanz im ersten Laktationsdrittel der Tiere anhand der Plasma-IGF-1-Konzentration am sichersten abgelesen werden kann.

Zusammenfassend scheint die Validierung und Nutzung innovativer endokriner Parameter den Energiestatus der Tiere in angemessener Weise widerzuspiegeln und kann auch dazu dienen, stoffwechselbedingte Erkrankungen wie Ketosen vorherzusagen.

### Ausblick:

Hinsichtlich der Krankheitshäufigkeit in Abhängigkeit der Energieversorgung und in Bezug auf die Robustheit der Stoffwechselfparameter ist eine versuchsstandortübergreifende Auswertung in Arbeit. Zum Zusammenhang zwischen Stoffwechselfparametern und stoffwechselbedingten Entgleisungen sollen ROC-Analysen erfolgen, um spezifische standortübergreifende Grenzwerte zu validieren. Diese könnten dann auch unter Praxisbedingungen zum Einsatz kommen.

## Themenblock V - Nutzung von Milchkontrolldaten und MIR – Spektren, Sensoren und TKI (Transitkuh-Index)

Mit den Daten der monatlichen Milchleistungsprüfung fallen MIR-Spektren an. Dabei handelt es sich um das Mittlere Infrarotspektrum, aus dem eine Fülle von Informationen gewonnen werden kann, wenn Beziehungen zu sogenannten Referenzmethoden hergestellt werden. Altbekannt und etabliert ist die Bestimmung der Milchinhaltsstoffe Fett, Eiweiß, Laktose und Harnstoff. Neben der Nutzung im Herdenmanagement werden Fett- und Eiweißgehalt auch für die Ermittlung des Auszahlungspreises herangezogen. Im Fokus der aktuellen Forschung steht die Detektion von indirekten Größen aus den MIR-Spektren, wie Trächtigkeit, Mastitis, Pansenazidose, Energiesaldo, Ketose und Methanausstoß. Zur Schätzung bzw. Validierung der letzten drei Parameter können die Daten aus optiKuh zu Futteraufnahme, Milchleistung, Blutanalysen etc. herangezogen werden. Die Anwendung kann im Bereich des Herdenmanagements und gegebenenfalls in der Zucht erfolgen. Eine besondere Herausforderung ist in diesem Zusammenhang die Standardisierung der Spektren verschiedener Gerätetypen auf ein „Masterspektrum“. Damit beschäftigt sich der Deutsche Verband für Qualitäts- und Leistungsprüfungen e.V. (DLQ), in dem die regionalen Landeskontrollverbände zusammengeschlossen sind. Die Spektraldaten von ca. 8.500 Milchproben aus optiKuh werden für die Etablierung einer Kalibriergleichung für die Kenngrößen Energiesaldo und Futtereffizienz dem DLQ in Absprache zur Verfügung gestellt. Mit Erstellung einer nationalen Gleichung können zukünftig Managementprobleme in der Fütterung und damit einhergehende gesundheitliche Risiken im Rahmen der Milchleistungsprüfung routinemäßig erkannt werden und gezielte Maßnahmen eingeleitet werden. Eine Verwendung in der Zucht ist ebenfalls zu prüfen.

Im Rahmen von optiKuh wurden Sensoren (Pansen-Boli) zur pH-Wert- und Temperaturmessung im Vormagensystem und zur Messung der Kauaktivität eingesetzt (Abb. 2). Es sollte getestet werden, inwieweit sich diese Sensoren für wissenschaftliche Untersuchungen und für den Einsatz in der Milchviehpraxis eignen. Für die Detektion / Diagnosestellung tiergesundheitlicher Störungen wie beispielsweise einer subakuten also klinisch unauffälligen Pansenazidose (Pansenübersäuerung, SARA), auf absoluten pH-Wert Messungen (im Zeitverlauf) beruhend, ist dieses Sensorsystem nur bedingt geeignet. Als Monitoring System für pH-Wert Änderungen auf Herdenebene besitzt es jedoch für den Landwirt durchaus praktische Relevanz. Die Temperatur konnte sehr genau erfasst werden.



Abb. 1: Vorbereitung der Eingabe eines Messbolus über das Maul der Kuh



*Abb. 2: smaXtec – System zur Messung von Pansen-pH-Wert und Pansentemperatur*



*Abb. 3: Rumiwatch-Kauhalfter zur Messung der Kau- und Wiederkauaktivität*

Rumiwatch ist ein Nasenbandhalfter zur Messung der Kau- und Wiederkauaktivität sowie Tränkwasseraufnahme (Abb. 3). Die Futteraufnahme- und Wiederkauaktivitäten wurden mit relativ hoher Sicherheit erfasst.

Bei dem Transitkuh-Index (TKI) handelt es sich um ein Beratungsinstrument. Auf Grund der verfügbaren Daten zu Kuh, Betrieb und Management wird die Milchleistung der Kuh für die nächste Laktation geschätzt. Weicht die Leistung merklich ab, wird die Beratung tätig, um Fehlentwicklung frühzeitig entgegenwirken zu können.

**Fazit:**

Der Einsatz von Sensoren für Forschung, Zucht und Herdenmanagement ist ein zentraler Baustein im Verbundvorhaben optiKuh zur Innovation der Milchkuhhaltung. Das mittlere Infrarot erweitert die Messmöglichkeiten in der Milch erheblich. Kauhalfter sind in der Forschung einsetzbar. Die pH-Wert-Messung im Vormagen mittels Bolus (Abb. 1) bedarf weiterer Standardisierung. Der Transitkuh-Index ist eine innovative Option im Management.



## 2. Programm der Tagung

# Programm – Dienstag 30.01.2018

**Moderation: Prof. Dr. Hermann Swalve, Halle**  
 Pressegespräch

10:00 Uhr  
 12:00 – 13:00 Uhr

Anmeldung

13:00 Uhr

**Begrüßung**  
 Dr. G. Justinger, BMEL, Bonn  
 Prof. Dr. Dr. Sven Dänicke, FLI-Tierernährung, Braunschweig  
**Einführung, Projektüberblick**  
 Prof. Dr. Hubert Spekers, ILI-Tierernährung, Grub

13:45 Uhr

**Themenblock I - Intensität der Milchküfütterung**  
 Federführung: Dr. Ulrich Meyer, FLI-Tierernährung, Braunschweig

- Welches Energieniveau ist zielführend?
- Vorstellung der Ergebnisse der Fütterungsversuche:
  - Deutsch-Holstein: Jana Denißen, LWK NRW, Kleve
  - Fleckvieh: Elisabeth Geister, LAZBW, Aulendorf
  - Poster Vorstellung
- ME oder NEL? Vorhersagegenauigkeit beurteilen: Prof. Dr. Andreas Susenbeth, CAU, Kiel
- Welche ökonomischen Empfehlungen können abgeleitet werden? Josef Assheuer, LWK NRW, Münster

15:45 – 16:15 Uhr

Kaffeepause und Poster Besichtigung

16:15 Uhr

**Themenblock II – Möglichkeiten zur Selektion auf Futtermaufnahme und Futtereffizienz**  
 Federführung: Prof. Dr. Georg Thaller, CAU, Kiel

- Poster Vorstellung
- Übersichtsreferat zu den Daten: Variation in der Futtermaufnahme und Effizienz der Einzeltiere und bei den Rassen, Korrelationen zu anderen Merkmalen (Größe, Gewicht,...)
- Genetische Parameter für die Futtermaufnahme ( $h^2$ ;  $j$ ): Imke Harder, CAU, Kiel
- Genomischer Zuchtwert auf Futtermaufnahme im Verlauf der Laktation
- Voraussetzungen für die Aufnahme der Futtermaufnahme in ein Zuchtprogramm
- Weiterführung der Lentsichprobe, Friedrich Reinhardt, vif Verden

18:10 Uhr

Ende

19:00 Uhr

Gemütlicher Ausklang (Gebäude 46)





## Programm – Mittwoch 31.01.2018

**Moderation: Georg Kiewenherm, Düsseldorf  
Dr. Martin Pries, Soest**

8:15 Uhr

### **Themenblock III – Milchproduktion und Umwelthwirkung**

Federführung: Dr. Diana Sorg, MLU-Halle

- Evaluierung der Methanmessung mit dem Laser-Methan-Detektor: Dr. Diana Sorg, MLU-Halle
- Schätzung genetischer Parameter der Methanemission auf Basis von Praxisbetrieben: Sarah Mühlbach, MLU-Halle
- Nutzung zur Validierung der Maßgaben zur Berechnung der Nährstoffausscheidungen und des Emissionsinventars: Prof. Dr. Hubert Spekers, LfL-Tierernährung, Grub; Claus Rösemann, Thüringen-Institut, Braunschweig

9:20 Uhr

### **Themenblock IV – Nutzung von Stoffwechselindikatoren**

Federführung: JProf. Dr. Marion Schmicke, IHo

- Poster Vorstellung
- Datenüberblick Stoffwechsel: Inzidenzen, Vergleich zwischen Tieren, Rassen, Management?
- Stoffwechselgröße in Abhängigkeit der Versorgungslogge
- Welche Referenzbereiche lassen sich ableiten?
- Welche Stoffwechselparameter machen Sinn im Rahmen des Herdenmanagements?
- Adinopektin: Christiane Uhr, Universität Bonn

10:30 – 11:00 Uhr

Kaffeepause und Poster Besichtigung

11:00 Uhr

### **Themenblock V – Nutzung von Milchkontrolldaten und MIR-Spektren, Sensoren und TKI**

Federführung: Dr. Thomas Jilg, LAZBW, Aulendorf

- Datenüberblick: Erfahrungen und Ergebnisse, zukünftige Nutzung der Daten im Versuchswesen
- Transit-Kuh-Index – Objektive Beurteilung des Transikuhmanagements, Dr. Christian Koch, Neumnühle
- Nutzung der MIR-Daten: Dr. Folkert Onken, DLG, Bonn
- Demonstration des Bereichs Sensorik

12:15 Uhr

Abschlussreferat: Relevanz der optiKuh-Ergebnisse im Hinblick auf die Nutztierstrategien von BMEL und DAFA, Prof. Dr. Kay-Uwe Götz, LfL-Tierzucht, Grub

12:45 Uhr

Ende



### 3. Beiträge

#### 3.1. Einführung

## Projektüberblick

H. Spiekers und P. Hertel-Böhnke

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

### Zusammenfassung

Im Rahmen des Programms zur Förderung von Innovationen zur Verbesserung der Haltung von landwirtschaftlichen Nutztieren wurde das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Verbesserung der Haltung von Milchkühen durch Zuchtverfahren auf Futtermittelaufnahme und Stoffwechselstabilität sowie Umweltverträglichkeit bei optimierter Fütterungsintensität und Nutzung von Stoffwechselindikatoren sowie Sensoren im Herdenmanagement (**optiKuh**)“ im Verbund durchgeführt. Ziel des Vorhabens ist ein Beitrag zur merklichen Verbesserung der Milchviehhaltung in Deutschland über die Einbringung geeigneter Innovationen. Die Laufzeit des Vorhabens beträgt 3,5 Jahre. Kernstück sind Daten zur Futtermittelaufnahme, zum Energiesaldo und Stoffwechseldaten bei der genotypisierten Einzelkuh in Trockenstehzeit und Laktation weitestgehend über 2 Jahre. Das Projekt ist inter- und transdisziplinär angelegt. Der aktuelle Projektstand zeigt, dass eine konsequente Fortschreibung der angeschobenen Innovationen einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Milchviehhaltung liefern kann und eine verbesserte Selbstorganisation der beteiligten Forschungseinrichtungen in der Methodik und der Arbeit im Verbund gewährleistet werden kann.

### 1. Einleitung

Insgesamt haben sich **15** Projektpartner aus Universitäten, Forschungseinrichtungen des Bundes und der Länder sowie Wirtschaftsunternehmen zusammengeschlossen, um gemeinsam aktuelle Zukunftsfragen in der Milchkuhhaltung zu bearbeiten:

- Wie muss die Ration für Milchkühe gestaltet sein, damit sie genau so viel fressen, wie sie für Milchleistung und Gewährleistung der Gesundheit benötigen?
- Mit welcher Sensortechnik ist indirekt auf die Versorgung und Stoffwechsellage der Kuh zu schließen, um frühzeitig begleitend aktiv zu werden?
- Wie können Kühe mit „robustem“ Stoffwechsel und gewünschtem Futtermittelvermögen „gezüchtet“ werden?
- Wie können Umweltbelastungen durch Effizienz und Verminderung von Methanemissionen reduziert werden?

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „optiKuh“ ist eins der durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) geförderten Projekte im Rahmen der Bekannt-

machung des BMEL zur Verbesserung der Haltung von landwirtschaftlichen Nutztieren vom 9.10.2012 [1]. Die Bekanntmachung greift die Inhalte des Fachforums Nutztiere der deutschen Agrarforschungsallianz auf [2].

## 2. Material und Methoden

Es wurden über einen Zeitraum von zwei Jahren kombinierte Fütterungs- und Zuchtversuche (fächerübergreifende Untersuchungen in **12** Versuchsbetrieben) an ca. 1.500 Milchkühen mit Erfassung der Futterraufnahme und Energiesaldo für eine Mindestdauer von 100 Laktationstagen beim Einzeltier (Trockenstehzeit, Laktation) durchgeführt:

- Rassen: Deutsche Holstein, Fleckvieh, Braunvieh
- Grobfutterqualität: **6,5** MJ NEL/kg Trockenmasse (TM) und **6,1** MJ NEL/kg TM
- Krafftutteraufwand: **250** g/kg energiekorrigierte Milch (ECM) und **150** g/kg ECM
- SNP-Chip (50K) Genotypisierung der Tiere
- Blut- und Harnproben an definierten Laktationstagen mit festen Maßgaben zu Probenahme, Probenaufbereitung und Analyse (Stoffwechselfparameter)
- wöchentliche Erfassung der Spektraldaten der Milch und Validierung bzw. Entwicklung von Kalibrationsgleichungen
- Etablierung neuer Methoden zur Bestimmung der Methanbildung (mobile Laser-messtechnik, Respirationsskammer)
- Schätzung von Zuchtwerten (Selektion auf Futterraufnahme, Energiesalden und Stoffwechselstabilität)
- Anwendung und Anpassung des TKI (Transition Kuh Index)
- Einsatz von Pansenboli (pH-Wert-Messung) und „Wiederkauhalftern“

Die erhobenen Daten werden in einer zentralen Forschungsdatenbank (Tier und Daten GmbH, TiDa) zusammengeführt. Die Laufzeit des Vorhabens ist von Oktober 2014 bis Juni 2018.

Im Beitrag von Meyer und Spiekers [3] sind die einzelnen Versuchseinrichtungen aufgeführt. In der Variante **A** wurden gezielt Versuche mit unterschiedlicher Intensität der Fütterung angestellt. Bei der Variante **B** erfolgte die vereinheitlichte und ergänzte Datenerfassung im Rahmen laufender Versuche. Die Datenerfassung liegt im Schwerpunkt in der Vorbereitungs- und dem ersten Drittel der Laktation.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

Nach Abschluss der Versuchsphase liegen aktuell die meisten Ergebnisse vor, die im Rahmen der Abschluss-tagung in den weiteren Beiträgen zu den fünf Themenblöcken vorgestellt werden. Die Versuche verliefen nach Plan. Die Fütterungsversuche in Variante **A** wurden im ersten Schritt einzeln hinsichtlich der Wirkung der Versuchsvarianten ausgewertet. Eine übergreifende Auswertung aus Sicht der Fütterungsvarianten und zu den Stoffwechselfdaten ist angedacht. Zwischen den Versuchseinrichtungen, den jeweiligen Versuchsgruppen und den Einzeltieren zeigen sich merkliche Unterschiede in Futterraufnahme und Leistung. Alle Daten aus den Varianten **A** und **B** stehen für die züchterische Auswertung und Ableitung der Referenzwerte für Stoffwechselkenngrößen in Milch, Blut und Harn zur Verfügung.

Eine besondere Herausforderung ist die Ableitung von Merkmalen für die Bereiche Futtereffizienz und Stoffwechselstabilität. Folgende Ziele werden hierbei verfolgt:

- geringer Futter- und Energieaufwand für die Produkte (Milch, Fleisch) im Gesamtsystem (Färse und Kuh)
- hohe Futteraufnahmekapazität
- gute Selbstregulierung der Tiere (relativ geringe Schwankungen in der Körperkondition)

An die Merkmale werden hierbei folgende Ansprüche gestellt:

- Erfassung im Routinebetrieb
- gute Beziehung zu den „echten“ Merkmalen (Zielmerkmalen)
- ausreichende genetische Determination

Es konnte eine erste auswertbare Lernstichprobe für den Bereich Deutsch Holstein erstellt werden. Die weitere Etablierung einer kontinuierlichen Lernstichprobe für die Rassen Fleckvieh und Deutsch Holstein an den beteiligten Einrichtungen wird weiter verfolgt.

#### 4. Organisation und Aktivitäten in optiKuh

Aus der Abbildung 1 ist die Organisation in optiKuh zu ersehen. Zu unterscheiden sind die Bereiche wissenschaftliche Leitung, Durchführung und Auswertung. Die Koordination obliegt der LfL in Grub. Ergänzt werden die Bereiche durch beratende Einrichtungen und Ländereinrichtungen, die die Produktionsökonomie abdecken. Es wurde bewusst ein intra- und ein interdisziplinärer Ansatz gewählt. Hierdurch ist auch eine gute Umsetzung in Beratung, Schule und Praxis gewährleistet.

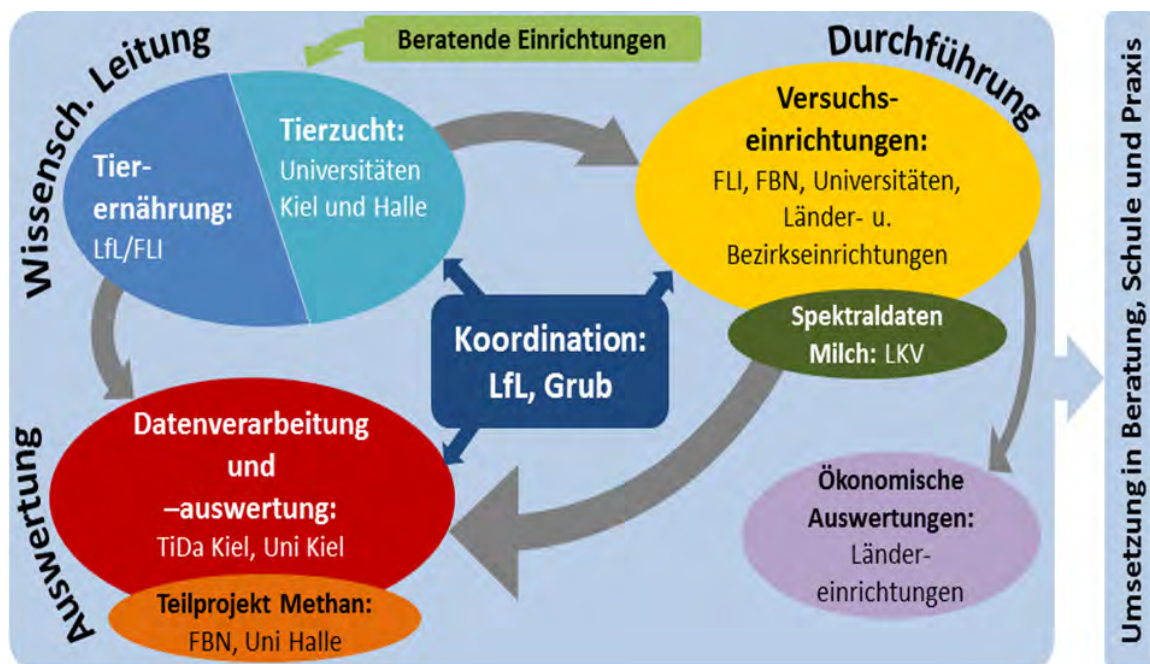


Abb. 1: Organisation des Verbundprojekts optiKuh

Die Koordination erfolgte über digitale Vernetzung und Kommunikation sowie zweimal jährlich in Projekttreffen aller Beteiligten in Kassel. Zu einzelnen Themen wie Versuchsanlage und -auswertung, Sensoren (mit Herstellern), Ökonomie etc. wurden Workshops durchgeführt. Im Rahmen von optiKuh sind 9 Dissertationen in Vorbereitung. In Eigenorganisation erfolgten Doktorandenseminare.

Über Pressearbeit, Regionalkonferenzen, Beraterfortbildungen etc. erfolgt der Wissenstransfer.

## 5. Verwertung der Ergebnisse

Neben der wissenschaftlichen Aufarbeitung und Publikation der Ergebnisse ist die Implementierung der angedachten Innovationen in die Praxis Kernanliegen des Forschungs- und Entwicklungsprojektes optiKuh. Die Ergebnisse aus den Fütterungsversuchen werden hierzu auch betriebswirtschaftlich bewertet. Über den Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) und den DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung erfolgt die fachliche Bearbeitung im Bereich Futter und Fütterung. Die Umsetzung im Züchtungsbereich ist durch den Förderverein-Bioökonomieforschung e.V. (FBF) und die Arbeitsgemeinschaft Süddeutscher Rinderzucht- und Besamungsorganisationen (ASR) vorgesehen. Eingebunden werden hierbei auch die Gremien der Deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde e.V. (DGfZ; v. a. Genetisch-Statistischer Ausschuss).

Auf Basis der Ergebnisse werden konkrete Empfehlungen für die Beratung abgeleitet. Die Umsetzung in der Beratung wird über die beteiligten Wirtschaftspartner aus Zucht, Milchkontrolle, Mischfutterindustrie, Tiergesundheit und der Beratung der beteiligten Landwirtschaftskammern und Landesanstalten gewährleistet.

Möglich ist die enge Verzahnung in der Umsetzung durch die enge personelle Vernetzung der im Vorhaben eingebundenen Institutionen. Weitere Information unter [www.optikuh.de](http://www.optikuh.de).

## 6. Beteiligte Einrichtungen und fachlich Verantwortliche im Projekt optiKuh

### Verbundpartner:

*H. Spiekers<sup>1</sup>, T. Jilg<sup>2</sup>, B. Kuhla<sup>3</sup>, H. Swalve<sup>4</sup>, G. Thaller<sup>5</sup>, T. Ettle<sup>1</sup>,  
C. Koch<sup>6</sup>, U. Mohr<sup>7</sup>, U. Meyer<sup>8</sup>, M. Pries<sup>9</sup>, B. Losand<sup>10</sup>, I. Schiefler<sup>11</sup>,  
H. Güldenpfennig<sup>12</sup>, S. Hartwig<sup>13</sup>, E. Stamer<sup>14</sup>, T. Steppin<sup>15</sup>*

<sup>1</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Grub

<sup>2</sup>Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW), Fachbereich Versuchs- und Lehrgangswesen, Rindviehhaltung, Aulendorf

<sup>3</sup>FBN-Dummerstorf, Leibniz-Institut für Nutztierbiologie, Institut für Ernährungsphysiologie, Dummerstorf

<sup>4</sup>Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (MLU), Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften (AEW) Naturwissenschaftliche Fakultät III, Halle/Saale

<sup>5</sup>Universität Kiel, (CAU) Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Kiel

<sup>6</sup>Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung Hofgut Neumühle, Münchweiler an der Alsenz

<sup>7</sup>Landwirtschaftliche Lehranstalten Triesdorf, Weidenbach



<sup>8</sup>Institut für Tierernährung, Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Braunschweig

<sup>9</sup>Landwirtschaftskammer NRW, Fachbereich Tierproduktion, VBZL Haus Riswick, Kleve

<sup>10</sup>Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA-MW), Institut für Tierproduktion, Dummerstorf

<sup>11</sup>Förderverein-Bioökonomieforschung e.V. (FBF), Bonn

<sup>12</sup>RinderAllianz GmbH, Woldegk

<sup>13</sup>Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung, Mecklenburg-Vorpommern e.V. (LKV-MV), Güstrow

<sup>14</sup>TiDa Tier und Daten GmbH, Westensee/Brux

<sup>15</sup>Zoetis Deutschland GmbH, Berlin

**Weitere am Vorhaben beteiligte Institutionen:**

*M. Schmicke<sup>1</sup>, M. Höltershinken<sup>2</sup>, H. Sauerwein<sup>3</sup>, J. Duda<sup>4</sup>, F. Gollé-Leidreiter<sup>5</sup>, G. Brockmann<sup>6</sup>, P. Radewahn<sup>7</sup>, M. Matthiesen<sup>8</sup>, R. Schmidt<sup>9</sup>, Engelhard<sup>10</sup>, D. Kampf<sup>11</sup>, H. Steingäß<sup>12</sup>*

<sup>1</sup>Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Endokrinologisches Labor an der Klinik für Rinder, Hannover

<sup>2</sup>Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Klinisches Labor in der Klinik für Rinder, Hannover

<sup>3</sup>Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften Physiologie und Hygiene, Bonn

<sup>4</sup>Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V. (LKV BY), München

<sup>5</sup>Landesverband Baden-Württemberg für Leistungs- und Qualitätsprüfungen in der Tierzucht e.V., Stuttgart

<sup>6</sup>Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin

<sup>7</sup>Deutscher Verband Tiernahrung e.V. (DVT), Bonn

<sup>8</sup>Deutscher Raiffeisenverband e.V. Futterwirtschaft, Milchwirtschaft, Berlin

<sup>9</sup>Landeskontrollverband Nordrhein-Westfalen e.V. (LKV NRW), Krefeld

<sup>10</sup>Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Abt. 3, Zentrum für Tierhaltung und Technik, Iden

<sup>11</sup>Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp, Blekendorf

<sup>12</sup>Universität Hohenheim, Stuttgart

## 7. Literaturverzeichnis

- [1] Spiekers, H.; T. Jilg; B. Kuhla; H. Swalve; D. Sorg; G. Thaller; T. Ettle; C. Koch; U. Mohr; U. Meyer; M. Pries; S. Hoppe; B. Losand; I. Schiefler; H. Guldenpfennig; S. Hartwig; E. Stamer; T. Steppin; T. Stiebeling (2016): Verbesserung der Haltung von Milchkühen durch Zuchtverfahren auf Futterraufnahme und Stoffwechselstabilität sowie Umweltverträglichkeit bei optimierter Fütterungsintensität und Nutzung von Stoffwechselindikatoren sowie Sensoren im Herdenmanagement (optiKuh). in: Innovationstage 2016 „Die Zukunft ins Jetzt holen“ 25./26.10.2016 in Bonn. Tagungsband der BLE 187-190.
- [2] DAFA (2012): Fachforum Nutztiere. Deutsche Agrarforschungsallianz (DAFA), Braunschweig, ISBN 978-386576-090-6
- [3] Meyer, U., Spiekers, H. (2018): Themenblock I – Intensität der Milchviehfütterung. Welches Energieniveau ist zielführend? in: Tagungsband zur Abschlussveranstaltung „Verbundprojekt optiKuh“ 30./31.01.2018. LfL Schriftenreihe 2/2018

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

*Die Förderung des Vorhabens 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.*

## 3.2. Themenblock I – Intensität der Milchkühfütterung

### Welches Energieniveau ist zielführend?

U. Meyer<sup>1</sup> und H. Spiekers<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Institut für Tierernährung, Braunschweig

<sup>2</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Poing-Grub

### Zusammenfassung

Durch die weiterhin vorhandene Diskrepanz zwischen dem Leistungsvermögen unserer Milchkühe und der im frühen Laktationsstadium unzureichenden Futteraufnahmekapazität gewinnt eine geeignete Ausgestaltung der Fütterung zunehmend an Bedeutung, um den Bedarf der Tiere an Energie und Nährstoffen zu decken. In den vorgenommenen Untersuchungen wurde der Frage nach einer optimalen Intensität der Fütterung nachgegangen. Beim betriebseigenen Grobfutter wurden ein gutes und ein sehr gutes Energieniveau verglichen sowie als weiterer Faktor ein praxisüblicher und ein geringerer Kraftfuttereinsatz vorgenommen. Als Ergebnis kann festgestellt werden, dass eine Fütterung mit unterschiedlichen Kraftfutteranteilen ohne merkbliche Beeinträchtigung von Gesundheit und Stoffwechselgeschehen auch längerfristig möglich ist. Die Anhebung des Energiegehalts im Grobfutter wirkte sich grundsätzlich positiv auf die Futteraufnahme und die Leistung aus. Die Milchleistung stieg mit dem Anstieg des Kraftfutteranteils. Offensichtlich ist dieser Effekt bei Einsatz von Total-Mischrationen im Vergleich zu Mischrationen plus Kraftfuttermaterial geringer. Neuere Erkenntnisse zur Verwertung der ME für die Milchbildung und zum leistungsunabhängigen Energiebedarf und die vorliegenden Ergebnisse legen nahe, dass der bereits in Diskussion stehende Energiebedarf für laktierende Milchkühe neu zu fassen ist. Für den leistungsunabhängigen Bedarf sind offensichtlich höhere Werte anzusetzen. Der Umsatz der Energie für Milchbildung ist offenbar effizienter als bisher unterstellt.

### 1. Einleitung

Das Leistungsvermögen unserer Milchkühe hat sich durch die Zucht auf Milchleistung erheblich erhöht, die Futteraufnahmekapazität dagegen nicht. Umso mehr gewinnt eine entsprechende Ausgestaltung der Fütterung an Bedeutung, um den Bedarf des Tieres an Energie und Nährstoffen zu decken. Der Milchviehhalter kann mit der Qualität des betriebseigenen Grobfutters, im Allgemeinen Gras- und Maisprodukte, sowie durch den Einsatz von Kraftfutter reagieren. Ein ausgewogener Kraftfutteranteil steht dabei in Hinblick auf tiergerechte Fütterung sowie Ökonomie und Ökologie stark in Diskussion. Der Frage der optimalen Intensität wurde daher in Fütterungsversuchen nachgegangen. Beim betriebseigenen Grobfutter wurden ein gutes und ein sehr gutes Energieniveau verglichen. Beim Kraftfutter kamen die im ökologischen Landbau üblichen geringen Mengen und die im konventionellen Bereich üblichen höheren Mengen zum Einsatz. Dabei wurden folgende Hypothesen untersucht:



- Rasse, genetische Veranlagung, Grobfutterqualität und Kraftfuttereinsatz sind die wesentlichen Größen in der Intensität der Milchviehhaltung.
- Unter Beachtung der Empfehlungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) [1] und der DLG zur Versorgung von Milchkühen bezüglich Nährstoffen und Struktur sowie dem Management und der Haltung sind bei der züchterischen Berücksichtigung der Futteraufnahme und Nutzung innovativer tierbezogener Controllingmaßnahmen unterschiedliche Intensitäten unter Beachtung von Tiergesundheit und Tierwohl möglich.
- Eine effiziente, auf die Leistung je Lebensstag ausgerichtete Zucht und Produktion ist dann auch nachhaltig im Hinblick auf Umwelt und Ökonomie.

## 2. Material und Methoden

Zur Prüfung der Versuchsfragen wurden an 12 auf dem Gebiet der Forschung mit Milchkühen erfahrenen Versuchseinrichtungen, kombinierte Fütterungs- und Zuchtversuche durchgeführt (Tabelle 1). All diese Einrichtungen verfügen neben kontinuierlichen Aufzeichnungen der Milchleistung und der Tiergesundheitsdaten über die entsprechende Ausstattung zur Erfassung der täglichen Futteraufnahme beim Einzeltier.

*Tab. 1: An den Untersuchungen beteiligte Versuchseinrichtungen*

Versuchseinrichtung	Variante <sup>1</sup>	Rasse <sup>2</sup>	Umfang der Versuche
Futterkamp	B	DH	Einbindung in Fütterungsversuche
Karkendamm	B	DH	gesamte Herde
Dummerstorf	A	DH	zwei Gruppen über zwei Jahre
Iden	B	DH	Einbindung in Fütterungsversuche
Braunschweig	A	DH	vier Gruppen über 16 Laktationswochen
Haus Riswick	A	DH	vier Gruppen über zwei Jahre
	B	DH	Einbindung in Fütterungsversuche
Neumühle	B	DH	gesamte Herde
Triesdorf	A	FV	zwei Gruppen über zwei Jahre
Hohenheim	B	DH	gesamte Herde
Aulendorf	A	FV	zwei Gruppen über zwei Jahre
Grub	A	FV	vier Gruppen über zwei Jahre
Achselschwang	B/A	FV/BV	Einbindung in Fütterungsversuche

<sup>1</sup> A - gezielter Fütterungsversuch, B – Standarderhebung

<sup>2</sup> DH - Deutsche Holstein, FV – Fleckvieh, BV – Braunvieh

Um grundlegende Aussagen zu erarbeiten, wurden die Versuche nach Möglichkeit über zwei Jahre durchgeführt. In der Variante A erfolgte eine weitestgehende Standardisierung der Versuchsdurchführung durch Vergleichbarkeit der Rationsgestaltung, der Datenerfassung, der Probenahme und der Analytik. In der Variante B wurde die Erhebung der Daten im Rahmen weiterer in den betreffenden Versuchseinrichtungen durchgeführten Versuchen vorgenommen. Die Datenerhebung sollte möglichst den Zeitraum von drei Wochen vor der Kalbung bis zum Laktationstag 100 umfassen, wobei die Ernährung entsprechend

der Versorgungsempfehlungen der GfE [1] und die Probenahme entsprechend der Vorgaben in Variante A erfolgen sollte.

Die zu Versuchsbeginn zu treffende Tierausswahl sollte ausschließlich gesunde und trächtige Milchkühe umfassen. Die Tiere, von denen sich ein Drittel in der ersten Laktation befinden sollte, wurden unter Berücksichtigung der in Fütterungsversuchen üblichen Kennzahlen wie Laktationsnummer und Laktationstag, Milchleistung und Lebendmasse in die Versuchsgruppen eingeteilt. Mit dem Ziel, während des Versuchs eine Nachersatzrate von 30 % nicht zu überschreiten, wurden als Ersatz neu hinzukommende erstlaktierende Tiere 50 Tage vor den erwarteten Kalbedatum in den Versuch aufgenommen.

Die Bestandsbetreuung umfasste neben den sonstigen im Rahmen einer ordnungsgemäßen Milchviehhaltung erforderlichen Maßnahmen auch die regelmäßige Untersuchung aller zu Besamungen anstehenden Tiere, die nachfolgende Trächtigkeitsuntersuchung sowie eine mindestens zweimal jährlich durchzuführende Klauenpflege. Das Trockenstellen der Tiere erfolgte regelmäßig sieben Wochen vor dem berechneten Kalbetermin oder mit Unterschreitung einer Milchmenge von 13 bzw. 12 kg/Tag bei den Rassen Deutsche Holstein (DH) und Fleckvieh (FV). Nach der Kalbung war eine Belegung der Kühe frühestens ab Laktationstag 45 vorgesehen. Das Ausscheiden von Tieren aus dem Versuch erfolgte bei schwerwiegenden Erkrankungen und bei dem Nichtvorliegen einer Trächtigkeit am Laktationstag 180 (DH) oder 170 (FV) nach Möglichkeit jeweils am festgelegten Ende der Laktation durch eine Färsen. Zusätzlich wurden erstlaktierende Tiere mit einer Milchmenge von weniger als 22 kg/Tag bzw. 20 kg/Tag (DH und FV) wegen zu geringer Leistung aus dem Versuch ausgeschlossen.

Die Bezeichnung der Versuchsgruppen sowie die damit korrespondierenden Kennzahlen für die Ernährung sind in Tabelle 2 aufgeführt. Ausgehend von energiereichen Silagen wurde die Reduzierung des Energiegehalts im Grobfutter durch Zugabe von Stroh erreicht. Der Kraftfuttereinsatz wurde bezogen auf die erzeugte Menge an energiekorrigierter Milch (ECM) auf ein hohes und ein reduziertes Niveau eingestellt (250 und 150 g Kraftfutter/kg ECM).

Tab. 2: Versuchsgruppen und Rationskennzahlen in den Versuchen der Variante A

Versuchsrationen Versuchsgruppen	Energiegehalt im Grobfutter (GF) [MJ NEL/kg TM]	Kraftfuttereinsatz (KF) [g Kraftfutter/kg ECM <sup>1</sup> ]
GF-niedrig KF-niedrig	6,1	150
GF-niedrig KF-hoch	6,1	250
GF-hoch KF-niedrig	6,5	150
GF-hoch KF-hoch	6,5	250

<sup>1</sup> energiekorrigierte Milch bei 3,4 % Eiweiß und 4,0 % Fett

Die Anforderungen an die Beschaffenheit des im Versuch eingesetzten Kraftfutters und Hinweise zu dessen Einsatz sind in Tabelle 3 dargestellt.

Bei Betrieben mit Mischration und tierindividueller Kraftfutterzuteilung erfolgte die Bemessung des Kraftfutters nach einem festen Zuteilungsschema in Abhängigkeit vom Laktationsstand. Hierbei wurden für Kühe in der ersten Laktation und Kühe ab der zweiten Kalbung unterschiedliche Kurven verwendet. Die Menge an Ausgleichskraftfutter sollte nach Möglichkeit 2 kg je Kuh und Tag nicht überschreiten, um bei Teil-TMR einen hohen Anteil des Kraftfutters tierindividuell zuteilen zu können.

Tab. 3: Anforderungen an das „ausgeglichene“ Leistungskraftfutter

Kennzahl/Hinweis	Wert
Energiekonzentration, Nettoenergie Laktation (NEL)	7,0 MJ/kg
Nutzbare Rohprotein (nXP)	170 g/kg
Ruminale Stickstoffbilanz (RNB)	0 bis 2 g/kg
Stärke und Zucker (XS und XZ)	250 bis 350 g/kg
Beständige Stärke (bXS)	mindestens 50 g/kg
Rohfett (XL)	35 bis 50 g/kg
Mineralstoffe ausreichend für 2,1 kg Milchbildung	
Einsatz in pelletierter Form	

Ausgehend von einem Milchleistungsniveau von 10.000 kg/Jahr für DH-Kühe und 9.000 kg/Jahr für FV-Kühe wurde bei einer Körpermasse von 675 und 750 kg eine mittlere tägliche Trockenmasse (TM) – Aufnahme von 21,4 und 20,3 kg angenommen. Der erforderliche Anteil an Kraftfutter in der gesamten Ration lag auf Basis dieser Annahme bei einer Zuteilung von 250 g KF/kg ECM bei 32 % in der TM der Gesamtration für DH-Kühe und bei 31 % für FV-Kühe. Bei einer Zuteilung von 150 g KF/kg ECM reduziert sich der Kraftfutteranteil in der Gesamtration auf 20 % für DH-Kühe und 19 % für FV-Kühe. Tabelle 4 zeigt den Vorschlag für eine Verteilung des Kraftfutters im Laktationsverlauf bei einer zweiphasigen Fütterung.

Tab. 4: Variation der Kraftfuttermittelverteilung im Laktationsverlauf bei zweiphasiger Fütterung mit einer totalen Mischration

Kraftfutteranteil in der Ration	erste Laktationshälfte [% in der Trockenmasse]	zweite Laktationshälfte [% in der Trockenmasse]
Deutsche Holstein		
250 g KF/kg ECM	42	22
150 g KF/kg ECM	30	10
Fleckvieh		
250 g KF/kg ECM	40	22
150 g KF/kg ECM	28	10

Im Versuchsverlauf erfolgte eine umfangreiche Datenerfassung. Täglich wurden die Futtermittelaufnahme, die Milchmenge, die Körpermasse und die Zusammensetzung der vorgelegten Rationen dokumentiert. Im monatlichen Abstand kam die Ermittlung der Rückenfettstärke und die Beschreibung der Körperkondition anhand eines Body Condition Score [2] hinzu. Weitere relevante Informationen zu den Bereichen Kalbung, Besamung, Erkrankungen, Einsatz von Medikamenten etc. wurden regelmäßig aufgezeichnet.

Während des Versuchs wurde wöchentlich die Milch der Kühe mittels MIR-Spektroskopie auf den Gehalt an Fett, Eiweiß, Laktose und Harnstoff untersucht. Die Spektren wurden für weitergehende Auswertungen aufgezeichnet. Weiterhin wurde bei den Kühen an den Tagen 50 und 14 vor dem berechneten Termin der Kalbung sowie an den Laktationstagen

8, 28 und 100 Blutproben entnommen, an den Laktationstagen 28 und 100 zusätzlich Harnproben gewonnen. Die Blutproben dienten der Bestimmung einer Reihe von Stoffwechselindikatoren, die zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit zentral im Labor der Klinik für Rinder, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover vorgenommen wurde.

Die bei den Versuchseinrichtungen erhobenen Daten wurden von der TiDa Tier und Daten GmbH [3] zusammengeführt, so dass nun ein zentraler Datenpool für weiterführende Auswertungen vorliegt. Von den Versuchsanstellern wurden neben der Kalkulation von Ergebnissen zur Futtermittelaufnahme und der Milchleistung auch die ECM, die Grobfutterleistung sowie die Energieaufnahme und der Energiebedarf auf Grundlage der Nettoenergie und der Umsetzbaren Energie saldiert. Die bei der statistischen Auswertung der einzelnen Versuche angewendete Vorgehensweise basiert auf Abstimmungen, die während eines im Rahmen des Projekts durchgeführten Workshops zu diesem Thema vorgenommen worden sind.

### **3. Ergebnisse**

Aus Fütterungsversuchen ergaben sich folgende Kernaussagen:

- Eine Fütterung mit unterschiedlichen Kraftfutteranteilen ist ohne merkliche Beeinträchtigung von Gesundheit und Stoffwechselgeschehen auch längerfristig möglich. Die Milchleistung steigt mit Anstieg des Kraftfutteranteils in unterschiedlichem Maß. Offensichtlich ist der Effekt bei Einsatz von Total-Mischrationen im Vergleich zu Mischration plus Kraftfutter am Abrufautomat kleiner.
- Die Anhebung des Energiegehalts im Grobfutter wirkt sich grundsätzlich positiv auf Futtermittelaufnahme und Milchleistung aus.
- Der Einsatz des Kraftfutters ist ökonomisch entsprechend der einzelbetrieblichen Gegebenheiten zu bewerten. Maßgebend sind hierbei die Preisrelationen von Grob- und Kraftfutter sowie die Erlöse bei Milch und Fleisch. Besseres Grobfutter zu erzeugen und einzusetzen rechnet sich in der Regel.
- Der Energiebedarf ist neu zu fassen. Für den leistungsunabhängigen Bedarf sind höhere Werte anzusetzen. Der Umsatz der Energie für Milchbildung ist effizienter als bisher unterstellt. Die zur Diskussion gestellten Faktoren finden bei den Daten der vorliegenden Versuche Bestätigung.

Die erzielten Ergebnisse sollen nun umgesetzt werden und soweit möglich in Innovationen münden. Dies betrifft die zukünftige Ausgestaltung von Versuchen ebenso wie die praktische Milchkuhfütterung.

### **4. Schlussfolgerungen**

Langfristige Versuche über mindestens eine Laktation hinweg sollten verstärkt genutzt werden, um alle Interaktionen zwischen den einzelnen Phasen des Trächtigkeits-Laktations-Zyklus zu erfassen. Eine übergreifende Bearbeitung von Versuchsfragen mit wiederholten Versuchen an verschiedenen Versuchseinrichtungen ist innovativ, da Standort- und Stationseffekte mit erfasst werden. Bei der Überarbeitung der Empfehlungen zur Versorgung des Ausschusses für Bedarfsnormen (AfBN) sind die Energiebewertung und der Energiebedarf weiter zu entwickeln. Vorteile bietet die ME im Vergleich zur NEL. Die Fütterungsstrategien sind für unterschiedliche Kraftfutterniveaus zu prüfen. Die Vorteile der Mischration sind stärker zu nutzen. Die Ergebnisse und Empfehlungen fließen in die Arbeit der Gremien der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) zu Futter und Fütterung ein.

## **5. Literaturverzeichnis**

- [1] GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. Heft 8, DLG-Verlag, Frankfurt a. Main.
- [2] Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T, Webster G (1989) A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 72, 68-78.
- [3] Karsten S, Stamer, E. (2018): Überbetriebliche Datenvernetzung in optiKuh. in: Tagungsband zur Abschlussveranstaltung „Verbundprojekt optiKuh“ 30./31.01.2018. LfL Schriftenreihe 2/2018

# **Einfluss der Grobfutterqualität und des Kraftfutterniveaus bei Teil-TMR über zwei Jahre auf Milchleistungsparameter bei Deutschen Holsteins**

J. Denißen<sup>1</sup>, C. Hoffmanns<sup>1</sup>, S. Hoppe<sup>1</sup>, M. Pries<sup>2</sup>, K.-H. Südekum<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, VBZL Haus Riswick, Kleve

<sup>2</sup>Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Fachbereich 71, Tierhaltung und Tierzucht, Soest

<sup>3</sup>Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften, Bonn

## **Zusammenfassung**

Im Rahmen des Verbundprojektes „optiKuh“ wurde in den Milchkuhversuchsställen des VBZL Haus Riswick der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen in den Jahren 2015 und 2016 ein zweijähriger Fütterungsversuch mit 48 Milchkühen in vier Versuchsgruppen durchgeführt. Die vier Versuchsgruppen ergaben sich aus der unterschiedlichen Versorgung hinsichtlich der Energiedichte im Grobfutter (6,1 MJ NEL/kg TM und 6,5 MJ NEL/kg TM) sowie der Höhe der Energieversorgung mit Kraftfutter (150 g/kg ECM und 250 g/kg ECM). Während der Trockenstehphase erhielten alle Kühe die gleiche, einphasige Trockensteherration.

Den Ergebnissen des vorliegenden Versuches ist zu entnehmen, dass es in Folge des Einsatzes von zusätzlichem Kraftfutter zu einer Zunahme der Gesamt-Futtermenge und somit auch der Energieaufnahme kommt. Die zusätzliche Kraftfuttermenge erhöht die Milchmenge, verdrängt jedoch auch Grobfutterenergie. Der Jahresbetrachtung ist zu entnehmen, dass die Tiere hinsichtlich ihrer Milchleistung sehr deutlich auf die unterschiedlichen Energieversorgungen reagierten. Ein ausgeglichenes Energiesaldo aller Gruppen vor dem Ende der 5. Laktationswoche verdeutlicht die Anpassungsfähigkeit der Tiere an die gegebene Fütterungssituation.

## **1. Einleitung**

Eine wiederkäuergerechte Rationsgestaltung zur Gesunderhaltung der Tiere mit gleichzeitigem Blick auf die Wirtschaftlichkeit und die Umweltwirkung ist der Grundbaustein für eine zukunftsfähige, erfolgreiche und nachhaltige Milchproduktion. Dabei ist eine angepasste Fütterung mit dem richtigen Anteil an Energie- und Faserkomponenten eine wichtige Einflussgröße. Denn eine Unterversorgung der Tiere mit faserreichen Komponenten kann zu deutlich reduzierten pH-Werten im Pansen führen (Zebeli et al., 2012) [1], die Vorlage einer zu strukturreichen Ration kann dagegen einen Rückgang der Trockenmasseaufnahme bewirken (Zebeli et al., 2015) [2]. Die Optimierung des Verhältnisses zwischen strukturreichem Grobfutter und energiereichem Kraftfutter stellt somit eine wichtige Fragestellung hinsichtlich der richtigen Versorgung der Kühe dar. Der vorliegende Versuch soll aufzeigen, welchen langfristigen Einfluss die Energieversorgung sowie die Rationszusammensetzung auf die Gesundheit, die Leistung und die Effizienz hochleistender Kühe der Rasse Deutsche Holstein hat.

## **2. Material und Methoden**

Im Rahmen des Verbundprojektes „optiKuh“ wurde in den Milchkuhversuchsställen des VBZL Haus Riswick der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen in den Jahren 2015 und 2016 ein zweijähriger Fütterungsversuch mit 48 Milchkühen durchgeführt. Ziel war es, die Grup-

penzusammensetzung über zwei Jahre konstant zu halten und eine umfangreiche Datenerfassung in allen Laktationsstadien zu gewährleisten. Die vier Versuchsgruppen ergaben sich aus der unterschiedlichen Versorgung hinsichtlich der Energiedichte im Grobfutter (6,1 MJ NEL/kg TM und 6,5 MJ NEL/kg TM) sowie der Höhe der Energieversorgung mit Kraftfutter (150 g/kg ECM und 250 g/kg ECM) innerhalb jeder Grobfuttervariante. Einmal täglich wurde den Kühen eine aufgewertete Teilmischung (tTMR) vorgelegt, wobei sich die Differenz im Energiegehalt aus dem Strohanteil in der Mischung ergab. Alle anderen Komponenten waren identisch. Die Kraftfuttermengen wurden den Tieren über die Kraftfutterstationen anhand einer zuvor festgelegten Kraftfutterkurve individuell zugeteilt. Die Nährstoff- und Energieversorgung erfolgte nach aktuellen Vorgaben der GfE (2001) [3] und DLG (2001) [4]. In der Trockenstehphase wurden alle Versuchstiere einheitlich mit einer einphasigen Trockenstehration nach DLG-Vorgaben (DLG, 2012) [5] versorgt. Die Datenauswertung erfolgte mit linearen, gemischten Modellen sowie einer Kovarianzanalyse mit Hilfe von SAS-Prozeduren in der Version 9.1.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Bei den laktierenden Kühen ergaben sich im Zeitraum vom 5. bis zum 350. Laktationstag (LT) keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier Versuchsgruppen hinsichtlich der Gesamttrockenmasseaufnahme, die fest zugeteilten und signifikant unterschiedlichen Kraftfuttermengen spiegeln sich in der Gesamt-TM-Aufnahme nicht wider (Tab. 1). Die TM-Aufnahme lag in allen Gruppen während der Laktation und der Trockenstehphase auf hohem Niveau.

*Tab.1: Einfluss der Fütterungsvarianten NEL-Gehalt im Grobfutter und Einsatzmenge an Kraftfutter auf tägliche Futteraufnahme während der Laktation und in der Trockenstehphase (LSQ-Mittelwerte), 12 Tierplätze je Gruppe*

Merkmal	Einheit	6,1/150	6,1/250	6,5/150	6,5/250
<b>Laktierende (6. bis 350. Laktationstag)</b>					
Gesamtfutteraufnahme	kg TM	20,2	22,2	21,5	22,5
Kraftfuteraufnahme	kg TM	2,0 <sup>a</sup>	4,6 <sup>b</sup>	2,1 <sup>a</sup>	4,5 <sup>b</sup>
<b>Trockensteher</b>					
Gesamtfutteraufnahme	kg TM	14,3	14,6	13,8	14,1

Werte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben sind signifikant verschieden,  $p < 0,05$

Bezüglich der Milchleistung und der Milchinhaltsstoffe waren zwischen den Fütterungsvarianten keine signifikanten Unterschiede erkennbar (Tab. 2).

Tab.2: Einfluss der Fütterungsvarianten NEL-Gehalt im Grobfutter und Einsatzmenge an Kraftfutter auf Milchleistung und Milch Inhaltsstoffe (LSQ-Mittelwerte)

Merkmal	Einheit	6,1/150	6,1/250	6,5/150	6,5/250
Milchmenge	kg	24,8	26,7	26,6	27,3
Fettgehalt	%	4,03	3,83	4,05	4,15
Eiweißgehalt	%	3,30	3,41	3,43	3,48
ECM	kg	24,7 <sup>a</sup>	25,9 <sup>ab</sup>	26,8 <sup>ab</sup>	28,2 <sup>b</sup>

Werte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben sind signifikant verschieden,  $p < 0,05$

Hinsichtlich der ECM-Leistung bestanden zwischen der Variante mit der geringsten Energieversorgung (6,1/150) und der Variante mit der höchsten Energieversorgung (6,5/250) signifikante Unterschiede.

In Abb. 1 ist die Gesamt-TM-Aufnahme im Laktationsverlauf vom 6. bis zum 350. LT dargestellt. Vom 60. bis zum 231. LT nahmen die Tiere der Gruppe 6,1/150 signifikant weniger TM auf (-2,5 kg TM/Tier/Tag) als die Tiere der Gruppe 6,1/250. Auch zwischen den Gruppen 6,1/150 und 6,5/250 zeigten sich signifikante Unterschiede. Vom 20. bis zum 239 LT fraßen die Tiere der Gruppe 6,1/150 2,9 kg TM/Tier/Tag weniger als die Kühe, die am intensivsten gefüttert wurden. In Folge der Erhöhung des Kraftfütterniveaus kommt es somit zur Erhöhung der Gesamt-TM-Aufnahme. In Abb. 2 ist die energiekorrigierte Milchmenge (ECM) im Laktationsverlauf dargestellt. Vom 14. bis zum 309 LT. war die Milchleistung der Gruppe 6,5/250 gegenüber der Gruppe 6,1/150 signifikant höher (+ 3,8 kg ECM/Tier/Tag). Ebenfalls ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen 6,1/150 und 6,1/250 zwischen dem 149. und dem 189. LT (2,4 kg ECM/Tier/Tag) und den Gruppen 6,1/150 und 6,5/150 zwischen dem 110. und 250. LT (2,9 kg ECM/Tier/Tag). Diesen Unterschieden ist sowohl ein Effekt der Kraftfuttermenge als auch der Grobfutterqualität auf die Milchleistung zu entnehmen.

Aus den Abbildungen 3 und 4 sind der Einfluss auf das Energiesaldo und die Entwicklung der Lebendmasse ersichtlich. Es zeigten sich teils gegenläufige Effekte.

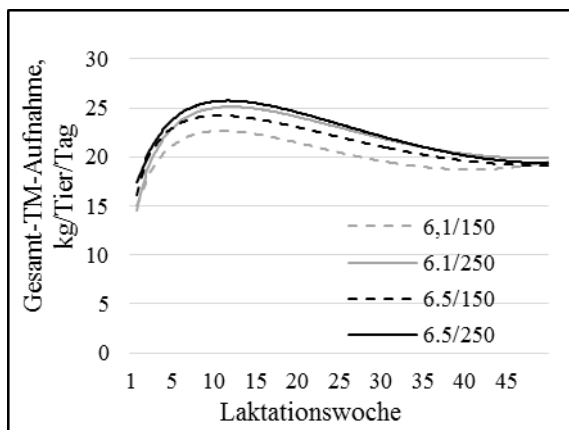


Abb. 1: Einfluss der Fütterungsvariante auf die Gesamt-TM-Aufnahme im Laktationsverlauf

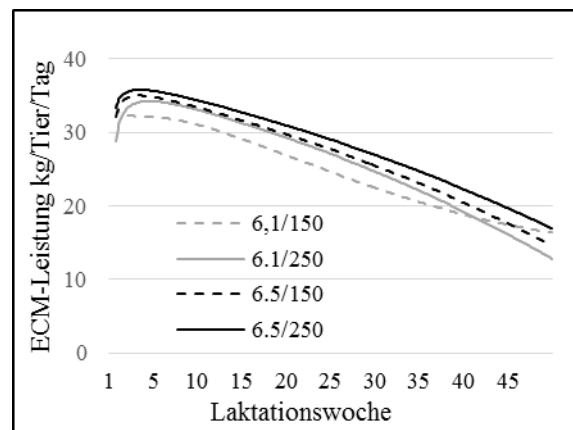


Abb. 2: Einfluss der Fütterungsvariante auf die ECM-Leistung im Laktationsverlauf



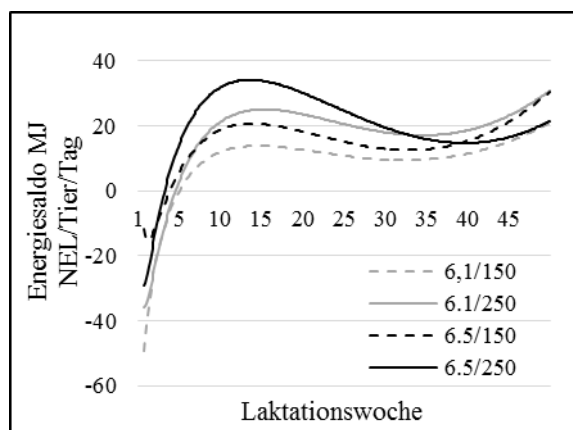


Abb. 3: Einfluss der Fütterungsvariante auf das Energiesaldo (GfE, 2001)[3] im Laktationsverlauf

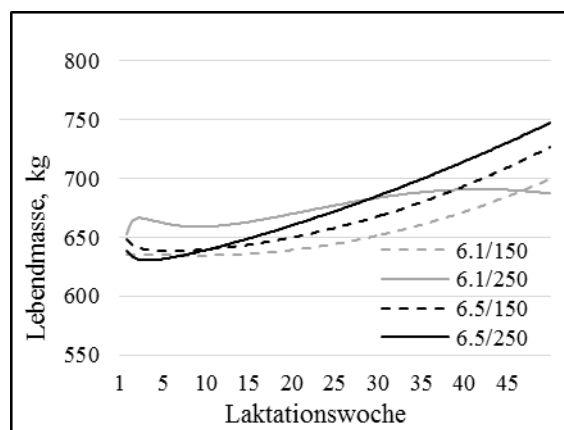


Abb. 4: Einfluss der Fütterungsvariante auf die Lebendmasseentwicklung im Laktationsverlauf

## 4. Schlussfolgerungen

Den Ergebnissen des vorliegenden Versuches ist zu entnehmen, dass es in Folge des Einsatzes von zusätzlichem Kraftfutter zu einer Zunahme der Gesamtfutteraufnahme und somit auch der Energieaufnahme kommt. Die zusätzliche Kraftfuttermenge erhöht die Milchmenge, verdrängt jedoch auch Grobfutterenergie und führt somit, vor allem bei höherer Grobfutterqualität, zu einer deutlichen Verringerung der Grobfutterleistung. Sowohl eine bessere Grobfutterqualität als auch eine höhere Kraftfuttermenge führen in gleichem Maße im zweiten Laktationsdrittel zu einer Erhöhung der Milchleistung. Das ausgeglichene Energiesaldo aller Gruppen vor dem Ende der 5. Laktationswoche verdeutlicht die Anpassungsfähigkeit der Tiere an die gegebene Fütterungssituation.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Zebeli, Q., Aschenbach, J.R., Tafaj, M., Boguhn, J., Ametaj, B.N., Drochner, W. (2012): Invited Review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 95, 1041-1056
- [2] Zebeli, Q., Ghareeb, K., Humer, E., Metzler-Zebeli, B.U., Besenfelder, U. (2015): Nutrition and rumen health in the periparturient period and their role on overall health and fertility in dairy cows. *Vet. Res.* 103, 126-136
- [3] GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder, Heft 8, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- [4] DLG (2001): Struktur- und Kohlenhydratversorgung der Milchkuh. DLG-Information 2/2001, DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung, Frankfurt a.M.
- [5] DLG (2012): Fütterungsempfehlungen für Milchkühe im geburtsnahem Zeitraum. DLG-Verlag, Frankfurt a.M.

# Ergebnisse aus zwei Jahren TMR-Fütterung von Milchkühen der Rasse Fleckvieh bei einem Kraftfutteraufwand von 150 oder 250 g pro kg ECM

E. Gerster<sup>1,2</sup>, T. Jilg<sup>1</sup>, H. Steingäß<sup>2</sup>, M. Rodehutschord<sup>2</sup>, H. Spiekers<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg LAZBW, Aulendorf

<sup>2</sup>Institut für Nutztierwissenschaften, Universität Hohenheim, Stuttgart

<sup>3</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Poing-Grub

## Zusammenfassung

Bei Fütterung von Fleckvieh-Milchkühen mit 150 oder 250 g Kraftfutter pro kg ECM in der Laktation während eines Zeitraums von zwei Jahren wurde bei einer Energiedichte im Grobfutter der TMR von 6,6 MJ NEL/kg TM kein Leistungsunterschied festgestellt. Die durchschnittliche Laktationsleistung betrug in beiden Gruppen 9.400 kg je Kuh. Die Grobfutterverdrängung war hoch. Die Tiere, die mit 150 g KF/kg ECM versorgt waren, mobilisierten zu Laktationsbeginn länger Energie aus Körperreserven. In der Trockenstehphase, in der beide Gruppen gleich gefüttert wurden, nahmen die Tiere, welche in der Laktation mit 150 g KF/kg ECM gefüttert worden waren, signifikant mehr Trockenmasse auf und kompensierten dadurch die geringere Energieversorgung in der Laktation weitgehend.

## 1. Einleitung

Bei der Rationsgestaltung steht der Kraftfuttereinsatz im Spannungsfeld zwischen Wiederkäuergerechtigkeit und maximaler Energiezufuhr [1]. In Baden-Württemberg wurden im Jahr 2016 durchschnittlich 270 g Kraftfutter je kg ECM eingesetzt [2]. Der optimale Kraftfuttereinsatz in Milchviehrationen berücksichtigt zunächst die Versorgung des einzelnen Tieres und der Herde. Doch auch betriebswirtschaftliche Bedingungen und Rechtsvorschriften (*Stichwort Düngeverordnung*) beeinflussen die Entscheidung. Der Einsatz von Kraftfutter in der Rinderfütterung wird gesellschaftlich kritisch hinterfragt [3]. Unter den aktuellen Produktionsbedingungen (*Genetik, Leistungsniveau, Grobfutterqualität*) ist unklar, welche Konsequenzen eine Verminderung des Kraftfuttereinsatzes hätte. Im optiKuh-Fütterungsversuch wurde daher untersucht, wie Milchkühe auf einen unterschiedlich hohen Kraftfuttereinsatz hinsichtlich Leistung, Futterraufnahme und Energieversorgung reagieren.

## 2. Material und Methoden

Im Zeitraum 02.12.2014 - 13.12.2016 wurden am LAZBW Aulendorf 48 Fleckvieh-Milchkühe mit abgestuftem Kraftfutteraufwand (Kraftfutter, abgekürzt KF) versorgt (2 Gruppen: 6,5/250 und 6,5/150). Die Tiere traten am Stichtag Versuchsbeginn mit unterschiedlichen Laktationsständen (nicht trocken stehend) in den Versuch ein. In Gruppe 6,5/250 wurden in den zwei Versuchsjahren in Summe sechs, in Gruppe 6,5/150 fünf Tiere ersetzt. Im Durchschnitt war Gruppe 6,5/250 in Laktation 3,5 und Gruppe 6,5/150 in Laktation 3,3.

Die Trockenmasseaufnahme (ITM, in kg), die Milchmenge (ML, in kg) und das Körpergewicht (BW, in kg) wurden in der Laktation tierindividuell täglich erfasst, die prozentualen Milchinhaltsstoffe (Fett, Eiweiß) wöchentlich, der Body Condition Score (BCS) nach Edmonson [4] monatlich. Während der Trockenstehphase (ab Laktationstag (LT) -49 oder ab  $\leq 12$  kg ML) wurde die ITM weiter täglich, der BCS monatlich und das BW einmalig im Zeitraum 14 bis 21 Tage vor der Kalbung gemessen. Die TiDa Tier und Daten GmbH, Westensee, fasste die Tagesdaten zu Kalenderwochenmitteln zusammen und berechnete die Energiekorrigierte Milchleistung (ECM, in kg) [5, auf Basis der Gleichung 1.4.3, S. 21] und den Energiesaldo (ES, MJ NEL; unter Berücksichtigung von Energieaufnahme, Erhaltungsbedarf, Energiebedarf für Milchbildung, Energiebedarf während der Trächtigkeit und Energiebedarf für den Lebendmassezuwachs Erstlaktierender) [5]. Die Grobfutterleistung (GF-ECM, in kg) wurde aus der ECM abzüglich des Milcherzeugungswerts des KF berechnet [6].

Die schließende Statistik in SAS wurde, separat für Laktation und Trockenstehphase, mit der Prozedur MIXED durchgeführt. Als fixe Effekte gingen je die Kalenderwoche, die Gruppe, die Laktationsnummernklasse (4 Klassen: 1., 2., 3.,  $\geq 4$ . Laktation) und die Interaktion Gruppe\*Laktationsnummernklasse in das Modell ein. In der Laktation wurde zusätzlich der Einfluss des LT auf das Zielmerkmal mit den vier Kovariablen nach Ali und Schaeffer [7] festgelegt. Für den Gruppenvergleich in der Gesamtbetrachtung der Laktation wurden, im Gegensatz zur Modellierung der Verläufe, keine Interaktionen der Kovariablen mit der Gruppe und der Laktationsnummernklasse zugelassen. In der Trockenstehphase blieb der Einfluss des LT im Modell unberücksichtigt. Der zufällige Effekt des Tieres in der Laktationsnummer und die Autokorrelation der Residuen (AR1) wurden jeweils berücksichtigt.

#### - Fütterung

Gras-, Maissilage und Stroh/Heu wurden in den TMR so kombiniert, dass die Energiedichte des Grobfutters (GF) in der Laktation 6,6 MJ NEL/kg Trockenmasse (TM) betrug (Tab. 1). Als Kraftfutterkomponenten wurde neben einer hofeigenen Mischung (Winterweizen, Wintergerste, Ackerbohnen) Rapsextraktionsschrot eingesetzt.

Tab.1: Zusammensetzung der Rationen in den Gruppen 6,5/250 und 6,5/150 im Laktationsverlauf

Ration	Gras-	Mais-	Heu/	KF-Anteil	Energie	nXP	aNDFom	Energie
	silage	silage	Stroh <sup>1)</sup>		TMR <sup>2)</sup>	TMR	TMR	TMR
	% der TM im GF			% der TM	MJ NEL/ kg TM	g/ kg TM	g/ kg TM	MJ NEL/ kg TM
K1	44	46	10	35	7,0	157	310	7,5
K2 = R1				22	6,7	153	346	7,0
R2 = TR2				14	6,6	149	360	6,6
TR1	20	47	33	1	5,6	118	489	0,0

<sup>1)</sup> in der Ration TR1 wurde ausschließlich Stroh genutzt; <sup>2)</sup> inklusive Mineralfutter

Der KF-Anteil (inklusive Mineralfutter) in der der TMR betrug in Gruppe 6,5/250 bis zum 165. Laktationstag (LT) 35 % in der TM (Ration K1), danach 22 % (Ration K2), sodass im Mittel der Laktation 250 g KF/kg ECM (g KF, Energiestufe 3 = 6,7 MJ NEL/kg) zugeteilt wurden. Die Rationen der Gruppe 6,5/150 waren im Mittel der Laktation auf 150 g KF/kg ECM eingestellt. Bis zum 165. LT erhielt Gruppe 6,5/150 dieselbe TMR mit 22 % KF in der TM, die der Gruppe 6,5/250 ab dem 166. LT vorgelegt wurde (Ration R1 = K2). Ab dem 166. LT wurde in Gruppe 6,5/150 die Ration R2 (14 % KF) gefüttert. Während der Trockenstehperiode wurden beide Gruppen gleich gefüttert (Phase 1: Ration TR1; Vorbereitungs fütterung: Ration TR2 = R2).

### **3. Ergebnisse**

Signifikante Gruppenunterschiede wurden in der Laktation bei der täglichen Energieaufnahme (IE, in MJ NEL), der GF- und der KF-Trockenmasseaufnahme festgestellt, wie Tab. 2 zeigt. Gruppe 6,5/250 nahm signifikant mehr Energie und signifikant mehr KF auf, aber signifikant weniger GF. Der signifikante Gruppenunterschied der Energieaufnahme aus GF in der Laktation geteilt durch den signifikanten Gruppenunterschied der Energieaufnahme aus KF in der Laktation (in Tab. 2 nicht angeführt) ergab -0,70 MJ NEL. Diese Größe gibt an wie viel MJ NEL aus GF weniger pro 1,0 MJ NEL mehr aus KF die Tiere in Gruppe 6,5/250 im Vergleich zu den Tieren in Gruppe 6,5/150 aufnahmen. Bis zum 165. LT war die „Verdrängung“ von Energie aus dem GF mit durchschnittlich -0,51 MJ NEL/1,0 MJ NEL KF geringer als in der zweiten Laktationshälfte (-0,86 MJ NEL/1,0 MJ NEL KF). Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Fütterung als TMR erfolgte und somit die Relation Grob- zu Kraftfutter über die die Rationsanteile festgelegt wurden.

Die ECM pro LT war in beiden Gruppen gleich hoch. Demzufolge hatte Gruppe 6,5/250 eine signifikant geringere Grobfutterleistung. Weder der Fett-, noch der Eiweißgehalt in der Milch waren unterschiedlich in den beiden Gruppen. Der mittlere tägliche Energiesaldo und der BCS in der Laktation waren in der Gruppe 6,5/250 signifikant höher als in Gruppe 6,5/150, das Körpergewicht nicht.

Tab.2: Vergleich von Kenndaten der Gruppen in Laktation und Trockenstehphase über die gesamte Versuchszeit von 2 Jahren (LS-means = Kleinstquadrat-Mittelwerte, SE = Standardfehler, PDiff = geschätzte Differenz), n =24

Merkmal	Gruppe 6,5/250	Gruppe 6,5/150	p-Wert	PDiff±SE
	LS-means±SE			
Laktation (LT 6 bis 344); pro Kuh und LT				
ITM, kg TM	21,6±0,3	21,0±0,3	0,1301	-
ITM GF, kg TM	15,5±0,2	17,3±0,2	<0,0001	-1,8±0,3
ITM KF, kg TM	6,1±0,1	3,8±0,1	<0,0001	2,4±0,1
IE, MJ NEL	147,8±2,0	139,9±2,0	0,0052	7,4±2,5
ECM, kg	27,8±0,8	27,8±0,8	0,667	-
GF-ECM, kg	14,1±0,8	20,2±0,7	<0,0001	-6,5±1,0
Fett, %	4,4±0,1	4,5±0,1	0,4219	-
Eiweiß, %	3,6±0,0	3,6±0,0	0,5367	-
BCS <sup>1)</sup>	3,5±0,1	3,4±0,1	0,0364	0,2±0,1
BW, kg	777±11	752±11	0,1398	-
ES, MJ NEL	10,8±1,7	3,8±1,6	0,0006	8,4±2,3
Trockenstehphase (LT -75 bis -1), pro Kuh und LT				
ITM, kg TM	12,1±0,3	13,1±0,3	0,0257	-0,9±0,4
IE, MJ NEL	73,8±1,5	79,3±1,8	0,0209	-5,5±2,3
BCS	3,8±0,1	3,7±0,1	0,2643	-
BW, kg <sup>2)</sup>	851±13	843±12	0,6759	-
ES, MJ NEL <sup>2)</sup>	3,2±3,0	11,0±2,5	0,0310	-7,8±3,4

<sup>1)</sup> LT 0 bis 344;

<sup>2)</sup> LT -30 bis -5 wurden berücksichtigt

In der Trockenstehphase, bei gleicher Fütterung, nahmen die Tiere in Gruppe 6,5/150 täglich durchschnittlich signifikant mehr TM und folglich signifikant mehr Energie auf (Tab. 2). Das Körpergewicht und der BCS unterschieden sich nicht in den beiden Gruppen 6,5/250 und 6,5/150. Der Energiesaldo war in der Trockenstehphase in Gruppe 6,5/150 signifikant höher.

Abb. 1 zeigt, dass die ECM-Leistung in beiden Gruppen ab LT 6 kontinuierlich abfiel. In Gruppe 6,5/250 war die ECM-Leistung zu Laktationsbeginn höher und am Ende der Laktation geringer als in Gruppe 6,5/150. Die ECM-Kurven schneiden sich an LT 175.

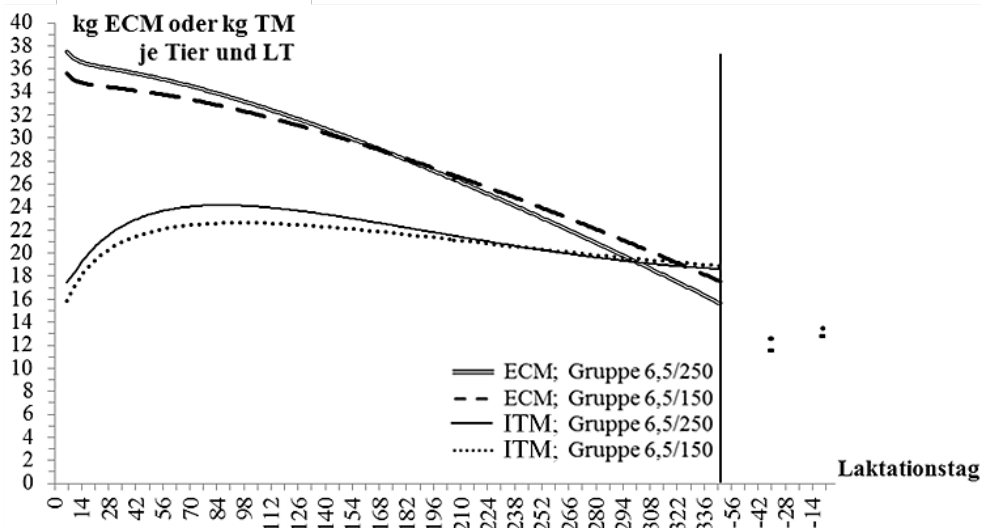


Abb. 1: Verlauf der ECM und der ITM beider Gruppen in der Laktation und die ITM beider Gruppen in der Trockenstehphase

Die ITM lag in Gruppe 6,5/250 in den ersten beiden Laktationsdritteln über der ITM von Gruppe 6,5/150 (Abb. 1). Erst um den LT 245 glichen sich die ITM beider Gruppen an. In der Trockenstehphase nahm Gruppe 6,5/150 sowohl in Phase 1 als auch während der Vorbereitungs fütterung mehr TM auf.

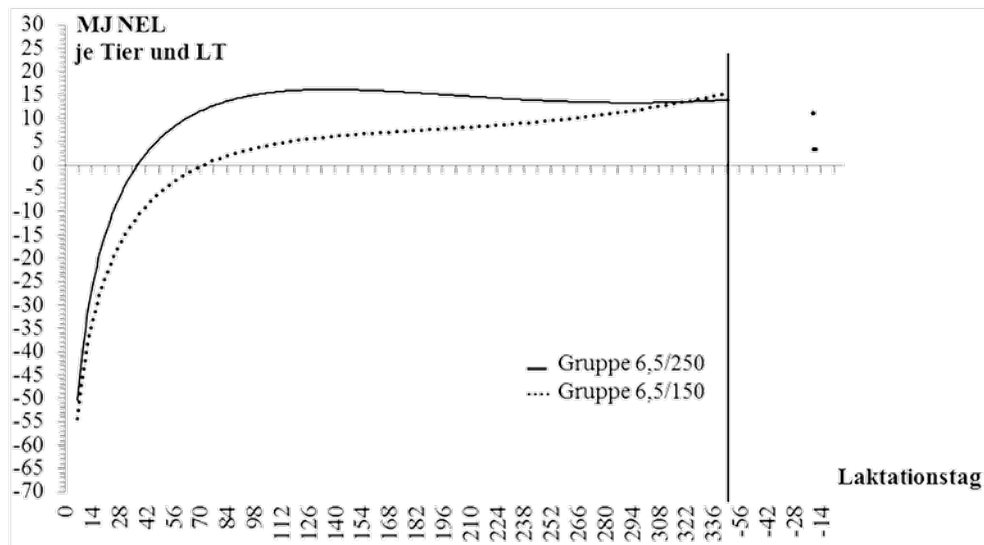


Abb. 2: Verlauf des Energiesaldos beider Versuchsgruppen in der Laktation und der Trockenstehphase

Am LT 6 war das Energiedefizit beider Gruppen am höchsten (Abb. 2). Während die Tiere in Gruppe 6,5/250 einen ausgeglichenen Energiesaldo bereits am LT 37 erreichten, dauerte das bei den Tieren in Gruppe 6,5/150 bis zum LT 72. Gruppe 6,5/250 hatte von LT 62 bis zum Trockenstellen einen Überschuss von >10 MJ NEL/Tag. In Gruppe 6,5/150 stieg der Energieüberschuss nach Erreichen eines ausgeglichenen Saldos langsam, aber kontinuierlich. Folglich wechselten die Tiere in Gruppe 6,5/250 nach der Kalbung früher von einer katabolen in eine anabole Stoffwechsellage.

Im Umkehrschluss zur oben genannten, mit fortschreitender Laktation zunehmenden, Verdrängung von Energie aus dem GF, wurde die Energieaufnahme in der ersten Laktationshälfte durch den höheren KF-Anteil in der TMR der Gruppe 6,5/250 deutlich gesteigert.

gert, in der zweiten Laktationshälfte hingegen kaum. Als erste Ursache kann der geringere Unterschied im Energiegehalt von GF und KF in der zweiten Laktationshälfte angeführt werden (vgl. Tab. 1). Eine weitere Ursache liegt im höheren Energieüberschuss in der zweiten Laktationshälfte (Abb. 2), der laut Literatur eine höhere GF-Verdrängung bewirkt [8; 9].

#### 4. Schlussfolgerungen

Die Reduktion des Kraftfutteraufwands von 250 g auf 150 g/kg ECM minderte die Leistung der Fleckviehkühe nicht bei der guten Grobfutterqualität. Die Gruppe, die in der Laktation mit weniger Kraftfutter gefüttert wurde, füllte im Gruppenvergleich ihre Körperreserven erst später in der Laktation und während der Trockenstehphase wieder auf. Die Verteilung der Energie in Leistung statt in Ansatz wurde durch den geringeren Kraftfuttereinsatz begünstigt. Erst die Gesamtbetrachtung von Laktation und Trockenstehphase ermöglichte es die Dynamik der Energieversorgung in den beiden Gruppen abzubilden.

#### 5. Literaturverzeichnis

- [1] GfE (2014): Communications of the Committee for Requirement Standards of the Society of Nutrition Physiology. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 23, 166-179.
- [2] LEL (2017): Rinderreport Baden-Württemberg 2016. Herausgeber: LEL, Schwäbisch Gmünd.
- [3] Knaus, W. (2009): Dairy cows trapped between performance demands and adaptability. J. Sci. Food Agric. 89: 1107-1114.
- [4] Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., et al. (1989): A body condition scoring chart for holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 72, 68-78.
- [5] GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Heft 8, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- [6] Weiß, J. (ohne Jahr): Grundfutterleistung einheitlich berechnen. Online unter <http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/futtermittel/grundfutter.pdf> (Stand 19.02.18).
- [7] Ali, T. E., Schaeffer, L. R. (1987): Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. Can. J. Anim. Sci. 67, 637-644.
- [8] Gruber, L. (2007): Einfluss der Kraftfuttermenge auf Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen. 34. Viehwirtschaftliche Tagung, Raumberg-Gumpenstein. 35-51.
- [9] Faverdin, P., Dulphy, J. P., Coulon, J. B., et al. (1991): Substitution of roughage by concentrates for dairy cows. Livest. Prod. Sci. 27, 137-156.

# Der Energiebedarf von Milchkühen heutiger Rassen<sup>1</sup>

A. Susenbeth

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Tierernährung und Stoffwechselfysiologie, Kiel

## 1. Einleitung

Neuere Untersuchungen zum Energieumsatz der Milchkuh sowie aktuelle Auswertungen älterer Datensätze zeigen, dass Änderungen an den von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2001) [1] angegebenen Bedarfswerten, insbesondere zur Erhaltung und Milchleistung, erforderlich erscheinen. Diese Werte wurden aus der Publikation im Jahr 1986 nahezu unverändert übernommen (GfE, 1986) [2] und beruhen in wesentlichen Teilen auf den Arbeiten von Van Es (1975) [3]. Für mittlere Leistungsbereiche sind diese Änderungen ohne Belang, sie führen jedoch bei sehr hohen Leistungen zu einem geringeren geschätzten Energiebedarf. Grundlage für die hier vorgenommene Ableitung sind die Arbeiten von Agnew und Yan (2000) [4], Agnew et al. (2003) [5], Gruber et al. (2007) [6] sowie Moraes et al. (2015) [7]. Da sowohl das Energielieferungsvermögen der Futtermittel bzw. der Ration als auch die jeweiligen Brennwerte der Nährstoffe der Milch von der Verwertung der Energie unabhängige Größen darstellen, lassen sich die notwendigen Änderungen in sinnvoller Weise nur auf der Stufe der Umsetzbaren Energie (ME) vornehmen. Damit wird auch sichergestellt, dass zukünftig sich neuere Erkenntnisse einerseits zu Fragen des Bedarfs, andererseits zu Fragen der Futterbewertung einfach berücksichtigen lassen, da mit der ME eine klare Trennung beider Bereiche vorgenommen wird. Eine weitere erforderliche Änderung betrifft die Bestimmung des Brennwertes der Milch, der aus den Gehalten an den drei Hauptnährstoffen berechnet werden sollte.

## 2. Leistungsunabhängiger Energiebedarf

Da der Erhaltungsumsatz am laktierenden Tier selbst nicht ermittelt werden kann (denn dieses müsste auf Erhaltungsniveau gefüttert werden), wird dieser Wert aus der linearen Beziehung zwischen ME-Aufnahme und Milchleistung (LE) durch Extrapolation geschätzt, wobei der Schnittpunkt mit der x-Achse (= ME-Aufnahme) als Erhaltungsumsatz angesehen wird. Dies ist jedoch nicht korrekt, da dieser Wert auch andere Leistungen des Tieres wie Kau- und Verdauungsarbeit oder Bewegung einschließt. Der tatsächliche Erhaltungsbedarf ist deshalb niedriger als der Schnittpunkt mit der x-Achse. Es ist daher sinnvoll, diesen Wert als leistungsunabhängigen Energiebedarf (ME<sub>i</sub>) zu bezeichnen und bei der Bedarfsermittlung auch in dieser Weise zu verwenden. Für diesen leistungsunabhängigen ME-Bedarf kann ein Wert von 0,64 MJ ME/kg metabolischer Körpergröße (kg<sup>0,75</sup>) angenommen werden.

---

<sup>1</sup> Dieser Beitrag basiert auf einem mit dem Ausschuss für Bedarfsnormen der GfE abgestimmten „Vorschlag zur Berechnung des Energiebedarfs der Milchkuh“ (Susenbeth, 19.02.2016)



### 3. Energiebedarf für Milchbildung

Da heute die Milch Inhaltsstoffe Protein, Fett und Laktose in der Regel bestimmt werden, sind Formeln, die nicht alle dieser 3 Inhaltsstoffe berücksichtigen, von geringerer Bedeutung. Der Brennwert der Milch (LE) wird aufgrund der Nährstoffgehalte der Milch und deren Brennwerte wie folgt berechnet, wobei zusätzlich im Mittel 20 kJ/kg Milch für den Gehalt an Zitronensäure anzusetzen sind:

$$\text{LE (kJ/kg)} = 38,5 \times \text{Fett} + 24,2 \times \text{Protein [N} \times 6,38] + 16,5 \times \text{Laktose} + 20 \quad (\text{Gehalte in g/kg})$$

Der Energiegehalt einer energiekorrigierten Standardmilch mit Gehalten pro kg von 40 g Fett, 34 g Protein und 48 g Laktose beträgt folglich 3,175 MJ/kg. Die jeweiligen Brennwerte der Nährstoffe der Milch sowie der für diese Berechnung zutreffende N-Faktor für das Protein wurden aus folgenden Quellen abgeleitet: Bergner und Hoffmann, 1996; Blaxter, 1989 [8]; Mumm et al., 1970 [9]; Sjaunja et al., 1990 [10]; Souci et al., 1994 [11] und Tyrrell und Reid, 1965 [12]. Es wird darauf hingewiesen, dass der Brennwert des Proteins für die Fraktion „Gesamt-N der Milch x 6,38“ gilt. Eine gesonderte Berücksichtigung des N aus Harnstoff darf somit nicht vorgenommen werden. Sowohl der N-Gehalt als auch der Brennwert des Reinproteins der Milch weichen von diesen Werten daher etwas ab. Für die Verwertung der ME für die Milchbildung ( $k_1$ ) ist ein Wert von 0,67 zu unterstellen. Der ME-Bedarf pro kg energiekorrigierter Standardmilch beträgt daher 4,74 MJ.

### 4. Energiebedarf für weitere Leistungen

Der Bedarf für **Trächtigkeit** ( $\text{ME}_c$ ) ist weiterhin aufgrund des Energieansatzes des trächtigen Uterus entsprechend Formel 1.4.5 und des Energieansatzes im Euter nach den Angaben der GfE (2001) [1] sowie einer Verwertung der ME für die Trächtigkeit von 0,175 zu berechnen.

Auch für den Bedarf für **maternales Wachstum** ( $\text{ME}_g$ ) ist bis zum Vorliegen neuerer Daten ein Energiegehalt des Lebendmassezuwachses in der 1. Laktation von 20 MJ/kg und für weitere Laktationen von 25 MJ/kg zu unterstellen. Die Verwertung der ME für maternales Wachstum ist der für Milchbildung gleichzusetzen. Bei energetischer Unterversorgung wird davon ausgegangen, dass die Energie der abgebauten Körpersubstanz mit einer Effizienz von 0,83 in Milchenergie transformiert wird. Die Berechnung des Bedarfs für maternales Wachstum in der 1. Laktation ist nur gültig bzw. zulässig für eine gesamte Laktationsperiode. Berechnungen für einzelne Laktationsabschnitte sollten nicht durchgeführt werden, da davon auszugehen ist, dass ein Gewichtszuwachs in der frühen Laktation nicht auftritt oder deutlich geringer ist und eine andere Zusammensetzung aufweist als in späteren Laktationsabschnitten. In diesem Zusammenhang sei auch darauf hingewiesen, dass die Berechnung eines Energiesaldos, d.h. der Differenz zwischen Energieaufnahme und dem berechneten Bedarf, für die erste Hälfte der Laktation zum Zwecke der Selektion von Tieren mit weiterem Milchleistung:Futtermittel-Verhältnis ein hohes Risiko in sich birgt, da Tiere mit einem solchen, jedoch nur vordergründig günstigen Verhältnis auch in größerem Umfang Körperfett mobilisieren.

Ein Energiebedarf für **Thermoregulation** dürfte nur in seltenen Fällen auftreten. Ein Bedarf für **Bewegung** ist nur bei Weidegang, insbesondere in bergigem Gelände, zu berücksichtigen.

## 5. Konsequenzen für die Fütterungspraxis und Schlussfolgerungen

(1) Der Energiebedarf pro kg energiekorrigierte Milch beträgt nun 4,7 MJ ME gegenüber einem Wert von 5,2 MJ ME (= 3,175 MJ LE/0,61) im NEL-System (GfE, 2001) [1] und der leistungsunabhängige Energiebedarf einer 625 kg schweren Kuh 80 MJ gegenüber 60 MJ ME/d. Es ergeben sich damit höhere Werte für den Gesamtbedarf bei geringer Leistung, im Bereich von 30 bis 40 kg Milch führen beide Berechnungswege zu nur geringfügig unterschiedlichen Werten, während bei einer Leistung von 45 bis 50 kg Milch ein geringerer Energiebedarf ermittelt wird.<sup>2</sup> Dies hat zur Konsequenz, dass bei sehr hoher Milchleistung und begrenzter Futteraufnahme die relative Unterversorgung geringer ausfällt. Der geringere Energiebedarf macht auch einen geringeren Kraftfutteranteil in der Ration erforderlich, womit eine ausreichende Strukturversorgung leichter sicherzustellen ist.

(2) Der energetische Futterwert auf der Basis der ME ist von den Änderungen im Bedarf nicht betroffen. Das ist ein entscheidender Vorteil, sollten in Zukunft weitere Differenzierungen notwendig werden. Wollte man jedoch diese neuen Befunde auch in einem NEL-System berücksichtigen, müssten deren Futterwerte geändert werden. So weist z.B. eine Grassilage mit 10 MJ ME/kg TM nach dem aktuellen NEL-System 6,0 MJ NEL auf, und in einem an die neuen Befunde angepassten müsste nun der Energiewert 6,7 MJ NEL betragen. Hier wird die grundsätzliche Schwäche von NE-Systemen offenkundig, die eine Berücksichtigung von neuen Erkenntnissen im Bereich der Energieverwertung nicht ermöglichen, sondern eine Änderung der Futterwerte notwendig machen. Der Grund liegt in der nicht vorgenommenen Trennung zwischen den Verlusten über Kot, Harn und Methan, die das Energielieferungsvermögen eines Futtermittels bestimmen, und den davon weitgehend unabhängigen Wärmeverlusten, die bei der Verstoffwechslung (Verwertung) der Nährstoffe auftreten.

(3) Die Effizienz der Energieverwertung für die Milchbildung ( $k_l$ ) ist als außergewöhnlich konstante Größe anzusehen, die weder von der Rationszusammensetzung noch vom Leistungsniveau beeinflusst wird. Auch Versuche, in denen der Effekt einer exogenen Wachstumshormonapplikation auf den Energiehaushalt von Kühen untersucht wurde, bestätigen diese Konstanz (Kirchgeßner et al. 1989) [13]. Damit ist die Effizienz der Energieverwertung für die Milchbildung als eine durch züchterische Maßnahmen nicht beeinflussbare Größe anzusehen. Die durch die neueren Befunde gezeigte Änderung im  $k_l$ -Wert ist daher nicht genetisch bedingt, sondern durch die unterschiedliche Berücksichtigung nicht leistungsbedingter Energiebedarfe sowie durch die Art der mathematischen Auswertungsmethode der Versuchsdaten verursacht.

## 6. Literaturverzeichnis

[1] GfE (*Gesellschaft für Ernährungsphysiologie*) (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Heft 8, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

---

<sup>2</sup> Die jeweiligen Differenzen zwischen den beiden Systemen hängen auch von der Annahme des  $k_l$ -Werts im NEL-System ab. Dieser Wert ist nicht konstant, sondern von der Umsetzbarkeit der Energie der Ration beeinflusst. Bei der Berechnung der Umsetzbarkeit ist jedoch nicht vom berechneten ME-Gehalt der Ration auszugehen, sondern vom tatsächlichen, bei dem die Verdaulichkeitsdepression durch eine hohe Futteraufnahme berücksichtigt ist.

- 
- [2] GfE (*Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere*) (1986): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 3. Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- [3] Van Es, A.J.H., 1975. Feed evaluation for dairy cows. *Livestock Production Science* 2, 95-107.
- [4] Agnew, R.E., Yan, T. (2000). Impact of recent research on energy feeding systems for dairy cattle. *Livestock Production Science* 66, 197-215.
- [5] Agnew, R.E., Yan, T., Murphy, J.J., Ferris, C.P., Gordon, F.J. (2003): Development of maintenance energy requirement and energetic efficiency for lactation from production data of dairy cows. *Livestock Production Science* 82, 151-162.
- [6] Gruber, L., Susenbeth, A., Schwarz, F.J., Fischer, B., Spiekers, H., Steingäß, H., Meyer, U., Chassor, A., Jilg, T., Obermaier, A. (2007): Evaluation of the German net energy system and estimation of the energy requirement of cows on the basis on an extensive data set from feeding trials. In: *Energy and protein metabolism and nutrition*. Ortigues-Marty, I. (ed.). EAAP Publ. No. 24, 563-564.
- [7] Moraes, L.E., Kebreab, E., Strahte, A.B., Dijkstra, J., France, J., Casper, D.P., Fadel, J.G. (2015): Multivariate and univariate analysis of energy balance data from lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 98, 4012-4029.
- [8] Blaxter, K. (1989): *Energy metabolism in animals and man*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [9] Mumm, H., Kynast, S., Gussek, K.W., Kellermann, R., Wauschkuhn B., Konrad, H., Keller, W. (1970): *Untersuchung von Milch, Milcherzeugnissen und Molkereihilfsstoffen*. Methodenbuch, Band VI. (Hrsg. Schmitt, L.), Neumann Verlag.
- [10] Sjaunja, L.O., Baevre, L., Junkkarinen, L., Pedersen, J., Setälä, J. (1990): Measurement of the total energy content of cow's milk and the energy value of milk fat and milk protein. *Proceedings of the 27<sup>th</sup> Biennial Session of the International Committee for Animal Recording (ICAR)*. EAAP Publ. No. 50., 152-155.
- [11] Souci, S.W., Fachmann, W., Kraut, H. (1994): *Food composition and nutrition tables*. Medpharm Scientific Publisher, Stuttgart.
- [12] Tyrrell, H.F., Reid, J.T. (1965): Prediction of the energy value of cow's milk. *Journal of Dairy Science* 48, 1215-1223.
- [13] Kirchgeßner, M., Schwab, W., Müller, H.L. (1989): Effect of bovine growth hormone on energy metabolism of lactating cows in long-term administration. In: *Energy metabolism of farm animals*. Van der Honing, Y., Close, W.H. (compilers). EAAP Publ. No. 43, 143-146. Pudoc Wageningen.

## Ableitung ökonomischer Empfehlungen

J. B. Assheuer

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Münster

### Zusammenfassung

Die Intensivgruppe mit 6,5 MJ NEL je kg TM im Grobfutter und 250 g Kraftfutter (KF)/kg ECM hatte mit 9.140 kg ECM/Kuh nicht nur die höchste Milchleistung, sondern mit einem Saldo aus Leistungen und Kosten von 1.347 €/Kuh auch das beste betriebswirtschaftliche Ergebnis. Die Gruppe mit geringerer Energiedichte im Grobfutter und gleichzeitig niedrigem Kraftfuttereinsatz lag mit einem Saldo von 969 €/Kuh abgeschlagen auf Platz 4.

Der erreichte Ertragszuwachs nahm mit steigendem Leistungsniveau ab, wobei sich eine hohe Grobfutterqualität auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht als vorteilhaft erwies.

### 1. Einleitung

Hinsichtlich des Versuchsaufbaus und dessen Durchführung wird auf die Erläuterungen in Kapitel 3.2. verwiesen [1]. In Tabelle 1 werden die erzielten Milchleistungen (ECM) und die eingesetzten Futtermittel noch einmal nachrichtlich dargestellt.

*Tab.1: Milchleistungen und Futteraufwendungen je Tierplatz und Versuchsjahr in Abhängigkeit der Futtergruppe*

Gruppe	ECM [kg]	Mais-silage [kg]	Gras-silage [kg]	Stroh [kg]	Grobfutter [kg TM]
6,1/150	7.754	7.544	5.346	927	5.567
6,1/250	8.761	7.218	5.175	897	5.358
6,5/150	8.396	8.383	5.805	317	5.525
6,5/250	9.140	8.294	5.523	273	5.344

Gruppe	RES [kg]	MLF [kg]	Kraftfutter [kg]	TM-Aufnahme [dt]
6,1/150	967	1.236	2.203	75,1
6,1/250	927	1.787	2.714	77,5
6,5/150	900	1.257	2.157	74,2
6,5/250	877	1.799	2.676	77,0

Als Datengrundlage dienen die Betriebszweigauswertungen der DLG-Spitzenbetriebe der WJ 2014/15 und 2015/16. Im Einzelnen wurden folgende Kenngrößen übernommen:

Milchverkauf:	33,58 ct/kg ECM
Schlachtkuherlös:	805 €/Kuh
Kälbererlös, - versetzung	202 €/Kalb
Bestandsergänzung	1.587 €/Färse
Milchleistungsfutter	26,75 €/dt
Rapsextraktionsschrot	24,61 €/dt
Maissilage	12,50 €/dt TM
Grassilage	18,20 €/dt TM
Futterstroh	22,50 €/dt TM

Der Auftrag bestand in der monetären Bewertung der 4 Versuchsgruppen und der Ableitung ökonomischer Empfehlungen.

## 2. Ermittlung der Leistungen und Kosten

Beim Milchverkauf erreichten die beiden Gruppen mit hoher Kraftfuttergabe aufgrund der daraus resultierenden hohen Milchleistung die besten Werte. So erzielte die Gruppe 6,5/250 beim Milchverkauf einen Ertrag von 3.069 Euro und schnitt damit um 465 Euro besser ab als die extensive Futtergruppe mit schlechter Grobfutterqualität und gleichzeitig niedrigerem Kraftfuttereinsatz.

Eine Besonderheit trat in der Anzahl der Kuhabgänge auf. Hier verließ innerhalb der zweijährigen Versuchsdauer in der Gruppe 6,5/150 eine Kuh mehr als in den übrigen Versuchsgruppen den Bestand, welches sich in einem geringfügig höheren Altkuhverkauf widerspiegelte. Unabhängig von einem möglichen Zusammenhang mit der Fütterung blieb die Auswirkung auf das Gesamtergebnis gering, weil der Altkuherlös durch die Kosten für die Ersatzfärse weitestgehend egalisiert wurde. Die Bestandsergänzungsrates lag in allen Gruppen unter 30 Prozent und erreichte somit praxisübliche Werte.

In der Gruppe 6,5/250 wurden im gesamten Verlauf 4 totgeborene Kälber registriert und damit doppelt so viele wie in den übrigen drei Gruppen. Dies führte zu einem reduzierten Versetzungswert der Kälber. Diese Begebenheit kann ebenfalls eher nicht mit der Fütterung in Verbindung gebracht werden, soll aber aus Gründen der Vollständigkeit und Korrektheit nicht unberücksichtigt bleiben.

In der Summe der Leistungen konnten sich wie erwartet die Futtergruppen mit hoher Kraftfuttergabe durchsetzen, wobei eine gleichzeitig bessere Grobfutterqualität das Ergebnis noch einmal um 82 Euro steigern konnte. Die Gesamtspanne aller Gruppen betrug auf dieser Ebene 445 Euro zu Gunsten der Intensivgruppe (siehe Tabelle 2).

Tab.2: Darstellung der Leistungen in €/Kuh und Versuchsjahr

Gruppe	Milch- verkauf	Altkuh- verkauf	Kälber- versetzung	Summe Leistungen
6,1 / 150	2.604	222	199	3.025
6,1 / 250	2.942	219	227	3.388
6,5 / 150	2.819	239	225	3.283
6,5 / 250	3.069	224	177	3.470

Unter Berücksichtigung der zuvor geschilderten Besonderheiten der Bestandsergänzung und der Futtermengen ergibt sich auf der Ebene der Kosten folgendes Bild: Die höher dimensionierte Kraftfuttergabe führte bei niedriger Grobfutterqualität zu einer Kostensteigerung von 100 Euro und bei hoher Grobfutterqualität zu einer Kostensteigerung von 86 Euro. Die Gruppe 6,5/150 wies trotz hoher Bestandsergänzungskosten mit 2.037 Euro die geringsten Gesamtkosten auf, wobei die Spanne aller Gruppen auf der Ebene der Kosten geringer ausfiel als auf der Ebene der Leistungen (siehe Tabelle 3).

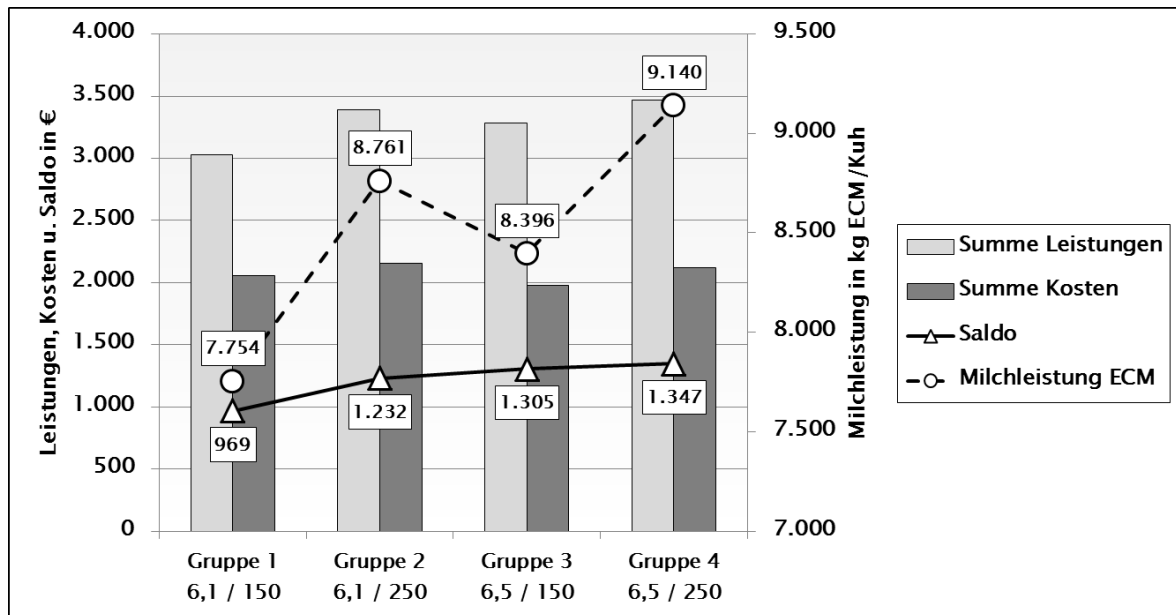
Tab.3: Darstellung der Kosten in €/Kuh und Versuchsjahr

Gruppe	Bestands- ergänzung	Kraft- futter	Grob- futter	Summe Kosten
6,1 / 150	437	733	886	2.056
6,1 / 250	431	872	854	2.156
6,5 / 150	471	720	846	2.037
6,5 / 250	442	866	814	2.123

Der Saldo aus Leistungen und Kosten diene als Grundlage zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Versuchsgruppen (siehe Abbildung 1). Die Gruppe 1 wies mit 969 Euro einen um 378 Euro geringeren Saldo als die Gruppe 4 mit 1.347 Euro aus. Die Gruppen mit hoher Grobfutterqualität erzielten die besten Ergebnisse, wobei der höhere Kraftfuttereinsatz noch einmal eine Verbesserung von 42 Euro erbrachte. Eine niedrige Grobfutterqualität erwies sich vor allem in der Kombination mit einer geringen Kraftfuttergabe als am wenigsten wirtschaftlich.

Der Zusammenhang zwischen Kraftfuttergabe und Milchleistung wird in der Abbildung 1 ebenfalls deutlich. Der zu erzielende Überschuss fiel jedoch mit zunehmendem Leistungsniveau geringer aus. Dieser an sich bekannte Effekt wurde durch den im Versuchszeitraum unterdurchschnittlichen Milchpreis noch verstärkt.

Abb. 1: Darstellung der Leistungen und Kosten in €/Kuh und Versuchsjahr und der Milchleistung in kg ECM/Kuh und Versuchsjahr



### 3. Sensitivität der Ergebnisse

Doch wie stabil sind die Ergebnisse bei sich ändernden Rahmenbedingungen? Um dieser Frage nachzugehen wurden die wichtigsten dem Versuch zugrunde liegenden Parameter mit einem Zu- bzw. Abschlag von 30 Prozent versehen und das Ergebnis jeweils neu berechnet (siehe Tabelle 4).

Es zeigte sich, dass die Intensivgruppe, die schon unter Versuchsbedingungen am erfolgreichsten abschnitt, sich auch bei Preis- und Kostenschwankungen sehr stabil präsentierte. Diese Gruppe spielt vor allem bei steigenden Milchpreisen ihre Vorteile aufgrund des hohen Milchleistungsniveaus aus. Lediglich bei um 30 Prozent erhöhten Kosten für Maissilage schneidet diese Gruppe zumindest aus betriebswirtschaftlicher Sicht minimal schlechter ab.

Tab.4: Sensitivität der Ergebnisse bei einem Abschlag von plus und minus 30 % bei den unterstellten Kosten und Preisen

Parameter	Wert optiKuh	Best Case optiKuh	Vorteil <sup>1</sup> bei -30 % (€/Kuh)	Vorteil <sup>1</sup> bei +30% (€/Kuh)
Milchpreis	33,58 Ct./kg ECM	6,5/250	+27	+155
Kraftfutterpreis (MLF)	26,75 €/dt EIII	6,5/250	+117	+59
Maissilagekosten	12,50 €/dt TM	6,5/250	+101	-6
Futterstrohkosten	22,50 €/dt TM	6,5/250	+83	+104
Summe var. Kosten	€/Kuh	6,5/250	+107	+76

<sup>1</sup>gegenüber zweitplatzierte Gruppe

#### 4. Schlussfolgerungen

Die Intensivgruppe mit 6,5 MJ NEL je kg TM im Grobfutter und 250 g KF/kg ECM erzielte unter den geschilderten Versuchsbedingungen mit einem Vorteil von 378 Euro beim Saldo das wirtschaftlichste Ergebnis. Grundsätzlich ist einer hohen Grobfutterqualität Vorrang vor einer hohen Kraftfuttermenge einzuräumen. Genauso gilt, dass eine hohe Kraftfuttermenge die Nachteile einer schlechten Grobfutterqualität nicht vollständig ausgleichen kann.

Die zu erreichenden Ertragszuwächse fallen mit zunehmendem Leistungsniveau geringer aus, wobei die Vorzüglichkeit der Intensivgruppe mit steigendem Milchpreis zunimmt. Sich ändernde Rahmenbedingungen erfordern nur im Extremfall einen Wechsel der Fütterungsstrategie.

In der Summe werden damit die bisher getätigten Beratungsempfehlungen bestätigt.

#### 5. Literaturverzeichnis

- [1] Denißen, J., Hoffmanns C., Hoppe, S., Pries, M., Südekum, K.-H. (2018): Einfluss der Grobfutterqualität und des Kraftfutterniveaus bei Teil-TMR über zwei Jahre auf Milchleistungsparameter bei Deutsch Holsteins. in: Tagungsband zur Abschlussveranstaltung „Verbundprojekt optiKuh“ 30./31.01.2018. LfL Schriftenreihe 2/2018



# **Einfluss von Energiekonzentration im Grobfutter sowie Menge an Kraftfutter auf die Futteraufnahme und Leistung bei Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein während der Früh lactation**

R. Schmitz<sup>1</sup>, K. Schnabel<sup>1</sup>, D. von Soosten<sup>1</sup>, U. Meyer<sup>1</sup>, J. Rehage<sup>2</sup>, H. Spiekers<sup>3</sup>, S. Dänicke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Institut für Tierernährung, Braunschweig

<sup>2</sup>Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Klinik für Rinder

<sup>3</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Poing-Grub

## **Zusammenfassung**

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, inwieweit sich unterschiedliche Energiekonzentrationen durch das Grob- und Kraftfutter im postpartalen Zeitraum auf die Futteraufnahme sowie auf Leistungsparameter von pluriparen Kühen der Rasse Deutsche Holstein während der Früh lactation auswirken. Hierzu wurden 64 Kühe von drei Wochen antepartum bis 16 Wochen postpartum gehalten, die während der Trockenstehzeit mit einer einheitlichen Trockenstehration gefüttert wurden. Postpartal wurden die Kühe in vier Gruppen unterteilt, wobei diese in einem 2x2 faktoriellen Design unterschiedliche Energiekonzentrationen im Grobfutter sowie unterschiedliche Kraftfuttermengen erhielten. Die Ergebnisse des Versuches zeigten, dass eine höhere Kraftfütterzuteilung zu einem Anstieg der Futteraufnahme, des Body Condition Scores sowie der Milchleistung führte, hierbei aber gleichzeitig auch eine Grobfutterverdrängung beobachtet werden konnte. Ein höherer Energiegehalt im Grobfutter dagegen erhöhte den Milchfettgehalt und die energiekorrigierte Milchmenge. Der Versuch hat gezeigt, dass der Bereitstellung von energiereichem Grobfutter eine zentrale Bedeutung in der Milchkuhfütterung zukommt und sich diese insbesondere bei geringerer Kraftfüttergabe positiv auf die Leistung der Kühe auswirkt.

## **1. Einleitung**

In der Früh lactation müssen hochleistende Milchkühe eine hohe Energieaufnahme aufweisen, um den Energiebedarf für die Milchbildung decken zu können. Hierbei besteht jedoch die Diskrepanz in der Rationsgestaltung eine möglichst hohe Energiedichte im Futter zu gewährleisten, jedoch auch genügend strukturwirksame Faser zur Erhaltung einer stabilen Pansenfermentation zu bieten.

In diesem Zusammenhang haben wir untersucht, wie sich unterschiedliche Energiekonzentrationen im Grobfutter und eine in Relation zur Milchmenge unterschiedliche Kraftfütterzuteilung im postpartalen Zeitraum auf die Futteraufnahme sowie auf verschiedene Leistungsparameter der Kühe auswirken.

## 2. Material und Methoden

Im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojektes optiKuh wurde ein Fütterungsversuch mit 64 pluriparen Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein im Zeitraum von drei Wochen antepartum bis 16 Wochen postpartum durchgeführt [1]. Die Kühe erhielten während der Trockenstehzeit eine identische Ration nach den Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie [2]. Nach der Kalbung wurden die Tiere in einem zweifaktoriellen Design in vier verschiedene Fütterungsgruppen mit jeweils 16 Tieren eingeteilt, wobei Grobfutter mit niedrigerem Energiegehalt (**6,1 MJ NEL** pro kg Trockenmasse (TM)) oder höherem Energiegehalt (**6,5 MJ NEL** pro kg TM) als partielle Mischration zur *ad libitum* Aufnahme gefüttert wurde. Die unterschiedlichen Energiegehalte wurden durch Einmischen verschiedener Mengen an Stroh erzielt (18 % bzw. 6 % der TM im Grobfutter der Gruppen mit 6,1 bzw. 6,5 MJ NEL). Als zweiter Faktor wurde Kraftfutter in geringerer Menge (**150 g** pro kg energiekorrigierter Milchleistung (ECM)) oder höherer Menge (**250 g** pro kg ECM) zugeteilt. Das ergänzende Kraftfutter wurde nach erwartetem Verlauf der Milchleistung unabhängig von der Leistung des Einzeltieres über Kraftfutterautomaten gefüttert.

Mit Hilfe von Wiegetrögen wurde die tierindividuelle Futteraufnahme gemessen. Die Kühe wurden zweimal täglich gemolken und hierbei die Milchmenge erfasst. Zweimal wöchentlich wurden Milchproben entnommen und auf die Konzentration an Fett, Protein und Laktose analysiert. Die Lebendmasse der Kühe wurde täglich und zusätzlich die Körperkonzentration wöchentlich anhand des Body Condition Score (BCS) nach fünfstufiger Einteilung bestimmt [3] sowie jede dritte Woche die Rückenfettdicke gemessen [4]. Zur statistischen Auswertung wurden die Daten mittels der MIXED Prozedur von SAS 9.4 analysiert, wobei der Energiegehalt im Grobfutter (GF), die Kraftfuttermenge (KF) und der Messzeitpunkt (Z) sowie deren Interaktionen als fixe Effekte und die Kuh als Random-Effekt gewählt wurden.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

In unserer Studie zeigten Kühe mit höherer Kraftfuttermenge eine höhere Futteraufnahme (Abbildung 1;  $p < 0,001$ ), wohingegen die Menge an aufgenommenem Grobfutter sank ( $p = 0,001$ ) und somit eine Grobfutterverdrängung nachgewiesen werden konnte (Tabelle 1).

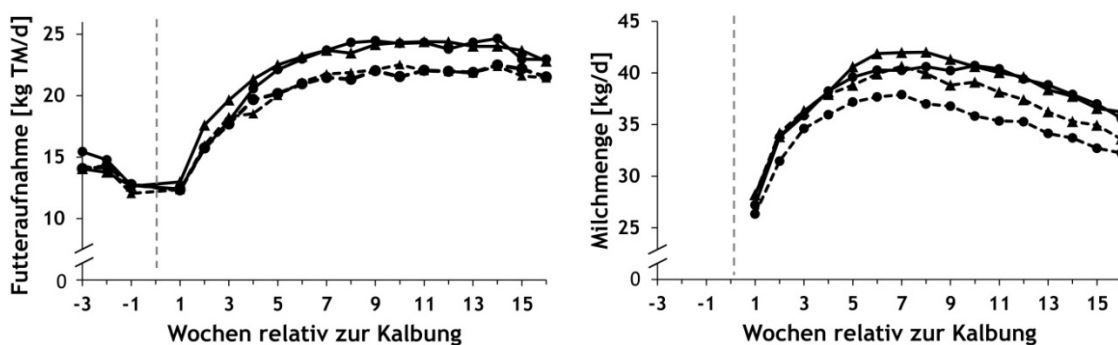


Abb. 1: Einfluss von Energiekonzentration im Grobfutter und Kraftfuttermenge auf die Futteraufnahme und die Milchleistung während der Frühlaktation. Nach der Kalbung erhielten die Kühe Grobfutter mit geringerem (●) oder höherem (▲) Energiegehalt und geringere (---) oder höhere (—) Mengen an Kraftfutter. Werte als LS-Means angegeben.

Eine höhere Kraftfutterzuteilung hatte zudem einen positiven Einfluss auf die Milchmenge (Abbildung 1;  $p < 0,01$ ). Gleichzeitig war der Milchfettgehalt in diesen Gruppen reduziert, sodass im Zusammenspiel aus geringerer Milchmenge und geringerem Milchfettgehalt die Gruppen mit der geringeren Energiekonzentration im Grobfutter weniger Milchfett produzierten. Hierdurch lässt sich erklären, dass die ECM stärker durch die Energiekonzentration im Grobfutter beeinflusst wurde und die Gruppen mit 6,5 MJ NEL im Grobfutter hierbei eine höhere Leistung aufwiesen ( $p = 0,02$ ). Ein Effekt des Kraftfutters ließ sich auf die Körperkondition nachweisen, sodass Kühe mit höherer Kraftfuttermenge eine Erhöhung des BCS aufwiesen ( $p = 0,05$ ), wohingegen die Körpermasse nicht von der Fütterung beeinflusst wurde (Tabelle 1).

Tab.1: Einfluss von Energiekonzentration im Grobfutter (GF), Kraftfuttermenge (KF) und Zeit (Z) auf die Futterraufnahme und Leistung im Zeitraum von der 1. bis 16. Laktationswoche (LS-Means)

Grobfutter [MJ NEL/kg TM]	6,1		6,5		SF <sup>1</sup>	p-Wert <sup>2</sup>				
	Kraftfutter [g/kg ECM]	150	250	150		250	GF	KF	KF*Z	GF*KF*Z
Futterraufnahme										
Trockenmasse [kg/d]	20,3	22,0	20,4	22,3	0,4	NS	<0,01	NS	NS	NS
Grobfutter [kg TM <sup>3</sup> /d]	13,9	12,5	14,0	13,0	0,4	NS	<0,01	NS	NS	NS
Leistung										
Milchmenge [kg/d]	34,6	37,9	36,8	37,1	0,8	NS	0,01	NS	NS	NS
ECM <sup>4</sup> [kg/d]	35,2	37,2	37,5	38,8	0,8	0,02	0,05	0,05	NS	NS
Milcheiweiß [%]	3,21	3,17	3,21	3,25	0,04	NS	NS	NS	NS	0,01
Milchfett [%]	4,32	4,05	4,30	4,22	0,09	NS	0,09	0,05	NS	NS
Milchlaktose [%]	4,84	4,87	4,79	4,81	0,02	0,03	NS	NS	NS	NS
Fett-Eiweiß-Quotient	1,34	1,28	1,35	1,33	0,03	NS	NS	0,10	NS	NS
Körperkondition										
Körpermasse [kg]	646	678	650	667	16	NS	NS	NS	NS	NS
Body Condition Score	2,79	2,98	2,84	3,01	0,09	NS	0,05	NS	NS	NS
Rückenfettdicke [cm]	1,24	1,43	1,20	1,25	0,07	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>1</sup> SF = Standardfehler; <sup>2</sup> p-Werte < 0,001 für alle Zeiteffekte und p-Werte > 0,05 für alle „Grobfutter×Kraftfutter“ und „Grobfutter×Zeit“-Interaktionen; <sup>3</sup>TM = Trockenmasse; <sup>4</sup> ECM = Energiekorrigierte Milchmenge

#### 4. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse des Versuches zeigen, dass eine erhöhte Kraftfuttergabe positive Effekte auf die Futterraufnahme und die Milchmenge hat, gleichzeitig aber auch zu einem Rückgang der Grobfutterraufnahme führt und somit das Risiko eines herabgesetzten Pansen-pH Wertes erhöht sein kann. Als Hinweis auf einen niedrigen ruminalen pH-Wert kann der herabgesetzte Milchfettgehalt in der 6,1/250 Gruppe gewertet werden. Auffällig ist die deutlich verringerte Milchmenge der Gruppe 6,1/150, welche den geringsten Energiegehalt in der Ration hatte, sodass hieran die große Bedeutung der Bereitstellung von energie-

reichem Grobfutter aufgezeigt werden kann. Dies wird dadurch verdeutlicht, dass Gruppen mit erhöhtem Energiegehalt im Grobfutter signifikant höhere ECM-Leistung aufwiesen.

## **5. Literaturverzeichnis**

- [1] Schmitz, R., K. Schnabel, D. von Soosten, U. Meyer, H. Spiekers, J. Rehage, and S. Dänicke (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. Anim. Nutr.* 72, 100-120.
- [2] GfE. 2001. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen und Aufzuchtrindern. Heft **8**, DLG-Verlags GmbH, Frankfurt am Main, Germany.
- [3] Edmonson, A. J., I. J. Lean, L. D. Weaver, T. Farver, and G. Webster. (1989): A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72, 68-78.
- [4] Schröder, U. J. and R. Staufenbiel (2006): Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *J. Dairy Sci.* 89, 1-14.

# Ergebnisse zum Kraftfuttereinsatz bei Milchkühen der Rasse Fleckvieh

N. Kraus<sup>1</sup>, L. Durst<sup>2</sup>, U. Mohr<sup>1</sup>; H. Spiekers<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Landwirtschaftliche Lehranstalten (LLA), Triesdorf

<sup>2</sup>Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Standort Triesdorf

<sup>3</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Poing-Grub

## Zusammenfassung

Vor allem zu Laktationsbeginn stellt die Fütterung heutiger Milchküherden hinsichtlich ihres höheren Leistungspotentials eine besondere Herausforderung dar, da nur ein schmaler Grat zwischen einer ausreichenden Struktur- und einer bedarfsdeckenden Energieversorgung liegt. In einem Fütterungsversuch an der Landwirtschaftlichen Lehranstalt Triesdorf mit Fleckviehkühen über einen Zeitraum von zwei Jahren wurden unterschiedliche Mengen Kraftfutter bei gleichbleibender Grobfutterqualität, gegenübergestellt. Es kamen 48 Tiere zum Einsatz, welche in einer 2-faktoriellen Anordnung aufgeteilt wurden. Neben den klassischen Leistungsparametern wie Futteraufnahme, Gewichtszunahme und Milchleistung wurden Milchproben im wöchentlichen Rhythmus auf ihre Inhaltsstoffe untersucht. Die Ergebnisse zeigen beim Einsatz von unterschiedlichen Kraftfuttermengen signifikante Unterschiede in der Gesamtfutter- (+1,0 kg TM), Grobfutter (- 1,1 kg TM) und Kraftfutteraufnahme (+ 2,1 kg TM) in der Gruppe H (250 g KF je kg energiekorrigierter Milch (ECM)). Daraus kann abgeleitet werden, dass die Gruppe N (150 g KF je kg ECM) die geringere Kraftfutterzuteilung teilweise durch eine vermehrte Grobfutteraufnahme kompensierte. Dies führte zu keinen signifikanten Unterschieden in der Milchleistung und beim Milchfettgehalt. Lediglich der Milcheiweißgehalt war bei höheren Kraftfuttermengen um 0,16 % signifikant erhöht. Bezüglich der Lebendmasse konnten keine Effekte festgestellt werden.

## 1. Einleitung

In der Fütterung von Milchkühen stellt bei hohen Leistungen eine bedarfsgerechte Nährstoffversorgung bei gleichzeitiger Sicherstellung der notwendigen Futterstruktur eine besondere Herausforderung dar. Gegenstand dieser Untersuchung war die Untersuchung der Auswirkungen eines 2-stufigen Kraftfutterniveaus auf die Futteraufnahme sowie verschiedene Leistungsparameter.

## 2. Material und Methoden

Der Versuchszeitraum erstreckte sich über zwei Jahre (15.03.2015 - 15.03.2017). 48 Tiere, davon zu Beginn ca. 1/3 Erstkalbinnen, wurden nach Laktationsnummer, Laktationsstand und Milchleistung (aktuell und Vorjahresleistung) in zwei Gruppen aufgeteilt. Die jeweiligen Gruppen erhielten Kraftfutter in Höhe von 250 g (Gruppe H) bzw. ein im ökologischen Bereich übliches niedrigeres Niveau von 150 g/kg ECM (Gruppe N) bei gleichbleibender Grobfutterqualität von 6,5 MJ NEL/kg TM entsprechend der Festlegungen in optiKuh (Meyer und Spiekers, 2018) [1]. Die unterschiedliche Zuteilung des Milchleistungs-

futters an der Station erfolgte nach einer fixen Kurve, die sich nach vorgeschätzter Milchleistung am Laktationsstadium orientierte (Abb. 1).

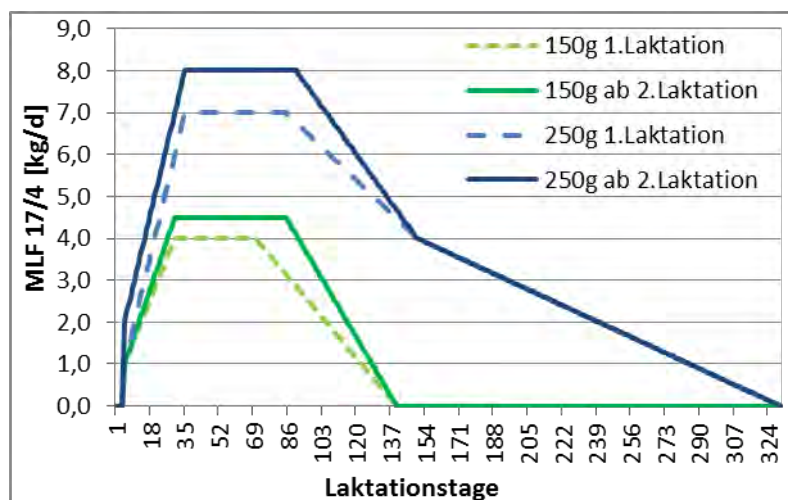


Abb. 1: Vordefinierte Kraftfutterkurven für die Abrufstation

Den laktierenden Tieren wurde eine Teilmischung (PMR) ad libitum an 24 Wiegetrögen angeboten (Tab. 1). Während der Trockenstehperiode erfolgte eine einheitliche Fütterung beider Gruppen entsprechend der Versorgungsempfehlungen (DLG 2012 [1], GfE 2001 [2]). Futteraufnahme und Milchmenge wurden in täglicher, die Inhaltsstoffe der Milchproben in wöchentlicher Auflösung erfasst.

Tab.1: Bestandteile der Teilmischung während der Laktation (in % der Trockenmasse)

Komponenten	Anteile in der TM (%)
Maissilage	41-50
Grassilage	27-40
Stroh	3-9
Ausgleichskraftfutter <sup>1</sup>	14-20

<sup>1</sup>In variierender Zusammensetzung bestehend aus Körnermais, Gerste, Sojabohne, Rapsextraktionsschrot, Sojaextraktionsschrot und Mineralfutter

Für die statistische Analyse wurde ein gemischtes lineares Modell verwendet (Testtagsmodell). Die Schätzung der Parameter erfolgte mit dem Programm SAS (Version 9.4) und der Prozedur MIXED. LS-Means (LSM), welche nicht mit den gleichen Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant ( $p < 0,05$ ).

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt kamen 66 Tiere zum Einsatz, da in Gruppe N im Versuchszeitraum insgesamt 41,7 % der Tiere und in Gruppe H 33,3 % remontiert werden mussten.

Für den Zeitraum vom 6. – 330. Laktationstag ergab sich bei Gruppe H infolge der erhöhten Kraftfutteraufnahme eine Erhöhung der Gesamtfutteraufnahme zu Lasten der Grobfutteraufnahme (Tab. 2). Je zusätzlich aufgenommenem kg TM an Kraftfutter verdrängten die Tiere der Gruppe H im Schnitt 0,52 kg TM Grobfutter. Im Gruppenvergleich waren

keine signifikanten Unterschiede in der Gewichtsentwicklung sowie Milchleistung zu verzeichnen gewesen (Tab. 3). Hinsichtlich der Milchinhaltsstoffe war der Eiweißgehalt, beruhend auf der erhöhten Energieaufnahme, in der Gruppe H signifikant erhöht.

*Tab.2: Mittlere Futteraufnahmen und Lebendmasse der beiden Versuchsgruppen (LSM) in der Laktation*

	Gruppe N <sup>1</sup>	Gruppe H <sup>1</sup>	Differenz	p-Wert
Gesamt-Futteraufnahme [kg TM/d]	18,9 <sup>b</sup>	19,9 <sup>a</sup>	+ 1,0	p = 0,001
Grobfutter-Aufnahme [kg TM/d]	14,9 <sup>a</sup>	13,8 <sup>b</sup>	- 1,1	p = 0,002
Kraftfutter-Aufnahme [kg TM/d]	4,0 <sup>b</sup>	6,1 <sup>a</sup>	+ 2,1	p < 0,0001
Lebendmasse [kg]	723	735	+ 12	p = 0,468

LSM in einer Zeile, die nicht mit denselben Hochbuchstaben überschreiben sind, unterscheiden sich signifikant ( $p < 0,05$ ) <sup>1</sup>Gruppe N: 6,5 MJ NEL/kg TM x 150 g/kg ECM, Gruppe H: 6,5 MJ NEL/kg TM x 250 g/kg ECM;

Da der angestrebte Kraftfutteraufwand von 150 bzw. 250 g/kg ECM vor Versuchsbeginn anhand derselben vorgeschätzten Milchleistung sowie einer unterstellten identischen Futteraufnahme am Wiegetrog kalkuliert wurde, kam es aufgrund von Minderleistungen bezüglich der Milch in Gruppe N sowie geringeren PMR-Aufnahmen in der Gruppe H zu Abweichungen. Die tatsächlich realisierten Kraftfutteraufwände beliefen sich inkl. Trockenstezeit auf 168 bzw. 243 g KF/kg ECM (Gruppe N bzw. Gruppe H).

Tab.3: Mittlere Milchleistungsparameter der beiden Versuchsgruppen (LSM) in der Laktation

	Gruppe N <sup>1</sup>	Gruppe H <sup>1</sup>	Differenz	p-Wert
Milch [kg/d]	27,4	28,4	+ 1,0	p = 0,120
ECM [kg/d]	28,3	29,5	+ 1,2	p = 0,062
Eiweiß [%]	3,23 <sup>b</sup>	3,39 <sup>a</sup>	+ 0,16	p = 0,011
Fett [%]	4,15	4,25	+ 0,10	p = 0,247

LSM in einer Zeile, die nicht mit denselben Hochbuchstaben überschreiben sind, unterscheiden sich signifikant ( $p < 0,05$ ), <sup>1</sup>Gruppe N: 6,5 MJ NEL/kg TM x 150 g/kg ECM, Gruppe H: 6,5 MJ NEL/kg TM x 250 g/kg ECM;

Die folgenden Abbildungen zeigen die Trockenmasse- und Grobfutteraufnahme sowie die energiekorrigierte Milchleistung im Laktationsverlauf (6.- 330. Laktationstag) (Abb. 2-4).

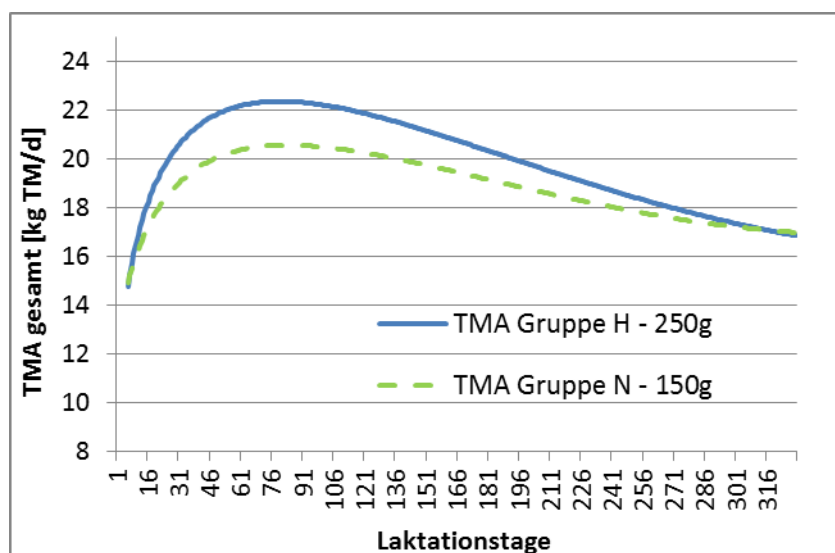


Abb. 2: Verlauf der mittleren TM-Aufnahme gesamt [kg/d] in Abhängigkeit vom Laktationstag und der zugeteilten KF-Menge in der Laktation

Abbildung 2 zeigt den mittleren Verlauf der gesamten TM-Aufnahme beider Versuchsgruppen im Laktationszeitraum. Dabei ist zu erkennen, dass sich die beiden Gruppen sowohl zu Laktationsbeginn (ca. 15 kg TM/d) als auch gegen Laktationsende (ca. 17 kg TM/d) auf gleichem Niveau befanden. Während Gruppe H allerdings am 82. Laktationstag eine maximale mittlere Futteraufnahme von 22,4 kg TM erreichte, kam Gruppe N am 85. Laktationstag nur auf maximale 20,6 kg TM.



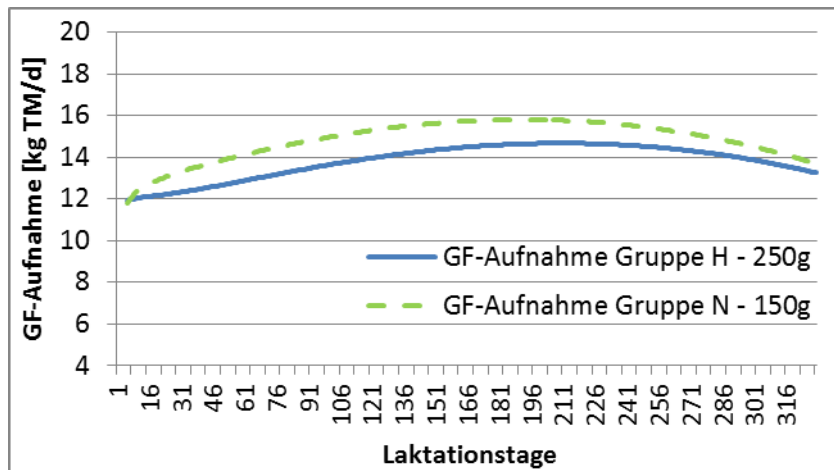


Abb. 3: Verlauf der mittleren TM-Aufnahme an Grobfutter [kg/d] in Abhängigkeit vom Laktationstag und der zugeteilten KF-Menge in der Laktation

Die mittleren Grobfutteraufnahmen im Laktationsverlauf sind in Abbildung 3 dargestellt. Im Gegensatz zur Gesamtfutteraufnahme realisierte bei diesem Merkmal die Gruppe N, welcher weniger Kraftfutter zugeteilt wurde, fast durchweg höhere Aufnahmen. Außerdem verschob sich der Peak im Vergleich zu jenem der Kurven der gesamten TMA vom ersten auf das zweite bzw. dritte Laktationsdrittel. Nachdem beide Gruppen mit etwa 12 kg TM Grobfutter/d in die Laktation gestartet sind, nahm Gruppe N um den 195. Laktationstag Maximalmengen von 15,8 kg TM Grobfutter auf, während Gruppe H um den 230. Laktationstag maximale Grobfuttermengen von nur 14 kg TM erzielte. Es lässt sich in beiden Fällen gut erkennen, dass die Maximalmengen an Grobfutter dann erreicht wurden, als die Tiere deutlich weniger (Gruppe H) bzw. überhaupt kein (Gruppe N) MLF mehr abrufen konnten (vgl. Abb. 1).

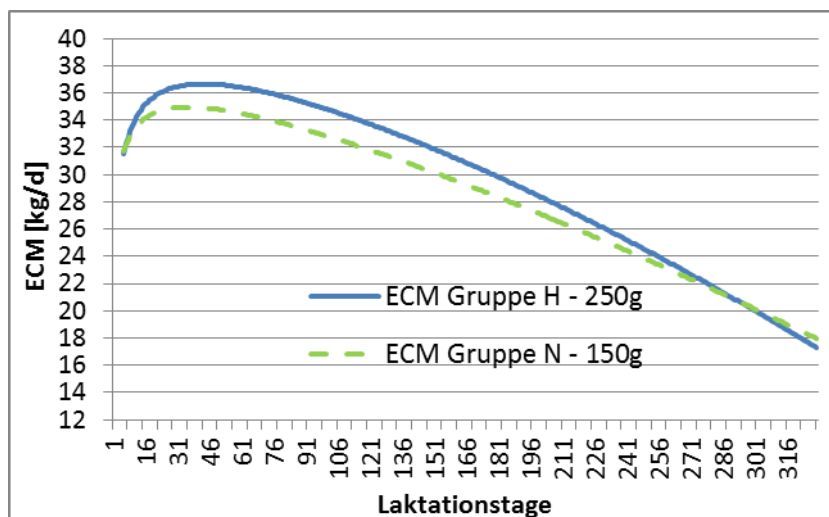


Abb. 4: Verlauf der mittleren Tagesmilchleistung [kg ECM/d] in Abhängigkeit vom Laktationstag und der zugeteilten KF-Menge in der Laktation

In Abbildung 4 sind die mittleren energiekorrigierten Milchleistungen der beiden Versuchsgruppen ersichtlich. Beide Kurven zeigen einen typischen Verlauf mit Maximalleistungen im 2. Laktationsmonat von 36,7 (Gruppe H) bzw. 35,0 kg ECM/d (Gruppe N). Die beiden Laktationskurven näherten sich mit fortschreitendem Laktationsstadium immer

weiter an, bis sie sich um den 300. Laktationstag schnitten und die Gruppe N in den letzten Wochen sogar mehr ECM gab als Gruppe H und somit eine bessere Persistenz aufwies.

#### **4. Literatur**

- [1] Meyer U., Spiekers H. (2018):Themenblock I – Intensität der Milchviehfütterung – Welches Energieniveau ist zielführend? in: Tagungsband zur Abschlussveranstaltung „Verbundprojekt optiKuh“ 30./31.01.2018. LfL Schriftenreihe 2/2012
- [2] DLG (2012). „Fütterungsempfehlungen für Milchkühe im geburtsnahen Zeitraum“. Information des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung; DLG-Verlag Frankfurt a.M., 75 Seiten
- [3] GfE (2001). Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. Heft **8**, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.

# Effekte von Kraftfutterniveau und Grobfutterqualität auf die Futteraufnahme bei Fleckviehkühen über zwei Jahre

P. Hertel-Böhnke, T. Ettle, H. Spiekers

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

## Zusammenfassung

Der Kraftfuttoreinsatz für die Wiederkäuerfütterung ist Gegenstand globaler Diskussionen und steht zunehmend in Kritik (Mottet et al. 2017) [1]. Gegenstand der vorliegenden Studie war die Untersuchung des Einflusses von Variationen des Energieniveaus im Grobfutter und Kraftfutter auf die Parameter Futteraufnahme, Gesundheit und Leistung über einen Versuchszeitraum von zwei Jahren. In einem 2x2-faktoriellen Versuchsdesign wurden zwei Energiestufen im Grobfutter mit zwei Kraftfutterstufen kombiniert. 64 Fleckviehkühe wurden in vier Gruppen aufgeteilt. Parameter wie Milchleistung und Futteraufnahme wurden in täglicher Auflösung erfasst. Die Ergebnisse zeigten einen Rückgang der Grobfutteraufnahme mit steigendem Anteil von Kraftfutter in der Ration (Grobfutterverdrängung) bei insgesamt moderater Futteraufnahme, sowie einen positiven Einfluss auf die Milchleistung. Die energetische Versorgung der Gruppe mit dem niedrigsten Energieniveau erwies sich als kritisch, darüber hinaus scheint die Ausgestaltung der Fütterung in Bezug auf Kraftfutterniveau und Grobfutterqualität in einem weiten Bereich als möglich.

## 1. Einleitung

Der Kraftfuttoreinsatz für die Wiederkäuerfütterung ist Gegenstand globaler Diskussionen und steht zunehmend in Kritik (Mottet et al. 2017) [1]. Es ist allgemein bekannt, dass die moderne Tierproduktion die Nachfrage nach Kraftfutter erhöht. Diese Futtermittel werden mit hohen ökologischen und ökonomischen Kosten produziert und transportiert.

Durch die stetig wachsende Weltbevölkerung, erhöht sich die Nachfrage nach Lebensmitteln und die Konkurrenz in der Nutzung von Ressourcen verschärft sich. Futterrationen, welche Komponenten enthalten die auch als menschliche Nahrung dienen können, die Produktion von Futtermitteln auf Flächen die auch für die Nahrungsmittelproduktion geeignet wären und die geringe Effizienz der Umsetzung von Futtermittel in Nahrungsmittel über Tiere, lassen Futtermittel in unmittelbare Konkurrenz mit der menschlichen Nahrung treten. Milchkühe als Herbivore benötigen, bedingt durch stetig steigende Milchleistung und dem hieraus resultierenden analog steigenden Energieverbrauch optional zur optimalen Grobfutterqualität, energetisch höherwertige Futtermittel in Form von Kraftfutter.

Möglichkeiten dieser Problematik zu begegnen, sind die Senkung des Kraftfuttoreinsatzes auf das erforderliche Maß bei gleichzeitiger Steigerung der Effizienz auf das optimale Maß.

Eine Reduzierung des Kraftfuttoreinsatzes ist insbesondere im Hinblick auf das Energiedefizit zu Beginn der Laktation sowie der genetischen Determination hochleistender Milchkurassen unter Beachtung tiergesundheitlicher und tierschutzrechtlicher Aspekte

abzuwägen und zu prüfen. Die vorliegende Arbeit soll als Bestandteil weiterer Arbeiten im Rahmen des Verbundvorhabens optiKuh einen Beitrag hierzu leisten.

## **2. Material und Methoden**

Der Versuchszeitraum erstreckte sich über zwei Jahre und wurde am Versuchsstandort der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Grub durchgeführt. 64 Fleckviehkühe, hiervon anteilig 1/3 Färsen, wurden in vier Gruppen zu je 16 Tieren eingeteilt. Im Versuch abgehende Tiere wurden durch Färsen zur ersten Kalbung ersetzt.

Gegenstand der vorliegenden Studie war die Untersuchung des Einflusses von Variationen des Energieniveaus im Grobfutter und Kraftfutter auf die Parameter Gesundheit und Leistung. Die vorliegende Studie wurde durch ein 2 x 2-faktoriellen Versuchsdesign realisiert. Als Variablen wurden zwei Energiestufen im Grobfutter (6,1 = 6,1 MJ Nettoenergie-Laktation, NEL/kg Trockenmasse (TM) bzw. 6,5 = 6,5 MJ NEL/kg TM) mit zwei Kraftfutterstufen (Niedrig, N = 150 g/kg Energiekorrigierte Milchleistung, ECM bzw. Hoch, H = 250 g/kg ECM) kombiniert (6,1N, 6,1H, 6,5N, 6,5H). Die Energiegehalte der Ration wurden entsprechend des Versuchsplanes erstellt, alle weiteren Nährstoffgehalte entsprachen den aktuell gültigen Empfehlungen zur Versorgung (DLG 2001 [2], GfE 2001 [3]) (Tab. 02). Grassilage und Maissilage bildeten im Wesentlichen neben Ausgleichskraftfutter, die Hauptbestandteile der Teilmischung. Unterschiedliche Strohanteile bestimmten die Grobfutterqualität (Tab. 01). Die Zuteilung der über die Grundration hinaus verabreichten Kraftfuttermengen erfolgte mittels Kraftfutterautomaten anhand einer festgelegten Kraftfutterkurve entsprechend den Vorgaben in optiKuh (Meyer und Spiekers, 2018) [4]. Während der Trockenstehperiode erhielten alle Tiere eine einheitliche Ration nach DLG-Vorgaben (DLG, 2012) [5]. In der Vorbereitungsfütterung wurde die Grobfutterqualität mit der höheren Energiedichte gefüttert (6,5 MJ NEL/kg TM). Die Futteraufnahmen der Mischung der melkenden Tiere und die Total-Mischung der Trockensteher wurden über Wiegetröge täglich für das Einzeltier erfasst. In der Kalbphase erfolgte eine händische Erfassung der Futteraufnahme. Die Kalkulation des Energiesaldos erfolgte auf Basis der Empfehlungen zur Energieversorgung der GfE (2001) [3] und der NEL-Aufnahme mit dem Futter. Die statistische Analyse der Daten erfolgte unter Verwendung der Software SAS (Statistical Analysis System, Institute Inc., Cary, NC, USA, Version 9.3) anhand der Prozedur MIXED. Als fixe Effekte wurden das Kraftfutterniveau und die Energiekonzentration des Grobfutters und deren Interaktionen ausgewertet. Die Kuh wurde als zufälliger Effekt angesehen.

## **3. Ergebnisse und Diskussion**

Es kamen insgesamt 96 Kühe zum Einsatz, wovon 38 den gesamten Versuch durchlaufen haben und 32 Tiere ersetzt wurden. Die Remontierungsrate lag bei 25 % und entsprach der angestrebten Vorgabe im Projekt optiKuh von <30 %.

Die Einzelkomponenten und Analyseergebnisse der Futtermischungen über den gesamten Versuchszeitraum sind den folgenden Tabellen zu entnehmen (Tab. 1, 2).

Tab. 1: Einzelkomponenten der Teilmischung und der Totalmischung für Trockensteher [% der TM] in der zweijährigen Versuchszeit (MW)

Komponenten	Fütterungsgruppen		
	6,1 <sup>1</sup>	6,5 <sup>1</sup>	Trockensteher <sup>2</sup>
Grassilage	37	40	42
Maissilage	35	43	21
Stroh	14	4	21
Heu	2	2	7
Rapsextraktionsschrot			2
Luzernesilage			6
Viehsalz			0,2
Mineralfutter			1
Ausgleichskraftfutter <sup>3</sup>	12	12	

<sup>1</sup>Angestrebter Energiegehalt im Grobfutter von 6,1 bzw. 6,5 MJ NEL/kg TM in den Fütterungsgruppen während der Laktation. 6,5 MJ NEL/kg TM von -14 Tage vor dem errechneten Abkalbetermin bis zum Abkalbetermin.

<sup>2</sup>Trockensteher: -50 bis -14Tage vor dem errechneten Abkalbetermin

<sup>3</sup>Ausgleichskraftfutter enthält unterschiedliche Anteile an Gerste, Körnermais, Sojabohnen und Rapsextraktionsschrot. Die Supplementierung mit Viehsalz und Mineralfutter erfolgte nach den Empfehlungen der DLG (2012) [5].

Tab. 2: Mittlere Rohnährstoff- und Energiegehalte der Teilmischungen, des Leistungskraftfutters und der Totalmischung für Trockensteher in der zweijährigen Versuchszeit

Parameter	Fütterungsgruppen <sup>1</sup>			
	6,1 <sup>1</sup>	6,5 <sup>1</sup>	Kraftfutter	Trockensteher <sup>2</sup>
Trockenmasse [g/kg]	437	402	872	445
Inhaltsstoffe [g/kg TM]				
Rohasche	64	64	67	74
Rohprotein	136	142	204	118
Rohfett	35	37	36	29
Rohfaser	236	204	93	281
Säure-Detergenz-Faser (ADFom)	278	245	140	-
Neutral-Detergenzien-Faser (aNDFom)	456	414	262	-
Stärke	166	196	318	-
Energiegehalt [MJ/kg TM]				
Nettoenergie-Laktation (NEL)	6,3	6,6	7,9	5,5
Umsetzbare Energie (ME)	10,4	10,9	12,7	9,4

<sup>1</sup>Energiegehalt in der Teilmischung [MJ NEL/kg TM] mit ca. 11 % Ausgleichskraftfutter

<sup>2</sup>Trockensteher: -50 bis -14Tage vor dem errechneten Abkalbetermin. Management in der Trockenstehphase und zu Laktationsbeginn nach DLG (2012) [5]

Die Auswertungen ergaben einen signifikanten Einfluss des Kraftfutterniveaus auf die Milchleistung sowie die Futterraufnahme aber keinen Effekt der Energiekonzentration des Grobfutters (Tab. 3). Im Gruppenvergleich war die ECM bei 6,5H signifikant höher gegenüber 6,1N. Die Futterraufnahme war signifikant höher bei hohem KF-Niveau. Die Energieaufnahme folgt der Futterraufnahme und analog hierzu verhält sich das Energiesaldo (ES). Aufgrund der niedrigen TM-Aufnahme von 18,5 kg je Tier und Tag während der Laktation liegt die Milchleistung unter dem bei der Rationsplanung unterstellten Herdeniveau von 9.000 kg ECM/Jahr. Im Gruppenvergleich zeigte sich kein signifikanter Unterschied im Aufwand an Energie je kg ECM.

Tab. 3: Effekte des Kraftfutterniveaus und der Energiekonzentration im Grobfutter auf die Merkmale Futter, Milch und Effizienzparameter während der Laktation (LS-means)

Parameter	Fütterungsgruppen <sup>1</sup>				p-Wert <sup>2</sup>				SEM <sup>3</sup>
	6,1N	6,1H	6,5N	6,5H	Gr	GF	KF	GF*KF	
ECM <sup>4</sup> [kg/Tag]	22,1 <sup>a</sup>	24,1 <sup>ab</sup>	23,0 <sup>ab</sup>	25,6 <sup>b</sup>	0,044	0,178	0,012	0,717	0,9
Futterraufnahme [kg TM/Tag]	17,4 <sup>a</sup>	19,2 <sup>b</sup>	17,9 <sup>a</sup>	19,6 <sup>b</sup>	<0,001	0,157	<0,001	0,838	0,33
Grobfutter [kg TM/Tag]	13,8 <sup>ab</sup>	13,1 <sup>a</sup>	14,3 <sup>b</sup>	13,9 <sup>ab</sup>	0,019	0,020	0,043	0,630	0,28
Kraftfutter [kg TM/Tag]	3,7 <sup>a</sup>	6,2 <sup>b</sup>	3,7 <sup>a</sup>	5,8 <sup>c</sup>	<0,001	0,019	<0,001	0,016	0,09
Energieaufnahme [MJ NEL/Tag]	112 <sup>a</sup>	128 <sup>bc</sup>	120 <sup>b</sup>	134 <sup>cd</sup>	<0,001	0,0004	<0,001	0,666	2,1
Kraftfutteraufwand [g/kg ECM]	175 <sup>a</sup>	291 <sup>b</sup>	168 <sup>a</sup>	249 <sup>b</sup>	<0,001	0,061	<0,001	0,163	13,4
Energieaufwand [MJ NEL/kg ECM]	5,3	5,8	5,5	5,7	0,393	0,996	0,072	0,502	0,22

MW in einer Zeile, die nicht mit demselben Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup>Fütterungsgruppen: 6,1N = 6,1 MJ NEL / kg TM im Grobfutter x 150 g/kg ECM; 6,1H = 6,1 MJ NEL / kg TM im Grobfutter x 250 g/kg ECM; 6,5N = 6,5 MJ NEL/kg TM im Grobfutter x 150 g/kg ECM; 6,5H = 6,5 MJ NEL /kg TM im Grobfutter x 250 g/kg ECM;

<sup>2</sup>Gr: Gruppenvergleich; GF: Energiekonzentration im Grobfutter; KF: Kraftfutterniveau;

<sup>3</sup>SEM: gepoolter Standardfehler;

<sup>4</sup>Energiekorrigierte Milch nach GfE (2001) [3].

Zur Darstellung der energetischen Situation insbesondere mit Beginn der Laktation wurden Energiesaldokurven im Gruppenvergleich erstellt (Abb. 1). Der niedrigste mittlere Wert im Laktationsverlauf liegt in der 1. Laktationswoche. Danach folgt ein rascher, kontinuierlicher Anstieg mit einem Übertritt in den positiven Bereich zur 7.-9. Woche, welche im weiteren Verlauf im positiven Bereich bleibt. Die Gruppe mit dem niedrigsten Energieniveau (6.1N) hebt sich merklich von allen anderen Gruppen ab und erreicht zu einem deutlich späteren Zeitpunkt den Übertritt in einen schwach positiven Bereich (ca. 13. Laktationswoche), welches im weiteren Verlauf nicht beständig erhalten bleibt. Während die energetische Versorgung aus den bekannten gesundheitlichen Problemen (Ketose, ) als kritisch zu betrachten ist, scheint die Ausgestaltung der Fütterung in Bezug auf Kraftfutterniveau und Grobfutterqualität darüber hinaus in einem weiten Bereich als möglich.

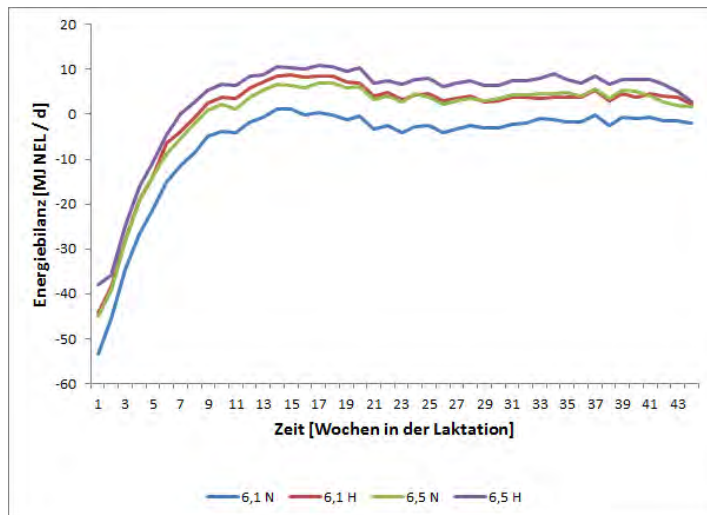


Abb. 1: Mittleres Energiesaldo (MJ NEL/Tag) im Gruppenvergleich während der Laktation (44 Wochen) unter Einbeziehung aller Einzeldaten über die zweijährige Versuchszeit.

## 4. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigten mit steigendem Anteil von Kraftfutter in der Ration eine Zunahme der Gesamtfuttermenge, der Energieaufnahme und der Milchleistung bei gleichzeitigem Rückgang der Grobfutterleistung. Auffallend hierbei war die eher moderate Futtermenge über den gesamten Versuchszeitraum gruppenübergreifend, welche deutlich hinter den physiologischen Möglichkeiten bzw. Erwartungen gemäß des Herdenniveaus zurückblieb.

Die energetische Versorgung der Gruppe mit dem niedrigsten Energieniveau war während des Laktationsverlaufes größtenteils unbalanciert, was eine unzureichende Adaption vermuten lässt. Die genauen Gründe hierfür bedürfen weiterer Auswertungen. Darüber hinaus scheint die Ausgestaltung der Fütterung in Bezug auf Kraftfutterniveau und Grobfutterqualität in einem weiten Bereich als möglich. Die Ergebnisse ordnen sich hinsichtlich der Abstufung der Gruppen schlüssig in die Untersuchungen mit Deutsch-Holstein in Haus Riswick [6] ein, die den gleichen Versuchsansatz verfolgten.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Mottet A., de Haan C., Falcucci A., Tempio G., Opio C., Gerber P. (2017): Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security* 14:1-8.[6]
- [2] DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.) (2001): DLG-Information 2/2001. Struktur- und Kohlenhydratversorgung der Milchkuh, DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 46 S.
- [3] GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2001): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere; Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 135 S.
- [4] Meyer U., Spiekers H. (2018): Themenblock I – Intensität der Milchviehfütterung – Welches Energieniveau ist zielführend? in: Tagungsband zur Abschlussveranstaltung „Verbundprojekt optiKuh“ 30./31.01.2018. LfL Schriftenreihe 2/2018

- [5] DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.) (2012): Fütterungsempfehlungen für Milchkühe im geburtsnahe Zeitraum. Information des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung. DLG-Verlag Frankfurt/Main.
  
- [6] Denßen, J., Hoffmanns C., Hoppe, S., Pries, M., Südekum, K.-H. (2018): Einfluss der Grobfutterqualität und des Kraftfutterniveaus bei Teil-TMR über zwei Jahre auf Milchleistungsparameter bei Deutsch Holsteins. in: Tagungsband zur Abschlussveranstaltung „Verbundprojekt optiKuh“ 30./31.01.2018. LfL Schriftenreihe 2/2018



# Untersuchungen zum Kraftfuttereinsatz bei Milchkühen der Rassen Fleckvieh und Braunvieh bei gras- oder maissilagebasierten Rationen

T. Ettle, P. Hertel-Böhnke, A. Obermaier, H. Spiekers

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

## Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Überprüfung des Strukturindex als System zur Beurteilung der „Strukturwirksamkeit“ von Milchkuhrationen an Hand von konkreten Daten aus einem Milchviehfütterungsversuch. Der Versuch wurde am LVFZ Achselchwang der LfL Bayern mit 48 Milchkühen der Rassen Fleckvieh und Braunvieh über 17 Wochen hinweg durchgeführt. Die Kühe wurden gemäß einem zweifaktoriellen Ansatz auf zwei Gruppen aufgeteilt die entweder über eine mais- oder grassilagebasierte Teilmischung versorgt wurden. Innerhalb dieser Gruppen wurde in jeweils zwei Untergruppen für Milchleistungen oberhalb von 25 kg/Tag entweder 500 oder 800 g Kraftfutter/kg Milch zugeteilt. Die TM-Aufnahme war weder durch die Grobfutterart noch durch das Kraftfutterniveau beeinflusst. Die Grobfutteraufnahme lag bei grassilagebasierten Rationen niedriger ( $P < 0,05$ ) als bei maissilagebasierten Rationen und bei 800 g Kraftfutter/kg Milch niedriger ( $P < 0,05$ ) als bei 500 g Kraftfutter/kg Milch. Die Milchleistung war durch die Fütterung nicht beeinflusst. Der Milchfettgehalt lag nach Fütterung grassilagebasierter Rationen höher ( $P < 0,05$ ) als nach Fütterung maissilagebasierter Rationen. Während die Messungen zur Wiederkauaktivität mit rationsassoziierten Parametern erklärt werden konnten, zeigte der reticuloruminale pH-Wert keinen gerichteten Zusammenhang zur Rationsgestaltung. Aus der Beziehung des Strukturindex zum Milchfettgehalt als Hilfsgröße zur Beurteilung der ruminalen Fermentationsverhältnisse lässt sich ableiten, dass der Strukturindex durchaus als Mittel für die praktische Fütterungsberatung gesehen werden kann. Zur Absicherung sind weitere gerichtete Untersuchungen durchzuführen.

## 1. Einleitung

Um eine möglichst breite Datenbasis zu erhalten, wurden für das Verbundprojekt optiKuh auch Datensätze aus Versuchen mit kürzerer Versuchsdauer aufgenommen, die unabhängig von der Versuchsfrage und den Vorgaben des Projektes durchgeführt wurden. Stellvertretend wird in diesem Beitrag ein Milchviehfütterungsversuch vorgestellt, mit dem unterschiedliche Systeme zur Beurteilung der „Strukturwirksamkeit“ von Milchkuhrationen evaluiert werden sollten. Im Vordergrund stand dabei der von Rutzmoser et al. vorgestellte „Strukturindex“ [1], der zeitgleich die Faktoren „Struktur“ und „pansenabbaubare Stärke + Zucker“ beurteilt.

Die Höhe des Gehaltes an (schnell) abbaubarer Stärke und Zucker sowie an strukturwirksamen Faserbestandteilen in der Ration hängt vom Anteil an Grob- und Kraftfutter in der Ration sowie von der Zusammensetzung der Kraftfutter- und Grobfutterkomponenten in

der Ration ab. Letztendlich bestimmt die Rationszusammensetzung den Pansen-pH-Wert und damit eine wiederkäuergerechte und „tierwohlgerichte“ Fütterung. Die gängige Fütterungspraxis bewegt sich häufig in einem Bereich, der im Ruf steht, lediglich eine „subakute ruminale Azidose“ hervorzurufen, die über ein Absinken des pH-Wertes charakterisiert ist. Dieser ist in der Praxis jedoch nicht nachzuweisen. Als System zur Beurteilung der „Strukturwirksamkeit“ von Milchkurationen wurde deshalb die peNDFom vorgestellt [2]. Die in diesem System abgeleiteten Grenzwerte für die Ration wurden aus Literaturdaten mit direktem Bezug zum Pansen-pH-Wert abgeleitet [3]. Da der Gehalt an peNDFom aus den mit der Schüttelbox ermittelten Siebfraktionen in Verbindung mit dem aNDFom-Gehalt der Gesamtration errechnet wird, ergeben sich in der Praxis Probleme bei der Rationsplanung und der Beurteilung von Rationen, die nicht in Form von Totalen Mischrationen vorgelegt werden. Daher wurde mit dem Strukturindex ein Maßstab entwickelt, der diese Limitationen umgeht und zeitgleich die Faktoren „Struktur“ und „pansenabbaubare Stärke + Zucker“ beurteilt [1]. Da dieser Strukturindex bislang nur wenig evaluiert ist, wurde zur Überprüfung ein zweifaktoriell angelegter Milchviehfütterungsversuch mit gezielter Variation der Einflussgrößen Kraftfuttereinsatz und Art des Grobfutters durchgeführt.

## 2. Material und Methoden

Für den 17-wöchigen Milchviehfütterungsversuch wurden 48 Braun- und Fleckviehkühe ausgewählt, die unter Berücksichtigung von Rasse, Laktation, Laktationsstand, Futteraufnahme, Milchleistung und Milchinhaltsstoffen gleichmäßig auf die Gruppen „maissilagebasierte PMR (Teilmischration)“ und „grassilagebasierte PMR“ aufgeteilt. In jeder Gruppe waren 5 Braunvieh- und 7 Fleckviehkühe vertreten. Im Mittel befanden sich die Tiere zu Versuchsbeginn am  $122. \pm 56$  Laktationstag der dritten Laktation.

In den Teilmischrationen für diese beiden Gruppen wurden ca. 4 kg TM Maissilage gegen Grassilage ausgetauscht (Tab. 1). Über die Kraftfutterkomponenten in der Teilmischration wurden vergleichbare Energie- und nXP-Gehalte eingestellt. Bei der unterstellten Aufnahme von 18,3 kg TM/Kuh und Tag sollten über die Teilmischration etwa 25 kg Milch je Tier und Tag abgedeckt sein. Für darüber hinausgehende Milchleistungen wurden in den jeweiligen Untergruppen der beiden Grobfuttervarianten entweder 500 oder 800 g Leistungskraftfutter je kg Milch über Abrufstationen angeboten. Daraus ergeben sich die Gruppenbezeichnungen Mais500, Mais800, Gras500 und Gras800.

Die Kühe wurden in einem Offenfrontstall mit Liegeboxen gehalten. Die Futteraufnahme wurde tierindividuell über Wiegetröge gemessen. Die Milchleistung wurde täglich erfasst, Milchproben wurden einmal je Woche vom Morgen- und Abendmelk eines Tages gezogen. Die Körperkondition wurde zu Versuchsbeginn, Versuchsmitte und zu Versuchsende erfasst. Dabei wurde der Body Condition Score (BCS) auf einer 5-stufigen Skala beurteilt [4]. Die Rückenfettdicke (RFD) wurde mit einem Ultraschallgerät (Tringa Linear Vet, Esaote Europe BV, Maastricht, Niederlande) gemessen [5]. Zusätzlich wurden die Kühe zu Versuchsbeginn und zum Versuchsende gewogen. Sechs Kühe jeder Versuchsgruppe wurden mit den Boli zur Erfassung des reticulo-ruminalen pH-Wertes (smaxtec®) ausgestattet. Die Erfassung des Wiederkauverhaltens erfolgte über Nasenbandsensoren (Rumiwatch), die fünf Kühen jeder Versuchsgruppe über einen Zeitraum von 14 Tagen in zwei wiederholten Messperioden angelegt wurden. Die hier dargestellten Daten wurden mit der Software RumiWatch Converter (0.7.3.2) ausgewertet, die zeitliche Auflösung betrug eine Minute.

Von den Kraft- und Grobfuttermitteln wurden monatliche Mischproben erstellt, an denen die Rohnährstoffgehalte nach Standardmethoden [6] bestimmt wurden. Die Energiegehalte der Futtermittel wurden nach den aktuell gültigen Vorgaben bestimmt [7,8]. Der Strukturindex der Rationen wurde nach Rutzmoser et al. [1] berechnet. Die Beständigkeitskoeffizienten der Stärke wurden [9] entnommen. Als Alternative zur Berechnung der peNDFom wurde die aNDFom aus dem Grobfutter [2] kalkuliert. Die Rohnährstoff- und Energiegehalte der TMR wurden aus den Analysenwerten der Einzelkomponenten und den über den Mischwagen erfassten tatsächlich täglich eingewogenen Mengen errechnet.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistikpaket SAS (Version 9.2, SAS Institut, Cary, NC, USA) unter Verwendung der Prozedur „GLM“ mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse. In den Tabellen sind die Gruppenmittelwerte und die zugehörigen Standardabweichungen angegeben.

Tab. 1: Zusammensetzung und kalkulierte Rohnährstoff- und Energiegehalte der Teilmischrationen

	<b>Teilmischration</b>				
	Maissilage		Grassilage		
	kg TM/Tag	% der TM	kg	% der TM	
Grassilage	5,00	27,3	8,95	48,8	
Maissilage	9,35	51,0	5,00	27,3	
Heu	0,86	4,69	0,86	4,69	
Gerste	0,26	1,44	1,02	5,57	
Körnermais	0,24	1,29	1,18	6,44	
Rapsextraktionsschrot	2,50	13,6	1,20	6,6	
Mineralfutter	0,11	0,62	0,11	0,62	
<b>Gesamt:</b>	<b>18,3</b>	<b>100</b>	<b>18,3</b>	<b>100</b>	
<b>Inhaltsstoff</b>	<b>Je Tag</b>	<b>Je kg TM</b>	<b>Je Tag</b>	<b>Je kg TM</b>	
NEL	MJ	125	6,80	124	6,80
Rohprotein	g	2683	146	2665	145
Nutzbare Protein	g	2822	154	2733	149
Ruminale N-Bilanz	g	-22,3	-1,2	-10,9	-0,6
Rohfaser	g	3515	192	3511	192
Stärke+Zucker	g	4739	259	4306	235
Pansenabbare KH	g	4134	226	3621	198
Pansenstabile Stärke	g	605	33	685	37
pe NDF (Grundfutter)	g	6227	340	6369	348
Strukturindex NDF		62,7	62,7	73,6	73,6

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Die Gesamtfutteraufnahme war weder durch die Grobfutterbasis noch durch die mittlere Höhe der Kraftfutterzulage signifikant beeinflusst (Tab. 2). Die Grobfutteraufnahme lag im Mittel der grassilagebasiert gefütterten Gruppen dagegen deutlich niedriger als in den maissilagebasiert gefütterten Gruppen. Darüber hinaus wurde bei erhöhter Kraftfutterzulage ein Rückgang in der Grobfutteraufnahme festgestellt. Dieser Effekt der „Grobfutterverdrängung“, der auch in der Literatur [10] beschrieben ist, führte letztendlich dazu, dass die erhöhte Kraftfuttergabe bei gleichbleibender Gesamtfutteraufnahme nur zu einer leichten Erhöhung der Energie- und nXP-Aufnahme führte. Die Aufnahme an Stärke und Zucker

bzw. pansenabbaubarer Stärke und Zucker wurde bei erhöhtem Kraftfuttereinsatz jeweils nominal gesteigert, die Aufnahme an aNDFom aus dem Grobfutter gegenläufig reduziert.

Die durchschnittliche Milchleistung lag bei knapp 29 kg/Kuh und Tag, es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen (Tab. 3). Die nominal erniedrigte Milchleistung in der Gruppe Gras500 lässt sich über die tendenziell erniedrigte Futter- und Energieaufnahme in dieser Gruppe erklären. Der Milchfettgehalt war durch die Kraftfutterzulage nicht beeinflusst, lag bei den grassilagebasiert gefütterten Kühen aber deutlich ( $p < 0,05$ ) unter den maissilagebasiert gefütterten Kühen. Als physiologische Reaktion der Milchkuh auf einen Mangel an Struktur in der Ration wird häufig der Milchfettgehalt herangezogen [11]. Im vorliegenden Versuch konnte allerdings in keiner der Fütterungsgruppen im Durchschnitt eine Milchfettdepression als Folge azidotischer Bedingungen im Pansen festgestellt werden. Die durchschnittliche Aufnahme an Leistungskraftfutter lag in den beiden Kraftfutterstufen bei 3,4 bzw. 5,1 kg/Tier und Tag.

Die aus der Futteraufnahme und den Nährstoffgehalten der Rationen rekalkulierten Kenngrößen aNDFom aus dem Grobfutter und Strukturindex aNDFom sind in Tabelle 2 angegeben. Der Richtwert für den „Strukturindex“ der Ration von 50 war damit bei niedrigerer Kraftfutterzulage weitgehend eingehalten, bei erhöhter Kraftfutterzulage aber unterschritten. In gleicher Weise wurden die Richtwerte zur Versorgung mit physikalisch effektiver aNDFom aus dem Grobfutter bei niedrigerer Kraftfutterzulage eingehalten, bei erhöhter Kraftfutterzulage jedoch nicht. Auf Grund der fehlenden Beziehung zu Futteraufnahme oder Leistung kann dementsprechend geschlossen werden, dass die Richtwerte zum Strukturindex oder zur Versorgung mit aNDFom aus dem Grobfutter relativ hoch angesetzt sind bzw. einen entsprechenden Sicherheitszuschlag enthalten. Vor allem bei der Größe Strukturindex ist allerdings zu berücksichtigen, dass in den Index sowohl die Größen „pansenabbaubare Kohlenhydrate“ (= pansenabbaubare Stärke + Zucker) als auch die aNDFom aus dem Grobfutter eingehen. Bei Zuteilung von Kraftfutter nach Leistung verändern sich die Relationen dieser Größen mit sinkender Milchleistung im Laktationsverlauf und entsprechend sinkender Kraftfutteraufnahme. In gleicher Weise sind die entsprechenden Relationen zwischen Kühen bei unterschiedlicher Grob- und Kraftfutteraufnahme verschoben. Als Ergebnis wird der Strukturindex bei Betrachtung einer Kuhgruppe und Fütterung von Teilmischrationen zuzüglich Leistungskraftfutter am Abrufautomaten „gemittelt“. Dementsprechend kann der Strukturindex zwar als Merkmal der Rationsplanung angewendet werden, nicht jedoch zur Betrachtung der Beziehung zu entsprechenden Merkmalen im Mittel von Kuhgruppen.

Für vorliegende Untersuchung wurden daher für jede Kuh unabhängig von der Fütterungsgruppe Wochenmittelwerte für die entsprechenden Größen zur Rationsbeurteilung kalkuliert und den jeweiligen Milchfettgehalten gegenübergestellt. Wie Abb. 1 zu entnehmen ist, ergibt sich ein positiver Zusammenhang zwischen dem Strukturindex und dem Milchfettgehalt. Das Bestimmtheitsmaß ist mit  $R=0,16$  jedoch relativ niedrig, was sich jedoch auch aus der großen Streuung in den Milchfettgehalten ergibt. Entscheidend ist jedoch, dass sich mit einem Strukturindex von 50 zwar viele, nicht jedoch alle Kühe mit einem erniedrigten Milchfettgehalt (z.B.  $< 3,25\%$ ) identifizieren lassen. Im Gegensatz dazu konnte dieses Beurteilungskriterium für den Strukturindex in einer anderen Arbeit [1] eingehalten werden.

Tab. 2: Tägliche Futter-, Energie- und Nährstoffaufnahme nach Fütterung von mais- oder grassilagebasierten Teilmischrationen und unterschiedlicher Höhe des Kraffutterangebotes

Grobfutterbasis:	Maissilage		Grassilage		p-Wert Grobfutter	p-Wert Kraffutter
	500	800	500	800		
Kraffutter (g/kg Milch für Leistungen >25 kg/Tag):						
Gesamtfutter, kg TM/Tag	22,4±3,0	22,4±2,8	21,4±2,7	21,9±2,4	0,314	0,787
Grobfutter, kg TM/Tag	15,9±1,4 <sup>a</sup>	14,7±1,2 <sup>b</sup>	14,5±0,9 <sup>b</sup>	13,5±1,5 <sup>b</sup>	0,002	0,012
Kraffutteraufnahme, kg TM/Tag	6,55±2,61	7,72±2,66	6,95±2,37	8,30±2,87	0,520	0,099
nXP-Aufnahme, g/Tag	3401±505	3445±476	3174±460	3285±434	0,151	0,576
NEL-Aufnahme, MJ/Tag	151±22	153±21	144±20	149±19	0,304	0,589
Stärke+ Zucker-Aufnahme, g/Tag	6054±1084	6263±1050	5632±991	5973±1002	0,233	0,359
Aufnahme an pansenabbaubarer Stärke + Zucker, g/Tag	5332±945	5512±913	5177±871	5457±866	0,086	0,345
aNDF Grobfutter, g/Tag	6660±579	6180±2488	6484±383	6057±684	0,375	0,006
aNDFom aus Grobfutter, % der TM („gefressene Ration“)	30	28	31	28	-	-
Strukturindex aNDFom („gefressene Ration“)	49	45	50	45	-	-

Tab. 3: Milchleistungskriterien der Kühe nach Fütterung von mais- oder grassilagebasierten Teilmischrationen und unterschiedlicher Höhe des Kraffutterangebotes

Grobfutterbasis:	Maissilage		Grassilage		p-Wert Grobfutter	p-Wert Kraffutter
	500	800	500	800		
Kraffutter (g/kg Milch für Leistungen >25 kg/Tag):						
Milchleistung, kg/Tag	29,0±7,2	29,7±7,2	28,0±7,0	29,0±7,0	0,670	0,677
Milchfettgehalt, %	4,17±0,46	4,02±0,2	4,33±0,44	4,33±0,43	0,049	0,535
Milchweißgehalt, %	3,84±0,27	3,71±0,1	3,91±0,27	3,91±0,24	0,059	0,377
Milchlaktosegehalt, %	4,59±0,18	4,58±0,1	4,58±0,24	4,65±0,12	0,595	0,618
Zellzahl	183±247	181±211	140±99	113±74	0,266	0,780
Milchharnstoffgehalt, mg/l	182±37	196±39	177±30	187±30	0,475	0,217
ECM, kg/Tag	30,1±6,0	30,4±7,7	29,7±6,6	30,7±6,1	0,994	0,725
Milchfett, kg/Tag	1,19±0,21	1,19±0,3	1,19±0,27	1,23±0,22	0,762	0,755
Milchweiß, kg/Tag	1,10±0,23	1,10±0,2	1,08±0,22	1,12±0,23	0,993	0,766

Unter Berücksichtigung möglicher Messfehler kann der Strukturindex unter der Voraussetzung einer Beziehung des Milchfettgehaltes mit den entsprechenden Rationsgrößen durchaus als Mittel für die praktische Fütterungsberatung gesehen werden. Zu berücksichtigen ist aber auch, dass ein gewisser Restfehler in Betracht gezogen werden muss. Auch die aNDFom aus dem Grobfutter zeigte den Erwartungen entsprechend einen positiven Zusammenhang zum Milchfettgehalt. Das Bestimmtheitsmaß lag etwas höher, als für den Zusammenhang zwischen Strukturindex und Milchfettgehalt gezeigt. Der Gehalt an NDF aus dem Grobfutter sollte 300 g/kg TM (270-320 g/kg TM) nicht unterschreiten, wenn der mittlere ruminale pH-Wert 6,2 nicht unterschreiten soll (Abgrenzung zu azidotischen Bedingungen) [2]. Die aktuellen Empfehlungen der LfL [12] sind mit einem Grenzwert von 31,2 % der TM etwas vorsichtiger ausgelegt. Für den Zusammenhang zwischen täglicher Aufnahme an Stärke und Zucker und dem Milchfettgehalt ergab sich ein negativer Zusammenhang bei einem  $R^2$  von 0,206. Dieses Bestimmtheitsmaß konnte bei Verwendung der Größe pansenabbaubare Stärke + Zucker leicht erhöht werden ( $R^2=0,214$ ). Dies ist bemerkenswert, da für die Abbaubarkeit der Stärke der einzelnen Futtermittel keine Messwerte vorliegen, sondern lediglich Tabellenwerte (DLG, 2001) verwendet wurden.

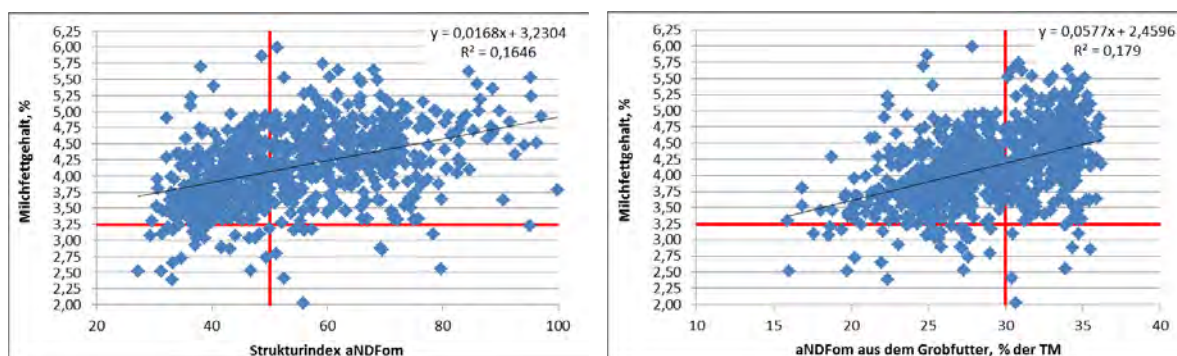


Abb. 1: Beziehung zwischen dem Strukturindex (links) und dem Gehalt an aNDFom aus dem Grobfutter (rechts) der Ration und dem Milchfettgehalt (ein Wertepaar je Kuh und Versuchswoche)

Tab. 4 zeigt die Kennzahlen zum mit den pH-Boli ermittelten reticuloruminale pH-Werten. Es ergaben sich keine signifikanten Gruppenunterschiede. Die im Vergleich zu maissilagebasiert gefütterten Kühen etwas höheren Werte bei grassilagebasiert gefütterten Kühen entsprechen den Erwartungen bei niedrigerer Aufnahme an pansenabbaubarer Stärke + Zucker, nicht aber der auf Grund der erniedrigten Grobfutteraufnahme erniedrigten täglichen Aufnahme an aNDFom aus dem Grobfutter. Nicht zu erklären ist, dass die erhöhte Kraftfutteraufnahme keinen gerichteten negativen Effekt auf den reticuloruminale pH-Wert hatte. Als Konsequenz aus den eigenen Untersuchungen und aus den Ergebnissen einer weiteren Arbeitsgruppe [13] müssen die Messergebnisse der verwendeten pH-Boli zumindest bei der in vorliegender Untersuchung verwendeten hard- und software-Version in Frage gestellt werden. Zudem ist zu diskutieren, ob der technische Toleranzbereich von  $\pm 0,2$  pH-Wert-Einheiten für entsprechende Fragestellungen nicht zu hoch ist.

Die tägliche Wiederkaudauer war durch die Fütterung nominal beeinflusst ( $612 \pm 51$ ,  $574 \pm 35$ ,  $625 \pm 48$  und  $569 \pm 41$  min/Tag für die Gruppen Mais500, Mais800, Gras500 und Gras800). Der sichtbare Rückgang in der Wiederkautätigkeit bei erhöhter Kraftfutterzulage entspricht dabei den Erwartungen. Die geringste Wiederkaudauer wurde in beiden Messperioden in der Gruppe Gras800 gemessen. Das wiederum lässt sich mit der in dieser Gruppe erniedrigten Aufnahme an aNDFom aus dem Grobfutter erklären.

Tab. 4: Einfluss der Fütterungsgruppe auf den reticuloruminalen pH-Wert der Kühe

Grobfutter:	Maissilage		Grassilage		p-Wert	
	500	800	500	800	Grobfutter	Krafftutter
Tage mit mittlerem pH < 6,15	39±20	44±17	42±16	27±21	0,359	0,553
Tage mit mittlerem pH < 5,8 über mehr als 5,2 h	25±18	25±23	19±24	9±16	0,184	0,559
Mittlerer pH-Wert	5,93±0,2	5,94±0,2	5,97±0,2	6,12±0,2	0,174	0,341

#### 4. Schlussfolgerungen

Der Strukturindex der Ration zeigt eine positive Beziehung zum Milchfettgehalt und niedrige Milchfettgehalte von unter 3,25 % können durch ein Unterschreiten des Grenzwertes von 50 überwiegend erklärt werden. Die peNDF aus dem Grobfutter kann nach vorliegenden Daten dem Strukturindex in Hinsicht auf die Abgrenzung erniedrigter Milchfettgehalte als Indikator für das Vorliegen azidotischer Pansen-pH-Werte gleichgesetzt werden. Der reticuloruminale pH-Wert spiegelte die aus der Rationsgestaltung zu erwartenden Effekte kaum wieder. Darüber hinaus weist die absolute Höhe des gemessenen reticuloruminale pH-Wertes auf azidotische Bedingungen hin, die sich aus der Rationsgestaltung und Beobachtungen am Tier nicht erklären lassen. Aus den Zweifeln an den gemessenen Daten zum reticuloruminalen pH-Wert ergeben sich andererseits Limitationen in Bezug auf die Überprüfung der Strukturbewertungssysteme für Milchkühe. Aus den Daten des vorliegenden Versuches lässt sich ableiten, dass die mit dem verwendeten System zur Erfassung der Wiederkauaktivität erfasste tägliche Wiederkaudauer mit rationsassoziierten Parametern erklärt werden kann. Nicht zuletzt auf Grund der hohen Kosten für das System bleiben jedoch Restriktionen für die Anwendung in der Praxis aber auch im Versuch.

#### 5. Literaturverzeichnis

- [1] Rutzmoser, K., Ettle, T., Obermaier, A., Schuster, H. (2011): Ein Strukturindex als Fortführung zur Beschreibung der Strukturwirkung mit der physikalisch effektiven NDF. In: Tagungsband 10. BOKU-Symposium Tierernährung, 231-236
- [2] GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2014): Communications of the committee for requirement standards of the society of nutrition physiology: Evaluation of structural effectiveness of mixed rations for dairy cows – status and perspectives. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 23, 165-179.
- [3] Zebeli Q., Dijkstra, J., Tafaj, M., Steingass, H., Ametaj, B.N., Drochner, W. (2008): Modeling the Adequacy of Dietary Fiber in Dairy Cows Based on the Responses of Ruminal pH and Milk Fat Production to Composition of the Diet, Journal of Dairy Science, 91, 2046–2066
- [4] Edmondson, A.J., Lean, I.J., Weaver, L.D., Farver, T., Webster, U.G. (1989): A body condition scoring chart of Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 72, 68-78.

- [5] Staufenbiel, R. (1992): Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes – Untersuchungskonzept und Messung der Rückenfettdicke. *Mh. Vet.-Med.* 47, 467-474
- [6] Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) (Hrsg.) (1976): *Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch)*, Bd. III Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 3. Aufl. incl. 1.-8. Ergänzungslieferung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- [7] GfE (2008): New equations for predicting metabolisable energy of grass and maize products for ruminants. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 17, 191-197.
- [8] DLG (2011): Leitfaden zur Berechnung des Energiegehaltes bei Einzel- und Mischfuttermitteln für die Schweine- und Rinderfütterung.
- [9] DLG (2001): Struktur- und Kohlenhydratversorgung der Milchkuh, DLG-Information 2/2001 des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung, incl. Ergänzung von 2008, DLG Frankfurt a.M.
- [10] Gruber, L. (2012): Nährstoffversorgung von Milchkühen aus dem Dauergrünland. Tagungsband 50. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V., 65-78
- [11] Zebeli, Q., Humer, E. (2016): Ausreichend Struktur in der Milchviehration? Von der Bewertung zur adäquaten Versorgung. Tagungsband 43. Viehwirtschaftliche Fachtagung Raumberg-Gumpenstein, 21-27
- [12] LfL (2015): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen, 40. Auflage, Hrsg.: LfL Bayern
- [13] Mozes, S., Gerster, E., Jilg, T., Steingaß, H., Theobald, P. (2016): Untersuchung zur Messgenauigkeit von Sensoren zur Bestimmung des pH-Wertes im Vormagensystem von Milchkühen. *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*, 39-42



# Feed efficiency, methane production and physiological imbalance relative to stage of lactation for dairy cows fed rations differing in forage energy content

J. Rischewski<sup>1</sup>, M. Derno<sup>1</sup>, A. Tuchscherer<sup>2</sup>, B. Kuhla<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Leibniz Institute for Farm Animal Biology (FBN), Institute of Nutritional Physiology “Oskar Kellner”, Dummerstorf, Germany

<sup>2</sup>Leibniz Institute for Farm Animal Biology (FBN), Institute of Genetics and Biometry, Dummerstorf, Germany

## 1. Introduction

Feed efficiency is a trait of economic importance. Since the 1960s, a lot of definitions for feed efficiency have been suggested in literature (Archer et al., 1999) [1]. For example, feed conversion efficiency (FCE = energy corrected milk yield (ECM) per dry matter intake (DMI)) is a practical measure of feed efficiency while the use of the recently defined term on residual energy intake (REI = theoretical energy intake – observed energy intake) for lactating cows is still under controversy debate (Coleman et al.; 2010; McParland et al., 2014; Pryce et al., 2014) [2, 3, 4]. Both, FCE and REI definitions do not fully account for the use of body energy reserves for milk production, methane (CH<sub>4</sub>) energy losses or the health status of the animal and thus distort the assessment of true feed efficiency. In a recent study, however, Hurley et al. (2016) [5] included the body weight (BW) and body condition score (BCS) changes in the calculation of residual net energy intake, but they did not consider the physiology health or CH<sub>4</sub> energy losses throughout the lactation cycle. Therefore, the objective of the present study was to deduce an improved equation of feed energy efficiency for dairy cows fed on different forage-to-concentrate ratios considering ECM, BW, BCS, CH<sub>4</sub> production and distinct plasma metabolite concentrations as physiological health index during different stages of lactation.

## 2. Material and Methods

Twenty-one German Holstein cows with comparable milk yield were dried-off after 1<sup>st</sup> lactation. After calving, 10 animals were randomly assigned to a lactation ration containing 6.1 MJ NEL/kg DM in roughage feed (6.1), and 11 animals to a ration containing 6.5 MJ NEL/kg DM in roughage feed (6.5). Different energy densities were achieved by using either different silage qualities or adding low energy components like straw to the ration. Concentrate was added to both rations to design isoenergetic diets containing 7.0 MJ NEL/kg DM. Diets were fed as total mixed ration (TMR) until lactation week 42. Feed intake was measured daily while BW, BCS and back-fat thickness (BFT) were determined every two weeks. During lactation, milk yield was measured daily, whereas milk constituents were analyzed weekly. In week +3, +14 and +42 relative to parturition, animals were transferred into respiration chambers to measure CH<sub>4</sub> production, feed intake and ECM over a period of 48 h. TMR samples were taken to analyze dry matter and chemical composition. Based on these and feed intake, net energy intake (NEI) was calculated. Statistical analyses were performed using the SAS System for Windows, version 9.4 (Copyright, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Data was analyzed using the MIXED procedure of the SAS/STAT software by repeated measurement ANOVA where the models contained

the fixed factors group (6.1 and 6.5), time (+3, +14 and +42 relative to parturition) and the interaction group  $\times$  time. Several regression models for the dependent (response) variable NEI were fitted applying the REG procedure and the MIXED procedure in SAS/STAT software. The following three models were used considering stage of lactation, ECM, BW, BCS (Model\_2) as developed earlier by Hurley et al. (2016) [5], Model\_2 plus plasma glucose, beta hydroxybutyrate (BHB) and non-esterified-fatty acid (NEFA) concentrations as physiological index according to (Moyes et al., 2013) [6] (Model\_1), and a model involving stage of lactation and plasma glucose, BHB and NEFA concentrations (Model\_3):

Model\_1:

$$\text{NEI} = a_1 \cdot \text{ECM} + a_2 \cdot \text{week} + a_3 \cdot \text{week}^2 + a_4 \cdot \text{BW}^{0.75} + a_5 \cdot \text{BCS} + a_6 \cdot \text{BW}^{0.75} \cdot \text{BCS} + a_7 \cdot \text{NEFA} + a_8 \cdot \text{BHB} + a_9 \cdot \text{GLUC} + \text{ERROR}$$

Model\_2:

$$\text{NEI} = a_1 \cdot \text{ECM} + a_2 \cdot \text{week} + a_3 \cdot \text{week}^2 + a_4 \cdot \text{BW}^{0.75} + a_5 \cdot \text{BCS} + a_6 \cdot \text{BW}^{0.75} \cdot \text{BCS} + \text{ERROR}$$

Model\_3:

$$\text{NEI} = a_1 \cdot \text{week} + a_2 \cdot \text{week}^2 + a_3 \cdot \text{NEFA} + a_4 \cdot \text{BHB} + a_5 \cdot \text{GLUC} + \text{ERROR}$$

The Models\_1..3 were subsequently enhanced by adding CH<sub>4</sub> emission as follows:

Model\_1\_M:

$$\text{NEI} = a_1 \cdot \text{ECM} + a_2 \cdot \text{week} + a_3 \cdot \text{week}^2 + a_4 \cdot \text{BW}^{0.75} + a_5 \cdot \text{BCS} + a_6 \cdot \text{BW}^{0.75} \cdot \text{BCS} + a_7 \cdot \text{NEFA} + a_8 \cdot \text{BHB} + a_9 \cdot \text{GLUC} + a_{10} \cdot \text{CH}_4 + \text{ERROR}$$

Model\_2\_M:

$$\text{NEI} = a_1 \cdot \text{ECM} + a_2 \cdot \text{week} + a_3 \cdot \text{week}^2 + a_4 \cdot \text{BW}^{0.75} + a_5 \cdot \text{BCS} + a_6 \cdot \text{BW}^{0.75} \cdot \text{BCS} + a_7 \cdot \text{CH}_4 + \text{ERROR}$$

Model\_3\_M:

$$\text{NEI} = a_1 \cdot \text{week} + a_2 \cdot \text{week}^2 + a_3 \cdot \text{NEFA} + a_4 \cdot \text{BHB} + a_5 \cdot \text{GLUC} + a_6 \cdot \text{CH}_4 + \text{ERROR}$$

### 3. Results

In the 6.5 group, ECM and DMI were higher compared to the 6.1 group ( $P \leq 0.05$ ). Groups did not differ in BW, BCS and BFT, however, BW and BFT showed a group  $\times$  time effect ( $P < 0.01$  and  $P < 0.05$ , respectively). Daily CH<sub>4</sub>, CH<sub>4</sub>/DMI and CH<sub>4</sub>/ECM were not different between feeding groups. Feed conversion rate ( $\text{FCR} = \text{DMI}/\text{ECM}$ ), FCE, energy conversion efficiency ( $\text{ECE} = \text{ECM}/\text{NEI}$ ), and energy conversion ratio ( $\text{ECR} = \text{NEI}/\text{ECM}$ ) were not different between feeding groups, but metabolic efficiency ( $\text{MEff} = (\text{NEI}-\text{ECM})/\text{BW}^{0.75}$ ) was greater in 6.5 than 6.1 animals ( $P < 0.01$ ). In early lactation, NEFA concentrations were higher, whereas in late lactation BHB was lower in the 6.1 compared to the 6.5 group ( $P \leq 0.05$ ). Glucose was not different between groups.

The quality of the prediction of NEI by using the Models 1-3 revealed that the coefficient of determination ( $R^2$ ) was highest with Model\_1 for both feeding groups (Table 1). By including CH<sub>4</sub> production into all three models (Model\_1...3\_M),  $R^2$  further increased. The

best accuracy in determining NEI was, however, achieved by Model\_1\_M with  $R^2=0.527$  for the 6.1 and  $R^2=0.649$  for the 6.5 group.

Table 1: Coefficients of determination ( $R^2$ ) calculated from the measured NEI (at the y-axis) and predicted NEI from six models (x-axis) for the 6.1 and 6.5 group, respectively.

NEL-roughage, MJ/kg DM	6.1	6.5
Model_1	0.319	0.403
Model_1_M	0.527	0.649
Model_2	0.291	0.304
Model_2_M	0.532	0.633
Model_3	0.179	0.266
Model_3_M	0.338	0.513

Furthermore, when calculating the residual NEI ( $RNEI = NEI - \widehat{NEI}$ ) it turned out that Model\_1\_M provided the lowest standard error (Figure 1).

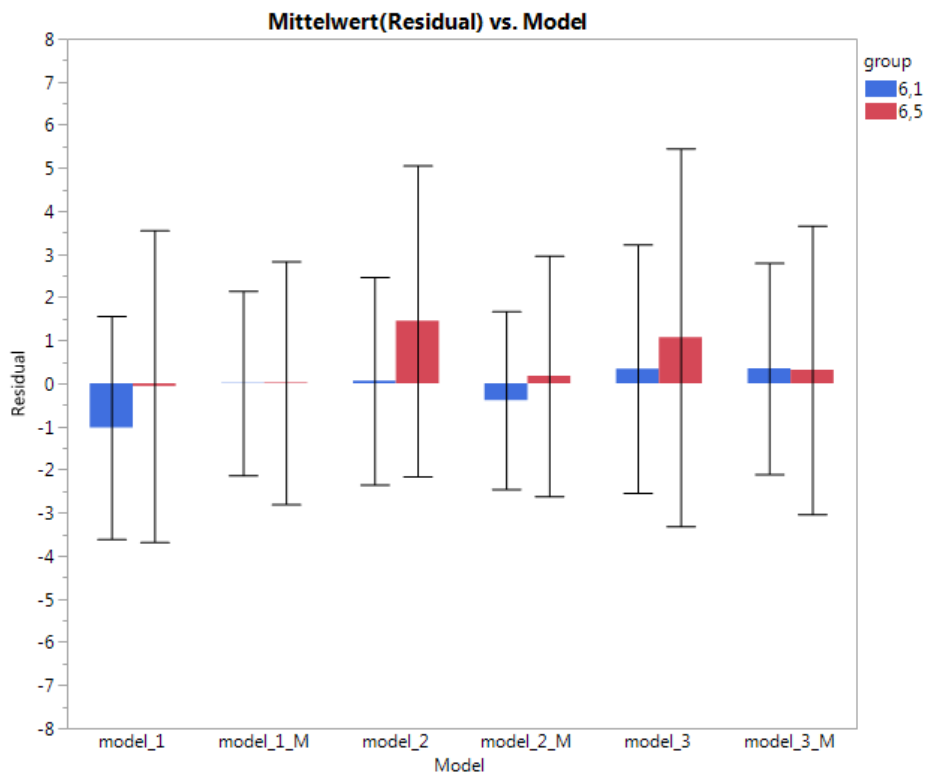


Figure 1: Mean residuals of net energy intake ( $RNEI$ ) calculated by  $NEI - \widehat{NEI}$  and their standard error for the 6.1 and 6.5 group using six prediction models.

## 4. Conclusions

Although feeding roughage with higher energy density did not result in different feed or energy conversion rates or efficiencies, respectively, it resulted in a higher metabolic efficiency and ECM yield without increasing  $CH_4$  production. Based on these results we conclude that increasing the energy density of roughage feed in a ration improves metabolic

efficiency and allows minimizing the concentrate level in the ration. However, by considering changes in BW, BCS, plasma metabolites and CH<sub>4</sub> losses throughout lactation, feed efficiency is not different between feeding groups. Hence, we were able to improve the equation for RNEI as compared to Model by Hurley et al. (2016) [5].

## 5. Literature

- [1] Archer, J., E. Richardson, R. Herd, and P. Arthur (1999): Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. *Australian Journal of Agricultural Research* 50(2), 147-162.
- [2] Coleman, J., D. Berry, K. Pierce, A. Brennan, and B. Horan (2010): Dry matter intake and feed efficiency profiles of 3 genotypes of Holstein-Friesian within pasture-based systems of milk production. *Journal of Dairy Science* 93(9), 4318-4331.
- [3] McParland, S., E. Lewis, E. Kennedy, S. Moore, B. McCarthy, M. O'Donovan, S. Butler, J. Pryce, and D. Berry (2014): Mid-infrared spectrometry of milk as a predictor of energy intake and efficiency in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 97(9), 5863-5871.
- [4] Pryce, J., O. Gonzalez-Recio, J. Thornhill, L. Marett, W. Wales, M. Coffey, Y. de Haas, R. Veerkamp, and B. Hayes (2014): Validation of genomic breeding value predictions for feed intake and feed efficiency traits. *Journal of Dairy Science* 97(1), 537-542.
- [5] Hurley, A., N. López-Villalobos, S. McParland, E. Kennedy, E. Lewis, M. O'Donovan, J. Burke, and D. P. Berry (2016): Inter-relationships among alternative definitions of feed efficiency in grazing lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 99(1), 468-479.
- [6] Moyes, K. M., E. Bendixen, M. C. Codrea, and K. L. Ingvarlsen (2013): Identification of hepatic biomarkers for physiological imbalance of dairy cows in early and mid lactation using proteomic technology. *Journal of Dairy Science* 96(6), 3599-3610.

### **3.3. Themenblock II – Möglichkeiten zur Selektion auf Futteraufnahme und Futtereffizienz**

## **Möglichkeiten zur Selektion auf Futteraufnahme und Futtereffizienz**

G. Thaller

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

### **1. Hintergrund**

Die Futterkosten stellen einen wesentlichen Kostenblock in der Milcherzeugung dar und sind für die Effizienz von Milchkühen maßgeblich. In der Vergangenheit wurde indirekt über die Zucht auf höhere Milchleistung auf eine höhere Futteraufnahme und bessere Futtereffizienz selektiert. Mit steigender Leistung wird ein immer größerer Anteil des Futters für die Laktation und relativ gesehen weniger Futter für die Erhaltung genutzt (Veerkamp et al., 2013) [1]. Eine direkte Verbesserung der Futtereffizienz war mit Hilfe der konventionellen Zuchtwertschätzung basierend auf Nachkommenprüfungen wegen der begrenzten Prüfkapazitäten nicht möglich. Nur an einzelnen Versuchsbetrieben in Deutschland sind die sehr kostenaufwändigen technischen und logistischen Strukturen für die Messung der tierindividuellen Futteraufnahme etabliert. Im Verbundprojekt optiKuh können auf Basis dieser Betriebe übergreifende Fragestellungen der Tierernährung und der Tierzucht mit dem Schwerpunkt der Grobfutteraufnahme bearbeitet werden. Für diese integralen Betrachtungen wurden einheitliche Standards der Fütterung, der Futteraufnahmemessung und der Auswertungsprotokolle entwickelt. Dabei sind die zentrale Datenhaltung und -aufbereitung und Plausibilitätskontrollen für alle Analysen von entscheidender Bedeutung. Sie bieten die Voraussetzung für die Nutzung des innovativen Verfahrens der flächendeckenden genomischen Selektion auf Futteraufnahme und Futtereffizienz.

Im Folgenden soll zuerst die nationalen und internationalen Aktivitäten eingegangen werden, die im optiKuh-Projekt erhobenen Daten sowie darauf basierenden Laktationskurven und genetisch-statistischen Parameter vorgestellt und schließlich die Möglichkeiten der Nutzung von Hilfsmerkmalen erörtert werden.

Mit der erfolgreichen Etablierung der genomischen Selektion ist nun erstmals eine Zucht auf Futtereffizienz möglich (Boichard und Brochard, 2012) [2]. Der in optiKuh verwandte Ansatz wird im Beitrag von Harder u.a. (2018) in diesem Tagungsband vorgestellt [3].

### **2. Internationale Kooperationen**

Bereits 2011, also kurz nach der Einführung der genomischen Selektion, startete auf die Initiative von Prof. Dr. Roel Veerkamp (Animal Breeding and Genomics Centre, Wageningen UR Livestock Research, Holland) die sog. „global Dry Matter Initiative“ (kurz „gDMI“) mit dem Ziel der länderübergreifenden Zusammenführung von Versuchsbetrieben mit der Möglichkeit zur tierindividuellen Erfassung der Futteraufnahme. Initial waren hieran Universitäten und Zuchtunternehmen aus zehn Ländern (CA, DK, DE, US, IE, NL, UK, AU, NZ, ES) beteiligt. Der hinsichtlich seines Umfangs einzigartige gDMI-Datensatz

wurde als Lernstichprobe herangezogen, um Markereffekte abzuleiten. Ziel war die Generierung eines SNP-Keys (Schätzformel), der auf beliebige typisierte Tiere ohne Informationen zur tierindividuellen Futteraufnahme angewendet werden kann. Mit dem gDMI-Projekt wurde erstmals der Versuch unternommen, eine hinreichend genaue genomische Zuchtwertschätzung für ein ausschließlich in Testherden erfassbares und dementsprechend selten vorliegendes Merkmal zu etablieren.

*Tab. 1: Übersicht über das für gDMI zur Verfügung stehende Datenmaterial (Anzahl Laktationen und Kühe) sowie Mittelwert, genetische Standardabweichung und Heritabilitätsschätzwerte ( $h^2$ , mit Standardfehlern in Klammern) für die Trockenmasseaufnahme bei Betrachtung aller beteiligter Länder bzw. jedes einzelnen Landes (Datenerfassung zw. 1990 und 2012 bzw. für Deutschland (Karkendamherde) zw. 2005 und 2012; modifiziert nach Berry et al. (2014) [6]).*

Land	Anz. Lakt.	Anz. Kühe	Mittelwert (kg TM/Tag)	Genet. Std.abw. (kg TM/Tag)	$h^2$ (Std.fehler)
<b><u>Kühe</u></b>					
<b>Alle</b>	<b>10.641</b>	<b>6.953</b>	<b>19,7</b>	<b>1,13</b>	<b>0,34 (0,03)</b>
Kanada	411	202	22,2	1,01	0,19 (0,14)
Dänemark	668	363	22,1	1,48	0,52 (0,12)
<b>Deutschland</b>	<b>1.141</b>	<b>1.095</b>	<b>20,2</b>	<b>0,64</b>	<b>0,08 (0,06)</b>
Iowa	398	398	23,5	1,48	0,41 (0,14)
Irland	1.677	827	16,7	0,88	0,41 (0,10)
Holland	2.956	2.241	21,4	1,15	0,39 (0,05)
Schottland	2.840	1.277	17,4	1,07	0,31 (0,06)
Wisconsin	447	447	24,9	0,90	0,24 (0,16)
Australien	103	103	15,6		
<b><u>Färsen</u></b>					
Australien		843	8,3	0,77	0,20 (0,11)
Neuseeland		941	7,6	0,66	0,34 (0,12)

Für die genomischen Auswertungen im Rahmen von gDMI standen Futteraufnahmedaten von 6.953 laktierenden Holstein Friesian Kühen und 1.784 Färsen zur Verfügung (Tab. 1). Die Färsen waren mit dem HD Chip typisiert. Die mit dem 54K Chip typisierten Kühe wurden auf HD-Niveau imputiert (Pryce et al., 2014) [4]. 583.375 Marker wurden in den weiteren Analysen verwendet. Die Genauigkeit der genomischen Zuchtwertschätzung wurde für verschiedene Szenarien geschätzt (Tab. 2). Es konnte gezeigt werden, dass alle Länder von der Erstellung einer länderübergreifenden Lernstichprobe profitieren – trotz teils erheblicher Unterschiede in der Datenerfassung, Fütterung und im Management so-

wie einer geringen Anzahl gemeinsam genutzter Bullen und dadurch bedingt teils schwacher genetischer Verknüpfungen der Versuchsherden (De Haas et al., 2015) [5]. Für die Genauigkeit wurden erwartungsgemäß deutlich geringere Werte erzielt als für routinemäßig erfasste Merkmale (z.B. Milchleistung).

*Tab. 2: Genauigkeit der genomischen Zuchtwertschätzung für die Trockenmasseaufnahme bei Verwendung des gDMI-Datensatzes (laktierende Kühe in Kanada (CA), Dänemark (DK), Deutschland (DE), Iowa (USA; IOWA), Irland (IE), Holland (NL), Schottland (UK), Wisconsin (USA; WISC) und Färsen in Australien (AU\_F) und Neuseeland (NZ\_F)) und für vier verschiedene Szenarien: i) länderinterne Schätzung, alle  $r_g$  zw. den Populationen wurden Null gesetzt ( $r_{g0}$ ); ii) Szenario „gemeinsame Datennutzung“, Verwendung der geschätzten  $r_g$  zw. den Populationen ( $r_g$ ); iii) Szenario „gleiches Merkmal“, alle  $r_g$  zw. den Populationen wurden gleich 0,95 gesetzt ( $r_{g1}$ ); iv) Szenario „keine Datenerfassung“, Löschung der Phänotypen einer kompletten Population aus der Lernstichprobe (TMA=.); Standardfehler in Klammern (modifiziert nach DE HAAS et al., 2015) [5].*

Szenario	CA	DK	DE	IOWA	IE	NL	UK	WISC	AU_F	NZ_F
$r_{g0}$	0,17 (0,191)	0,33 (0,099)	<b>0,39</b> <b>(0,071)</b>	0,43 (0,047)	0,46 (0,060)	0,51 (0,037)	0,43 (0,080)	0,20 (0,129)	0,39 (0,048)	0,42 (0,046)
$r_g$	0,40 (0,189)	0,37 (0,084)	<b>0,45</b> <b>(0,070)</b>	0,46 (0,063)	0,48 (0,055)	0,54 (0,037)	0,49 (0,082)	0,38 (0,153)	0,39 (0,041)	0,44 (0,049)
$r_{g1}$	0,33 (0,196)	0,36 (0,093)	<b>0,43</b> <b>(0,065)</b>	0,43 (0,066)	0,44 (0,070)	0,51 (0,037)	0,48 (0,079)	0,35 (0,141)	0,30 (0,043)	0,38 (0,051)
TMA=.	0,53	0,24	<b>0,28</b>	0,31	0,35	0,28	0,23	0,35	0,03	0,19

### 3. optiKuh-Lernstichprobe und genetische Parameter

Die optiKuh-Stichprobe umfasst 1.374 laktierende Holstein Friesian und Fleckviehkühe mit Phänotypen für die Futteraufnahme und alle relevanten Merkmale zur Ableitung der Energiebilanzen. Die Daten wurden von 2014 bis 2017 auf 8 (HF) bzw. 4 (FV) Versuchsbetrieben erhoben. In der Regel wurden Messungen über die gesamte Laktation durchgeführt, z.T. stehen für einzelne Tiere auch zwei Laktationen zur Verfügung. Die täglichen Milchmengen zeigen, dass die Untersuchungen auf einem hohen genetischen Niveau durchgeführt wurden.

Tab. 3: Übersicht über die in optiKuh erhobenen Daten (Anzahl Kühe und Laktationen, Mittelwerte und Standardabweichungen der Futter- und Energieaufnahmen mit den jeweils notwendigen Größen) für die Rassen Holstein Friesian (HF) und Fleckvieh (FV).

Merkmal		Kühe Laktation		n	$\bar{x}$	s
HF	Futteraufnahme (kg/TS)	1341	1928	40012	21,8	4,25
	Milchmenge (kg)	1338	1917	39838	35,5	8,81
	Energieaufnahme (MJ NEL)				3,20	29,4
	Futteraufnahme (kg/TS)				22,0	4,04
	Gewicht (kg)				658	37,9
	ECM (kg)	1322	1865	33376	34,3	7,71
	Milchmenge (kg)				35,8	8,76
FV	Fett (%)				3,77	0,63
	Eiweiß (%)				3,31	0,32
	Futteraufnahme (kg/TS)	327	604	16996	20,2	3,60
	Milchmenge (kg)	326	603	16933	27,4	8,16
	Energieaufnahme (MJ NEL)				1,06	18,9
	Futteraufnahme (kg/TS)				20,4	3,41
	Gewicht (kg)				750	75,3
ECM (kg)	326	583	14527	28,4	7,58	
Milchmenge (kg)				27,5	8,04	
Fett (%)				4,24	0,61	
Eiweiß (%)				3,59	0,33	

Die kontinuierlich erhobenen Daten wurden nach eingehenden Plausibilitätskontrollen der Rohwerte zu individuellen Wochenmittelwerten aggregiert. Mit Hilfe von Random-Regression-Modellen wurden unter Berücksichtigung der Herdentestwoche und der Laktationsnummer mit Verfahren nach Stand der Technik Laktationskurven für die Merkmale Futteraufnahme, Milchleistung und Energiesaldo für die Rassen Holstein Friesian (Abb.1) und Fleckvieh geschätzt (Abb. 2).

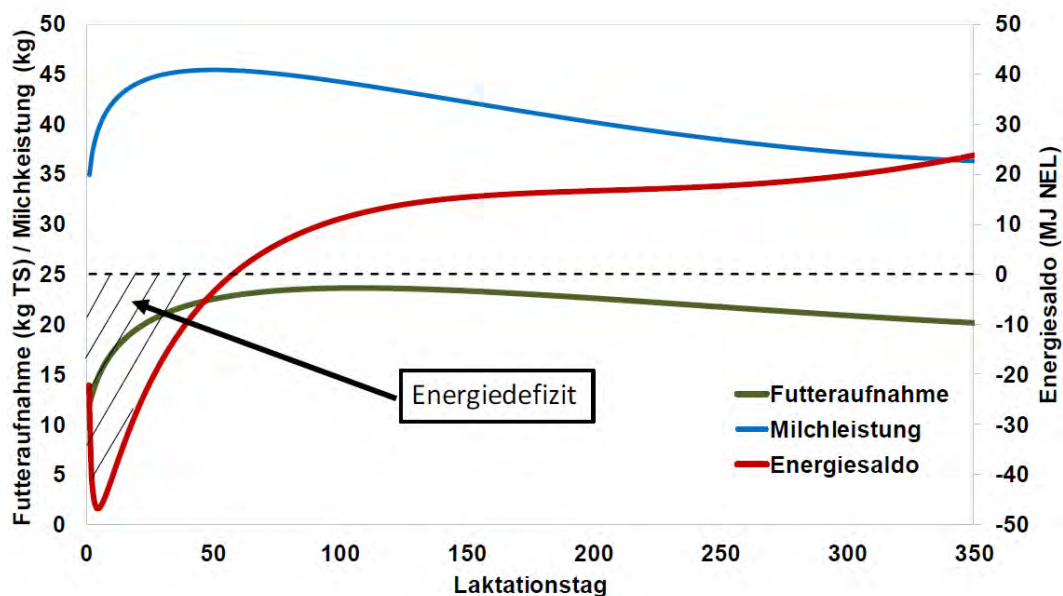


Abb. 1: Laktationskurven für Futteraufnahme, Milchleistung sowie Energiesaldo für die zweite Laktation der Rasse Holstein Friesian vom 1. bis 350. Laktationstag.



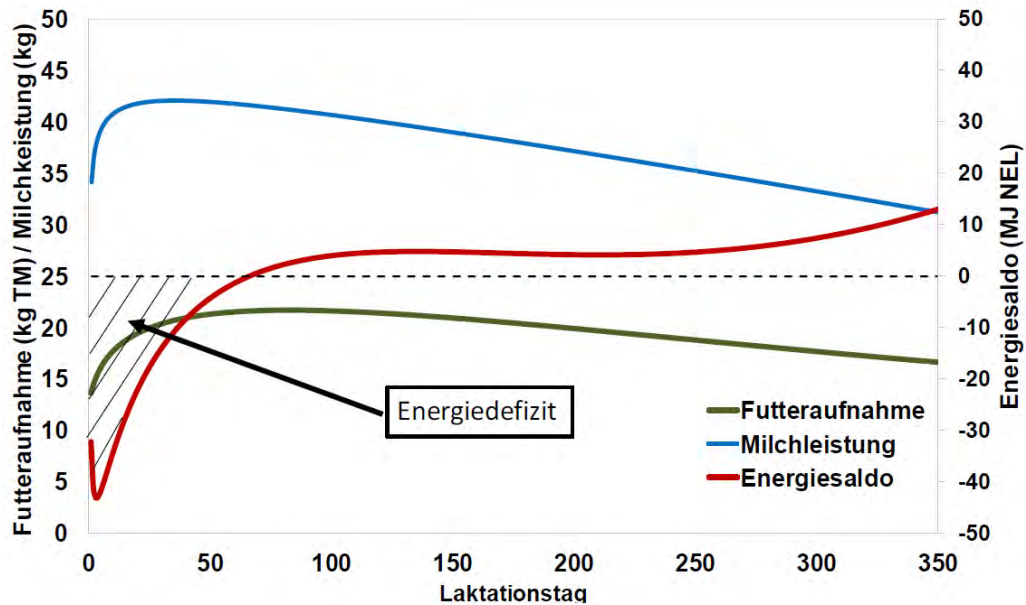


Abb. 2: Laktationskurven für Futteraufnahme, Milchleistung sowie Energiesaldo für die zweite Laktation der Rasse Fleckvieh vom 1. bis 350. Laktationstag.

Es zeigen sich etwa die gleichen Zusammenhänge für beide Rassen. Die zu Beginn der Laktation schnell ansteigende Milchmenge in Verbindung mit einer etwas verzögerten Zunahme der Futteraufnahme führt zu einem negativen Energiesaldo, der sein Maximum etwa am Laktationstag 5 bis 10 erreicht und erst nach dem 50. Laktationstag in ein positives Energiesaldo umschlägt. Dies unterstreicht die Problematik der Zuchtzielsetzung auf hohe oder niedrige Futteraufnahme zu züchten. Mit um den Tiereffekt erweiterten Laktationsmodellen wurden ebenfalls Wiederholbarkeiten und Heritabilitäten über den Laktationsverlauf hinweg geschätzt (Abb. 3).

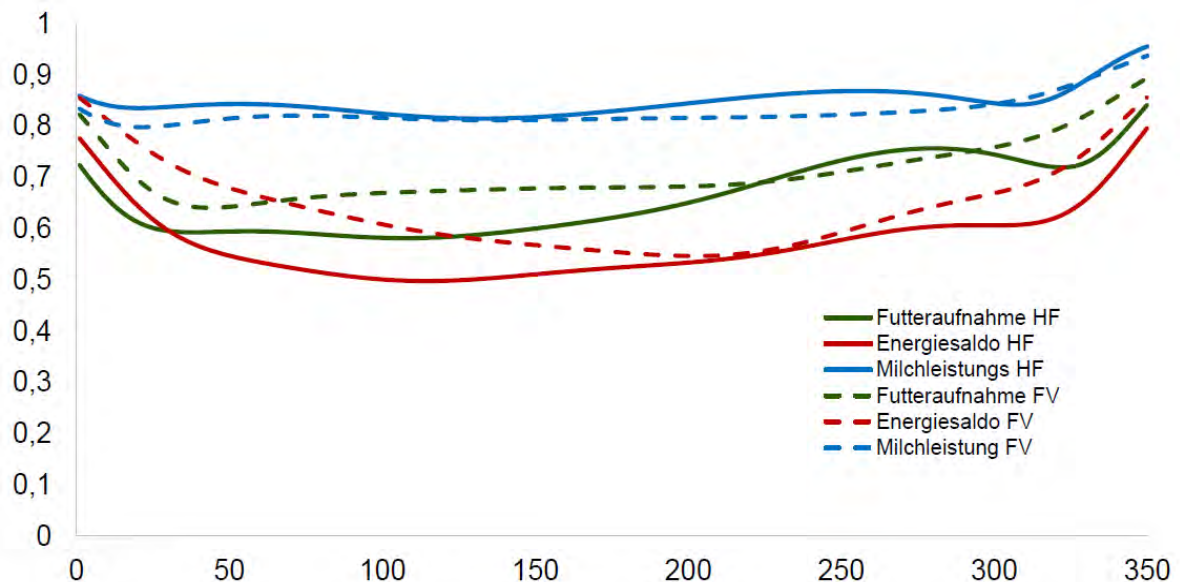


Abb. 3: Wiederholbarkeiten für Futteraufnahme, Milchleistung sowie Energiesaldo für die Rassen Holstein Friesian und Fleckvieh vom 1. bis 350. Laktationstag auf Basis der pedigreebasierten (durchgezogene Linie) oder genomisch basierten (gestrichelte Linie) Verwandtschaftsbeziehungen.

Die Wiederholbarkeiten waren durchwegs und über die Laktation hinweg in einem hohen Bereich. Aufgrund des geringeren Datenumfangs bei Fleckvieh war es nicht möglich, Kurvenverläufe der Heritabilitäten zu schätzen. Es wurden daher Wiederholbarkeitsmodelle verwendet die zu Heritabilitäten für Futteraufnahme und Energie-saldo im Bereich von 10 % bis 20 % führten und damit die Möglichkeit einer züchterischen Bearbeitung unterstreichen.

#### **4. Nutzung von Hilfsmerkmalen**

Aus verschiedenen Studien ist bekannt, dass die Futteraufnahme zu 70 % aus der Lebendmasse und der Milchleistung abgeschätzt werden kann. Es wurden daher auch in den internationalen Projekten zur Etablierung einer genomischen Zuchtwertschätzung für Futteraufnahme Hilfsmerkmale mit berücksichtigt. Allerdings muss festgehalten werden, dass derzeit in der Praxis Körpergewichte nur in begrenztem Umfang vorliegen. Diesbezüglich wurden Überlegungen angestellt, Lebendmassen über Exterieurmerkmale abzuschätzen. An einem kleineren Datensatz ( $n=315$ ), bestehend aus erstlaktierenden Holstein Friesian Kühen auf dem Versuchsgut Karkendamm, wurden die entsprechenden Zusammenhänge untersucht. Es zeigte sich, dass über ausgewählte Exterieurmerkmale (Milchcharakter, Körpertiefe, Stärke, und Größe) eine Korrelation von 78 % zwischen gewogenem und geschätztem Körpergewicht erreicht werden kann. Die Korrelationen zwischen der Lebendmasse und der Futteraufnahme lagen bei 0,23 und konnten durch die zusätzliche Einbeziehung der Exterieurmerkmale Milchcharakter, Körpertiefe und Hintereuter sowie der Milchleistung auf 0,32 gesteigert werden. Die Untersuchungen zeigten aber auch, dass die Einbeziehung zusätzlicher Merkmale deren systematische Erfassung erfordert, dass z.B. Exterieurbewertungen auch in der zweiten und höheren Laktationen vorgenommen werden sollten. Interessant in dieser Hinsicht könnten automatische Gewichtserfassungen, wie sie z.B. in Robotermelkanlagen implementiert sind, sein.

#### **5. Fazit und Ausblick**

Das Verbundprojekt optiKuh ermöglicht erstmals eine direkte Selektion auf Merkmale der Futteraufnahme und Futtereffizienz. Die Projektergebnisse lassen erwarten, dass für diese Merkmale Sicherheiten von 50 % für genomische Zuchtwerte erreicht werden können. Dafür gilt es aber, eine kontinuierliche Erfassung der Daten für eine stetige Aktualisierung der Lernstichprobe sicherzustellen und die Möglichkeiten der Nutzung von Hilfsmerkmalen intensiv zu prüfen. Auf dieser Grundlage gilt es dann zu klären, wie diese neuen Zuchtwerte ins Zuchtziel integriert werden sollen. Dies ermöglicht auch eine umfassende Bewertung aller Aspekte der Futteraufnahme, um genomische Zuchtwerte bestmöglich in die Zuchtziele der deutschen Milchrassen integrieren zu können. Somit scheint das relativ einfache Zuchtziel einer geringeren Futteraufnahme bei gleichbleibender Milchleistung unmittelbar geeignet. Auf den zweiten Blick wird die Zuchtzieldefinition jedoch dadurch erschwert, dass bereits heute Hochleistungskühe teils massive Energiedefizite in der Früh-laktation aufweisen. Eine stark ausgeprägte negative Energiebilanz ist mit Gesundheits- und Fruchtbarkeitsproblemen assoziiert und stellt daher einen limitierenden Faktor für die Nutzungsdauer und damit auch die Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion dar. Ein möglicher Lösungsansatz wäre, in der Früh-laktation die Futteraufnahme zu steigern, um auf gut konditionierte Tiere mit einem weniger ausgeprägten Energiedefizit zu züchten. Im weiteren Verlauf der Laktation könnte eine bessere Futtereffizienz im Vordergrund stehen, wobei auf die bedarfsgerechte Versorgung geachtet werden sollte.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] Veerkamp, R.F., Pryce, J.E., Spurlock, D., Berry, D., Coffey, M., Løvendahl, P., Van der Linde, R., Bryant, J., Miglior, F., Wang, Z., Winters, M., Krattenmacher, N., Charfeddine, N., Pedersen, J., De Haas, Y. (2013): Selection on feed intake or feed efficiency: a position paper from gDMI breeding goal discussions. *Interbull Bulletin* 47: 15-22.
- [2] Boichard, D., Brochard, M. (2012): New phenotypes for new breeding goals in dairy cattle. *Animal* 6: 544-550.
- [3] Harder I., Stamer E., Krattenmacher N., Junge W., Thaller G. (2018): Genetische Parameter für Futteraufnahme, in: Tagungsband zur Abschlussveranstaltung „Verbundprojekt optiKuh“ 30./31.01.2018. LfL Schriftenreihe 2/2018
- [4] Pryce, J.E., Johnston, J., Hayes, B.J., Sahana, G., Weigel, K.A., McParland, S., Spurlock, D., Krattenmacher, N., Spelman, R.J., Wall, E., Calus, M.P.L. (2014): Imputation of genotypes from low density (50,000 markers) to high density (700,000 markers) of cows from research herds in Europe, North America, and Australasia using 2 reference populations. *J. Dairy Sci.* 97, 1799-1811.
- [5] De Haas, Y., Pryce, J.E., Calus, M.P.L., Wall, E., Berry, D.P., Løvendahl, P., Krattenmacher, N., Miglior, F., Weigel, K., Spurlock, D., MacDonald, K.A., Hulsegge, B., Veerkamp, R.F. (2015): genomic prediction of dry matter intake in dairy cattle from an international data set consisting of research herds in Europe, North America and Australasia. *J. Dairy Sci.* 98, 6522-6534.
- [6] Berry, D. P.; Coffey, M. P.; Pryce, J. E.; Haas, Y. DE; Løvendahl, P.; Krattenmacher, N. et al. (2014): International genetic evaluations for feed intake in dairy cattle through the collation of data from multiple sources. *J. Dairy Sci.* 97, 3894–3905.

# Genetische Parameter für Futteraufnahme

I. Harder<sup>1</sup>, E. Stamer<sup>2</sup>, N. Krattenmacher<sup>1</sup>, W. Junge<sup>1</sup>, G. Thaller<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Tierzucht und Tierhaltung

<sup>2</sup>TiDa Tier und Daten GmbH, Westensee/Brux

## Zusammenfassung

Futteraufnahme in der Tierzucht ist ein neues und sehr wichtiges Merkmal für die Gesundheit der Milchkuhe. Durch eine Erhöhung der Futtermenge, insbesondere zu Laktationsbeginn, kann das starke Energiedefizit ausgeglichen werden um die Stoffwechselstabilität der Hochleistungsmilchkuhe zu verbessern. Mit dem optiKuh-Datensatz wurde eine einzigartige Möglichkeit zur Messung der Futteraufnahme und darauf aufbauend zur genomischen Selektion für dieses Merkmal geschaffen. Hierfür wurden Phänotypen und Genotypen von insgesamt 1.163 Holstein-Friesian Kühen genutzt. Auch Fleckvieh-Daten standen zur Verfügung, konnten aber aufgrund der geringen Anzahl an Kühen nicht für die genomische Zuchtwertschätzung genutzt werden. Nach einer umfassenden Qualitätskontrolle der Genotypisierungsergebnisse konnte mithilfe des Programms DMU eine Analyse der genetischen Parameter durchgeführt werden. Mit zwei Datensätzen – zum einen ein pedigreebasierter Datensatz und zum anderen ein kombinierter Datensatz aus Pedigree- und Genotypinformation („single-step“) – wurden Varianzkomponenten und Zuchtwertschätzungen durchgeführt. Die genomischen basierten Heritabilitäten befinden sich in einem Bereich von 0,21 bis 0,47 und wiesen zu Laktationsanfang ein höheres Niveau im Vergleich zu den konventionellen Daten auf. Mit der anschließend durchgeführten Zuchtwertschätzung konnten für nicht phänotypisierte Tiere im Merkmal Futteraufnahme durch die Einbeziehung von genomischen Verwandtschaft Sicherheiten von 26 % bzw. eine Genauigkeit von 0,51 erzielt werden. Gegenüber der Variante ohne genomische Verwandtschaft, d.h. rein pedigreebasiert, erhöht sich damit die Sicherheit um nahezu 10 %.

## 1. Einleitung

Die bei den Hochleistungsmilchkuhen stark ausgeprägte negative Energiebilanz, die durch eine schnell ansteigende Milchleistung und im Vergleich dazu langsam ansteigende Futteraufnahme (FUA) zustande kommt, kann zu Stoffwechselkrankheiten wie Azidose und Ketose führen [3]. Durch eine Erhöhung der FUA kann eine adäquate Versorgung der Tiere mit Energie zu Laktationsanfang sichergestellt werden, wodurch sich die Stoffwechselstabilität und somit auch die Gesundheit der Tiere verbessert [1]. Dies kann nur auf Basis von züchterischen Selektionsentscheidungen sichergestellt werden. Um das Merkmal FUA und damit auch indirekt das Energiesaldo (ES) in das Zuchtziel der Hochleistungsmilchkuh zu integrieren und dieses züchterisch dahingehend zu bearbeiten, die FUA am Laktationsanfang zu steigern, ist es sinnvoll, eine genomische Zuchtwertschätzung durchzuführen [2]. Das Ziel der vorliegenden Untersuchung besteht in der Schätzung genetischer Parameter und Zuchtwerte für das Merkmal FUA unter sowohl einer Nutzung von pedigreebasierten als auch der aus Pedigree und Genomik kombinierten Verwandtschaft (Methode „single-step“).

## 2. Material und Methoden

Für die Varianzkomponenten und Zuchtwertschätzung für die beiden Merkmale FUA und ES standen insgesamt 1374 Holstein-Friesian Kühe (HF) mit einem Leistungsprofil zur Verfügung. Nach der Datenaufbereitung umfassen die phänotypischen Daten 40012 wöchentliche Trockenmasseaufnahmedaten mit einem Mittelwert von  $21,8 \pm 4,3$  kg/Tag. 1128 Kühe dieser phänotypisierten Kühe wurden genotypisiert. Für weitere 35 Tiere ohne phänotypisches Profil lagen Genotypisierungen vor. Für das Fleckvieh (FV) standen insgesamt 327 Phänotypen und 323 Genotypen zur Verfügung.

Die Berechnung der pedigreebasierten Verwandtschaftskoeffizienten erfolgte innerhalb Rasse unter Berücksichtigung von vier Ahnengenerationen mit Hilfe der Prozedur INBREED aus dem SAS-Programmpaket [5]. Die Genotypen wurden mit dem BovineSNP50 BeadChip analysiert. Insgesamt standen nach der Qualitätskontrolle für die Berechnung der genomischen Verwandtschaftskoeffizienten 1163 Tiere und 43.455 SNPs (HF) bzw. 262 Tiere und 45.570 SNPs (FV) zur Verfügung. Unter Verwendung des Programms G-matrix von Madsen et al. [4] wurde die genomische Verwandtschaftsmatrix nach der Methode von VanRaden [6] erstellt. Das genutzte Random-Regressions-Tier-Modell beinhaltet die fixen Effekte Herdentestwoche bzw. Herdengruppentest und Laktationsnummer. Die verwendeten Laktationstage wurden auf den 5. Bis 350. Tag eingeschränkt. Die Modellierung der Laktationskurven erfolgte mit Ali und Schaeffer. Für beide Effekte, dem zufälligen Umwelteffekt und der additiv genetische Effekt, wurde der Legendre Polynom 4. Grades verwendet. Aufgrund der geringen Datenmenge und der daraus resultierenden Divergenz der FV-Schätzläufe konnte nur für die Rasse HF eine genomische Zuchtwertschätzung durchgeführt werden. Die Berechnungen für die Zuchtwertschätzung und die genetischen Parameter wurden mit dem Programmpaket DMU durchgeführt und fanden zum einen mit einem konventionellen Datensatz, unter Nutzung der pedigreebasierten Verwandtschaft, und zum anderen mit einem kombinierten Datensatz, d.h. unter Nutzung der pedigreebasierten und genomischen Verwandtschaft im „single-step“ Verfahren statt. Die finalen Auswertungen der Zuchtwerte, sowie die Berechnung der Sicherheiten, wurden mit dem Statistikpaket SAS [5] durchgeführt.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

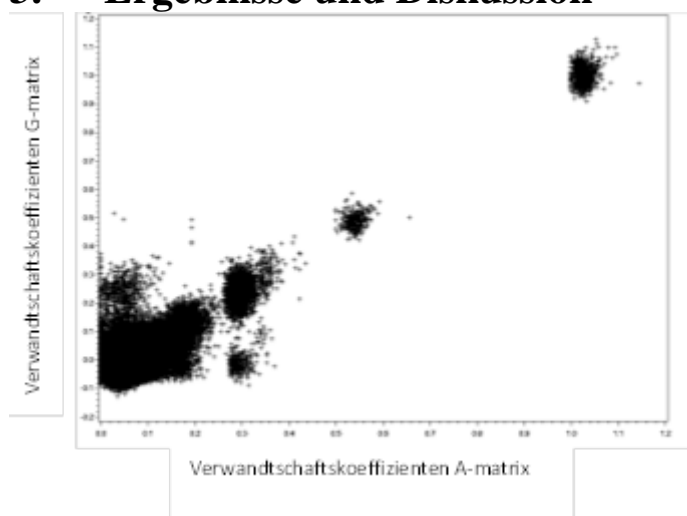


Abb. 1: Gegenüberstellung der Verwandtschaftskoeffizienten der A- und G-Matrizen der Rasse HF

Die Gegenüberstellung der pedigreebasierten bzw. erwarteten mit den genomischen bzw. realisierten Verwandtschaftskoeffizienten ergab weitgehende Übereinstimmungen (siehe Abbildung 1). Lediglich im Bereich der Halbgeschwister ( $r = 0,25$ ) und Vollgeschwister ( $r = 0,50$ ) treten wenige deutliche Abweichungen auf. Unter der Annahme korrekter genomischer Koeffizienten können in diesen Fällen Abstammungsfehler im Pedigree angenommen werden. Die genetischen Korrelationen zwischen aufeinanderfolgenden Laktationsabschnitten zeigen im interessanten Bereich am Beginn der Laktation (40. bis 160. Laktationstag) Schätzwerte zwischen 0,98 und 0,65 für die FUA sowie 0,97 und 0,50 für das ES. Somit liegen im züchterisch zu verbessernden Bereich keine unterschiedlichen Merkmale vor.

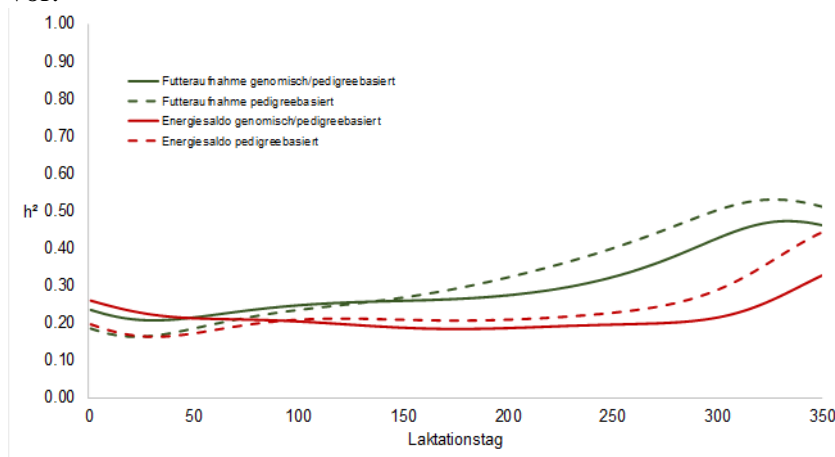


Abb. 2: Vergleich der Heritabilitäten im Laktationsverlauf zwischen den pedigreebasierten und genomisch/pedigreebasierten Daten beim HF

Die Heritabilitäten für die FUA liegen in einem Bereich zwischen  $h^2 = 0,21$  und  $h^2 = 0,47$ , für das ES zwischen  $h^2 = 0,18$  und  $0,38$ . Dabei sind die pedigreebasierten Schätzwerte bis etwa zum 100. Laktationstag niedriger als die genomisch/pedigreebasierten Werte, und die höchste genetische Variation zeigt sich zum Ende der Laktation (Abbildung 2). Eine Selektion auf die FUA im vorderen Drittel der Laktation würde das Futteraufnahmevermögen im Laktationsverlauf unerwünscht steigern. Als mögliche Lösungsansätze könnten eine angepasste Rationsgestaltung oder eine Selektion nach niedrigen Zuchtwerten für den Endlaktationsbereich liefern.

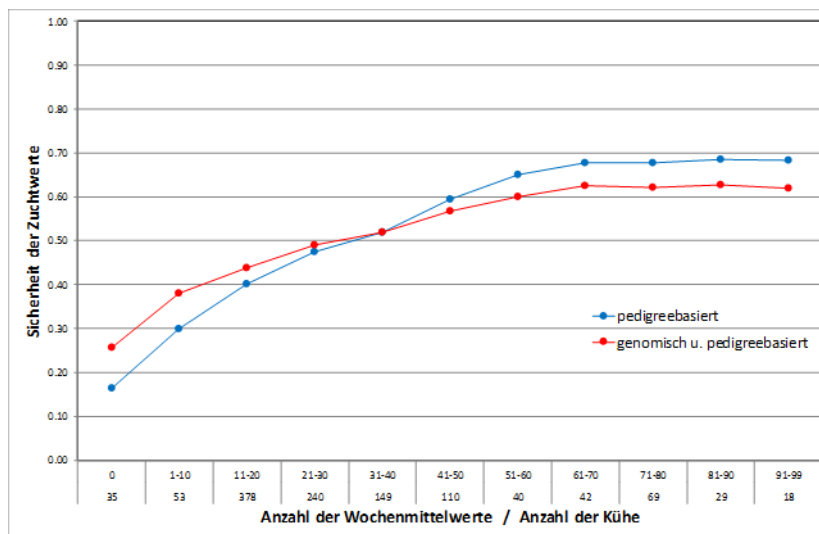


Abb. 3: Sicherheiten der Kuhzuchtwerte für Futteraufnahme beim HF

Die Sicherheiten der Zuchtwerte, ein Maß für die Qualität bzw. Zuverlässigkeit eines geschätzten Zuchtwertes, sind abhängig von der Anzahl und der Qualität der Information und der geschätzten Heritabilitäten. Sowohl für die pedigreebasierte als auch für die pedigreebasierte/genomische Zuchtwertschätzung ergeben sich erwartungsgemäß mit einem Anstieg der Eigenleistungen, d.h. Anzahl der Wochenmittelwerte, höhere Sicherheiten; mit ca. 35 Eigenleistungen erreichen die Kühe eine Sicherheit von ca. 50 % (siehe Abbildung 3). Für die 35 Kühe ohne Leistungsinformation aber mit einer Genotypisierung, d.h. für sogenannte Kandidatentiere, konnte eine genomische Sicherheit von 26 % realisiert werden. Dies entspricht einer Genauigkeit von 0,51 und liegt in internationalen Vergleich (gDMI-Projekt) [7] über den bisher generierten Genauigkeiten. Bei der rein pedigreebasierten Schätzung ergibt sich eine um nahezu 10 % niedrigere Sicherheit der Kandidatenzuchtwerte. Ein Vergleich der Bullenzuchtwerte hat gezeigt, dass hier kein Unterschied zwischen den kombinierten und den konventionellen Daten vorliegt, da die Bullen untypisiert in die Schätzung eingeflossen sind. Eine geringe Anzahl an Bullen mit mehr als 15 Töchtern verdeutlicht eine geringe genetische Verknüpfung der optiKuh-Betriebe, die zukünftig durch einen gemeinsam abgestimmten Bulleneinsatz verbessert werden kann.

#### **4. Schlussfolgerungen**

In dem großen Verbundprojekt optiKuh wurden Futteraufnahme- und Genotypisierungsdaten von insgesamt 1.128 Tieren erhoben. Mit Hilfe der Varianzkomponentenschätzung wurden genomische Heritabilitäten in einem Bereich von 0,21 bis 0,47 herausgefunden. Die Laktationsstadien sind im relevanten Bereich sehr hoch miteinander korreliert, wobei die Korrelation am Anfang der Laktation von vielen Umweltfaktoren beeinflusst ist und daher kritisch betrachtet werden muss. Dennoch eignet sich das standardisierte optiKuh-Datenmaterial hervorragend für die genomische Zuchtwertschätzung im „single-step“-Verfahren, wobei sich dies hauptsächlich auf die Rasse Holstein-Friesian beschränkt, denn die Anzahl der geno- und phänotypisierten Fleckviehkühe war zu gering. Die Auswertungen konnten zeigen, dass eine Einbeziehung der genomischen Information die Sicherheit der Zuchtwerte für FUA bei Kühen mit wenigen oder ohne Beobachtungen signifikant erhöht. Damit die Sicherheiten weiterhin erhöht werden können, ist eine Stichprobenerweiterung unbedingt notwendig.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Coffey, M. P.; Simm, G.; Brotherstone, S. (2002): Energy Balance Profiles for the First Three Lactations of Dairy Cows Estimated Using Random Regression. In *Journal of dairy science* 85 (10), pp. 2669–2678.
- [2] Haas, Y. de; Pryce, J. E.; Calus, M. P. L.; Wall, E.; Berry, D. P.; Lovendahl, P. et al. (2015): Genomic prediction of dry matter intake in dairy cattle from an international data set consisting of research herds in Europe, North America, and Australasia. In *Journal of dairy science* 98 (9), pp. 6522–6534.
- [3] Leesen, R. von; Tetens, J.; Stamer, E.; Junge, W.; Thaller, G.; Krattenmacher, N. (2014): Effect of genetic merit for energy balance on luteal activity and subsequent reproductive performance in primiparous Holstein-Friesian cows. In *J. Dairy Sci.* 97 (2), pp. 1128–1138.
- [4] Madsen, P.; Jensen, J.; Labouriau R.; Christensen, L. G.; Sahana, G. (2013): DMU - A Package for Analyzing Multivariate Mixed Models in quantitative Genetics and Genomics.
- [5] SAS (2012): SAS 9.2 TS Level 1 Mo. Cary, NC27513, USA. In *SAS Institute Inc.*
- [6] VanRaden, P. M. (2008): Efficient methods to compute genomic predictions. In *Journal of dairy science* 91 (11), pp. 4414–4423.
- [7] Veerkamp, R. F.; Pryce, J. E.; Spurlock, D.; Berry, D. P.; Coffey, M. P.; Løvendahl, P. et al. (2013): Selection on Feed Intake of Feed Efficiency: A Position Paper from gDMI Breeding Goal Discussion. In *Interbull Bulletin* (No. 47), pp. 15–22.



# Umsetzung der Zucht auf Futtereffizienz in Milchrinder-Zuchtprogrammen

F. Reinhardt

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

## Zusammenfassung

Die Merkmale Futteraufnahme, residuale Futteraufnahme und Futtereffizienz sind aktuell Thema vieler nationaler und internationaler Forschungsprojekte. In einigen Ländern (USA, Niederlande, Australien) werden erste Zuchtwerte für diesen Merkmalskomplex geschätzt und den Züchtern bereitgestellt. Diese beruhen aber meist auf noch 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. Hier sollte über internationale Kooperationen nachgedacht werden, um größere gemeinsame Lernstichproben zum Nutzen aller zu generieren. Voraussetzung dafür ist allerdings eine harmonisierte Phänotypisierung in allen beteiligten Ländern. Das anzustrebende Merkmal sollte Futtereffizienz, als Funktion aus energiekorrigierter Leistung, Futteraufnahme und Gewicht bzw. Gewichtsveränderung, sein. Eine einmalige Erhebung des Gewichts an einem bestimmten Laktationstag oder sogar seine Schätzung aus Hilfsmerkmalen wie Body Condition Score (BCS) und anderen Exterieurmerkmalen dürfte nicht ausreichen zur Darstellung der Futtereffizienz über den gesamten Laktationsverlauf. 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 aber auf Hilfsmerkmalen und sehr begrenzter 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.

Rodehutsord und Tietze [1] fassten 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 „Futtereffizienz“ (FE) stellt sich dann als folgende Funktion dar:

$$FE = f(\text{Energiekorrigierte Milchmenge, Gewicht, Gewichtsveränderung, Futteraufnahme})$$

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.

### *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 (mindestens Kraftfutteraufnahme) und zum Gewichtsverlauf an mehreren Tagen der Laktation zu erfassen sind. Dies ist in der breiten Fläche bzw. MLP nicht möglich. Es wäre aber zu überlegen, ob nicht in den Testherden zum Aufbau der Kuhlernstichprobe (KuhVision), die ja explizit auch zur Erfassung neuer Merkmale von den Zuchtorganisationen vertraglich gebunden wurden, diese Informationen über automatische Erfassungssysteme (Transponder-Kraftfutterautomaten, Melkroboter mit Waage) zu bekommen wären.

Da bisher Daten zur Futteraufnahme und Gewichten in Deutschland nur aus Teststationen vorliegen und der Aufbau einer kontinuierlichen Datenerfassung in Testherden (z.B. KuhVision) noch viel Zeit benötigt sind auch internationale Kooperationen für Kuhlernstichproben zu überlegen. Allerdings muss dann eine international harmonisierte Erfassung der Merkmale vorangetrieben werden.

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.

Bei der Erfassung der benötigten Einzelinformationen zum Gewicht und zur Futteraufnahme sollten auch zusätzlich weitere herdenspezifische Umweltfaktoren, wie Haltungssysteme, Stallklima, Grobfutterqualität, etc., wenn möglich festgehalten werden, um eine Zuchtwertschätzung für Futtereffizienz zu verbessern.

### 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. 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

Eine korrekte Einbeziehung des Merkmals Futtereffizienz 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. In Modellindexkalkulationen sind dann die erwarteten korrelierten Selektionserfolge in allen ökonomisch wichtigen Merkmalen abzuschätzen. Die theoretisch abgeleiteten, erwarteten Selektionsdifferenziale sollten zusätzlich an realen Daten überprüft 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.

# Überbetriebliche Datenvernetzung in optiKuh

S. Karsten, E. Stamer

TiDa Tier und Daten GmbH, Westensee/Brux

## Zusammenfassung

Im Rahmen von "optiKuh" wurden in dem Datenmanagementsystem "KuhDaM" die Daten von mehreren Versuchsanstalten aus einer Vielzahl von Datenquellen in einem zentralen System zusammengeführt. Umfangreiche Prüfungen zeitnah zur Datenerfassung ermöglichten die umgehende Behebung von Störungen und Fehlern. Über eine Website konnte die Entwicklung von Merkmalen im Versuchsverlauf verfolgt werden. Nach Beendigung der Datenaufnahme erfolgten eine einheitliche Datenaufbereitung und die Bereitstellung aller optiKuh-relevanten Parameter in zwei finalen Dateien. Damit steht allen Projektpartnern das Datenmaterial in einem standardisierten Datenformat für Auswertungen zur Verfügung.

## 1. Einleitung

Untersuchungen zur Futtereffizienz und insbesondere zur Stoffwechselstabilität sowie zu genetischen Zusammenhängen benötigen hohe Tierzahlen. Mit längerfristigen Fütterungsversuchen in dem Verbundprojekt "optiKuh" sollte ein einmaliger Datenpool geschaffen werden, der sowohl die Grundlage für tierernährerische als auch züchterische Fragestellungen bieten sollte. Die erhobenen Daten sollten an einer zentralen Stelle gesammelt, überprüft, verknüpft und für Auswertungen zur Verfügung gestellt werden.

## 2. Material und Methoden

### Datenerfassung

Im Rahmen von "optiKuh" wurden in zwölf Versuchsstationen Fütterungsversuche durchgeführt und eine Vielzahl an Merkmalen erhoben. Folgende tierindividuelle Merkmalskomplexe wurden erfasst:

- Tierdaten (ID, Versuchsgruppe...)
- Körperkondition (BCS, Rückenfettdicke)
- Milchleistung
- Diagnosen
- Milchinhaltsstoffe (wöchentlich)
- Blut- und Harnparameter
- Frischmasseaufnahme
- Spektraldaten der Milch
- Lebendmasse
- Genotypen
- Fruchtbarkeitsdaten (Kalbung, ...)

Zusätzlich wurden die Trockensubstanz- und Nährstoffgehalte der verfütterten Futtermischungen und Milchleistungsfutter erfasst.

Bereits vor Projektbeginn wurde das Datenmanagementsystem "KuhDaM" [1] von fünf der zwölf beteiligten Versuchsbetriebe für die innerbetriebliche Datenzusammenführung genutzt. Für "optiKuh" kamen drei weitere Nutzer hinzu. Mit den übrigen Projektpartnern

wurde ein standardisiertes Übergabeformat der für "optiKuh" relevanten Daten vereinbart. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Datenverarbeitung mit "KuhDaM".

Auf den Betrieben wurden verschiedene Herdenmanagementprogramme und Prozesstechniken eingesetzt, so dass eine Vielzahl an unterschiedlichen Datenquellen und -formaten bei der Weiterverarbeitung berücksichtigt werden musste. In Tabelle 1 wird eine Übersicht über die verwendeten Techniken gegeben.

Tab.1: In den Versuchsstationen verwendete Software und Prozesstechnik

	Herdenmanagementprogramm				Melktechnik						Fütterungstechnik			
	DairyPlan C21	HerdeW	Superkuh	GEA	Metatron	DeLaval	DeIPro	DeLaval	DeIPro VMS	Hokofarm	Hokofarm RIC	Waagen Döhrn	Weihenstephan	Eigenbau
Betrieb 1	x			x										x
Betrieb 2		x					x			x				
Betrieb 3		x					x			x				
Betrieb 4		x		x							x			
Betrieb 5	x			x									x	
Betrieb 6	x			x						x				
Betrieb 7	x							x					x	
Betrieb 8			x						x	x				

Es wurde vor Ort ein automatischer Datenexport für Routinedaten aus der jeweiligen Software und Prozesstechnik eingerichtet. Neben diesen täglich erstellten Dateien wurden weitere Beobachtungswerte erfasst, die entweder im Herdenmanagementprogramm oder in Excellisten eingegeben wurden. Hinzu kamen weitere Datenquellen, z.B. die ADIS/ADED-Dateien mit den monatlichen Milchkontrollergebnissen sowie wöchentliche Milchanalysen aus unterschiedlichen Laboren. Diese Fülle an Datenquellen führte zu einer Vielzahl unterschiedlichster Datenformate.

## Datenprüfung

Die erfassten Daten wurden nach Listenerstellung automatisch nach Kiel transferiert und dort unmittelbar einer Prüfung unterzogen. Neben der Überprüfung, ob alle erwarteten Daten erhoben und transferiert wurden, erfolgte eine Kontrolle der Beobachtungswerte auf biologische und technische Plausibilität (z.B. Verwendung eines korrekten Schlüsselattributs für die Zuordnung der Daten). Außerdem erfolgte ein tägliches Technikmonitoring, um frühzeitig Störungen aufdecken zu können. Durch zeitnahe Rückmeldungen an die

entsprechenden Ansprechpartner konnten Fehler zeitnah korrigiert und technische Störungen in der Datenerfassung oder im Datentransfer innerhalb von kurzer Zeit behoben werden.

## **Datenzusammenführung und –speicherung**

Bereits zu Projektbeginn gab es die relationale Datenbank "KuhDaM", implementiert mit PostgreSQL, die es erlaubt, viele der auf Versuchseinrichtungen erhobenen Merkmale zentral zu speichern und miteinander zu verknüpfen. Dieses bestehende System wurde an die projektspezifischen Erfordernisse angepasst und erweitert (z.B. Berücksichtigung von Blut- und Harnparametern).

Nach Implementierung des erweiterten Datenbankmodells erfolgte die Programmierung von Schnittstellenprogrammen für die Übernahme der Daten aus den einzelnen Datenquellen. Obwohl für einige Merkmalskomplexe ein einheitliches Listenformat vereinbart worden war (z.B. Blut- und Harnparameter, Futternährstoffgehalte, Körperkondition), mussten bei der Weiterverarbeitung einzelbetriebliche Besonderheiten berücksichtigt werden (z.B. unterschiedliche Identifikationsnummern der Tiere oder Maßeinheiten).

Beim Einspielen in die Datenbank erfolgte die Überprüfung der erfassten Daten auf Konsistenz und Integrität mit den bereits vorliegenden Daten. Insbesondere auf die Identitäten der Tiere sowie die Gruppenzugehörigkeiten wurde ein großes Augenmerk gelegt.

Die Rohdaten wurden archiviert und ebenso wie die Datenbank täglich gesichert.

## **Datenverarbeitung**

Beim Einspielen der Daten in die Datenbank wurden Fehlerberichte erstellt sowie automatisch e-mails mit Protokollen an die Betriebe verschickt. Ferner wurde eine Website für das Versuchsmonitoring angeboten, die Einsicht in die Entwicklung einzelner Parameter im Versuchsverlauf gab.

Für das Versuchsmonitoring und erste innerbetriebliche Auswertungen wurden weiterhin konsistente Daten in gewünschter Form hinsichtlich Tiergruppe, Zeitraum und Merkmalskombination bereitgestellt.

Nach Abschluss der Zusammenführung der Routine- sowie sonstiger versuchsrelevanter Daten wurden diese für alle Betriebe einheitlich und nach gemeinsam entwickelten Vorgaben aufbereitet. In Absprache mit der jeweiligen Station wurden die Daten für bestimmte auffällige Tage gelöscht und nur die Messwerte in dem Wertebereich Mittelwert  $\pm$  4 Standardabweichungen innerhalb Betrieb in dem Datensatz belassen. In diesem Schritt wurden auch die von den "Nicht-KuhDaM-Betrieben" zur Verfügung gestellten Listen einbezogen.

Den Projektpartnern wurden jeweils zwei finale Auswertungsdateien übergeben: Die eine Datei enthielt für jedes Versuchstier und Datum je eine Datenzeile mit allen erfassten Merkmalen in täglicher Auflösung zusammengefasst, ergänzt um die allgemeinen Angaben zum Betrieb sowie tierindividuelle Angaben wie Versuchsgruppe und Laktationsnummer oder Laktationstag. Die zweite Auswertungsdatei enthielt die Energiesalden, jeweils berechnet als Mittelwert einer Kalenderwoche, sowie die in die Berechnung eingegangenen Größen und die allgemeinen Angaben zum Betrieb und tierindividuelle Angaben.

Diese Dateien wurden zum einen jeweils innerbetrieblich an die Stationen als auch für die überbetrieblichen Auswertungen (z.B. genomische Zuchtwertschätzung, Ableitung von

Referenzwerten für die Blut- und Harnparameter) weitergegebenen. Durch die vorangegangenen Prüfungen, die einheitliche Aufbereitung und das einheitliche Format wurde eine direkte Übernahme in die statistischen Auswertungen ermöglicht.

### **3. Diskussion**

Durch die tägliche, automatische Datenverarbeitung konnten den Betrieben zeitnah Hinweise auf technische Probleme gegeben werden, die ohne diese zeitnahe Verarbeitung wahrscheinlich erst sehr viel später aufgefallen wären. Für einen reibungslosen Ablauf ist eine frühzeitige Information über Aktionen, die die Datenerfassung beeinflussen (z.B. Softwareupdates) wünschenswert. Insbesondere die Zuordnung von Tieren zu den Haltings- und Fütterungsgruppen sollte zeitnah gepflegt werden, da eine nachträgliche Bearbeitung einen ungleich höheren Arbeitseinsatz erfordert. Außerdem ist nur so ein Monitoring der einzelnen Gruppen im laufenden Versuch möglich. Die Futtergruppe ist die zentrale Größe zur Verknüpfung der Nährstoffgehalte mit den aufgenommenen Futtermengen eines Tieres.

Nur durch das Festlegen auf einheitliche Formate ist eine standardisierte Weiterverarbeitung möglich. Ein manuelles Nachbearbeiten sollte aufgrund des Zeitaufwands vermieden werden. Intern durchgeführte Vergleiche zeigten, dass die statistische Aussage nahezu unverändert bleibt, unabhängig davon, ob die Datenaufbereitung mit pauschalen Grenzwerten innerhalb Gruppe erfolgt oder tierindividuell, manuell korrigiert wird.

### **4. Schlussfolgerungen**

Das zentrale Datenmanagementsystem "KuhDaM" ermöglichte es, alle im Rahmen des Projekts "optiKuh" erfassten Daten in einem System zusammenzufassen und überbetrieblich zu verknüpfen. Durch die zeitnahe Verarbeitung nach der Datenerfassung konnten Störungen in der Prozesstechnik und andere Fehler rasch aufgedeckt werden, die andernfalls für längere Datenausfälle gesorgt hätten.

Die für alle beteiligten Betriebe einheitliche Datenaufbereitung führte zu einem konsistenten Datenbestand in einem einheitlichen Datenformat, der direkt in die Auswertungen übernommen werden konnte.

### **5. Literaturverzeichnis**

[1] Karsten, S., Stamer, E., Kramer, E., Junge, W., Kalm, E. (2007): Management tools coupled with a database to support dairy farmers in decision making. 58<sup>th</sup> EAAP Annual Meeting Dublin, Book of Abstracts No. 13, 119

### 3.4. Themenblock III – Milchproduktion und Umweltwirkung

## Evaluierung der Methanmessung mit dem Laser-Methan-Detektor

D. Sorg, S. Mühlbach, F. Rosner, J. Kecman, H. H. Swalve

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

### Zusammenfassung

Der Laser-Methan-Detektor (LMD) ist ein handliches, tragbares Gerät zur Messung von CH<sub>4</sub>-Konzentrationen in der Luft. Ursprünglich wurde es für die Lecksuche in Industrie und Bergbau entwickelt. Neben anderen On-Farm-Methoden wird es auch für die Messung von CH<sub>4</sub>-Emissionen von Milchkühen eingesetzt. Im Projekt optiKuh wurde für den LMD ein Protokoll entwickelt, mit dem unter Praxisbedingungen standardisierte Merkmale für die genetische Selektion auf weniger CH<sub>4</sub>-Emission gemessen werden können. Der Sensor des LMD ist ähnlich genau wie die Sensoren von Respirationsskammern, um niedrige und schwankende CH<sub>4</sub>-Konzentrationen in der Atemluft von Kühen zu quantifizieren. Profile der Atemluft der Kuh, direkt am Kuhmaul gemessen, sollten zwischen 2–5 min lang sein und können aus bis zu 2,5 m Abstand erfasst werden. Folgende Merkmale wurden definiert: mean (=Mittelwert aller Werte in einem Profil), pmean (=Mittelwert aller Spitzenwerte, zugleich die durchschnittliche Konzentration aller Atemzüge), rmean (=Mittelwert aller Ruktusspitzen), und rmean (=Mittelwert der Maxima aller Ruktusevents). Einflüsse auf die Messung (Windgeschwindigkeit, Messwinkel, Gerät, bedienende Person, Tageszeit, Aktivität der Kuh) sollten standardisiert werden oder dokumentiert werden, um sie später im statistischen Modell berücksichtigen zu können. Im Vergleich des LMD mit zwei anderen praxistauglichen Messmethoden für CH<sub>4</sub> (Sniffer, GreenFeed) konnte eine ähnliche Rangierung festgestellt werden. Mit dem hier erarbeiteten Protokoll kann der LMD verwendet werden, um die individuelle CH<sub>4</sub>-Konzentration von Kühen unter Praxisbedingungen zu erfassen und um herden- und länderübergreifende Vergleiche anzustellen.

### 1. Einleitung

CH<sub>4</sub>-Emissionen bedeuten nicht nur einen Energieverlust aus dem Futter, sondern tragen auch maßgeblich zum Treibhauseffekt bei, da CH<sub>4</sub> ein 21-fach höheres Erwärmungspotenzial als CO<sub>2</sub> besitzt. Daher werden verschiedene Strategien diskutiert, um die CH<sub>4</sub>-Emissionen von Wiederkäuern zu verringern. Es wird versucht, über eine veränderte Futterzusammensetzung und über Futterzusatzstoffe, die die methanogenen Archaeen hemmen, Einfluss zu nehmen. Auch ein verbessertes Management und verbesserte Haltungsbedingungen, die die Gesamteffizienz des Produktionssystems erhöhen, sind eine wirkungsvolle Maßnahme. Aus Sicht der Tierzucht kann über eine genetische Selektion auf Tiere mit geringerem CH<sub>4</sub>-Ausstoß die CH<sub>4</sub>-Emission des Einzeltieres gesenkt werden. Dafür benötigt man eine hohe Anzahl an Tieren mit individuellen Daten zum CH<sub>4</sub>-Ausstoß. Solche CH<sub>4</sub>-Merkmale sollten zudem flächendeckend auf Praxisbetrieben ein-



fach und kostengünstig erfassbar sein. Für diese Messungen wurden zahlreiche Verfahren entwickelt. Die genaueste Methode ist die Respirationskammer, ein geschlossenes System, in dem eine komplette Bilanzierung der Gaszusammensetzung der einströmenden und ausströmenden Luft möglich ist [1, 2]. Diese Methode ist jedoch aufwändig und teuer, und kann nur wenige Tiere gleichzeitig vermessen. Deshalb ist sie für genetische Studien nicht geeignet. Unter Praxisbedingungen haben sich andere Methoden durchgesetzt. So wird zum Beispiel der „Sniffer“ in Futtertrögen von Fütterungsautomaten und Automatischen Melksystemen (AMS) eingebaut. Ein Schlauch saugt kontinuierlich Luft im Trog an, während eine Kuh daraus frisst. Die Luft wird zu einem Sensor transportiert, der die  $\text{CH}_4$ - und in einigen Systemen auch die  $\text{CO}_2$ -Konzentration in dieser Probe der Atemluft der Kuh erfasst. Aus solchen Profilen kann eine Hochrechnung der produzierten  $\text{CH}_4$ -Menge vorgenommen werden [3, 4]. Ein kommerzielles Produkt für ein ähnliches Gerät ist mit dem GreenFeed [5] bereits auf dem Markt erhältlich. Hier wird etwas Lockfutter abgegeben, so dass der GreenFeed flexibel im Stall oder auf der Weide aufgestellt werden kann. Alle Sniffer sind stationär bzw. semi-stationär und messen die  $\text{CH}_4$ -Produktion nur während einer bestimmten Aktivität, dem Fressen. Dafür sind sie vollautomatisch und liefern viele Daten über einen beliebig wählbaren Zeitraum. Ein anderes Messprinzip macht sich die Schwefel-Hexafluorid-Methode ( $\text{SF}_6$ ) zunutze: ein Bolus mit einer bekannten Abgaberate des Markergases  $\text{SF}_6$  wird in den Pansen eingegeben. Am Maul des Tieres ist ein Schlauch befestigt, der über einen Tag lang kontinuierlich eine Probe der Atemluft ansaugt und in einem Vakuumkanister auf dem Rücken der Kuh sammelt. Aus dem Konzentrationsverhältnis von  $\text{SF}_6$  und  $\text{CH}_4$  in der gesammelten Luft kann die  $\text{CH}_4$ -Menge berechnet werden. Diese Methode ist flexibel im Stall oder auf der Weide einsetzbar, erfordert aber einige Erfahrung und Sorgfalt bei der Durchführung. Im Projekt optiKuh wurde der Laser-Methan-Detektor (LMD) als neue Methode zur Erfassung von  $\text{CH}_4$ -Konzentrationen bei Kühen untersucht. Das Ziel war, ein anwendungsbereites Messprotokoll zur Datenerfassung mit dem LMD zu entwickeln und zu untersuchen, ob sich die Methode eignet, um auf Versuchs- und Praxisbetrieben individuelle Merkmale der  $\text{CH}_4$ -Produktion bei Kühen zu erfassen. Es wurden verschiedene Versuche mit dem LMD angestellt, um Fragen zu Genauigkeit, Übereinstimmung mehrerer LMD-Geräte, Ausdehnung der Methanwolke vor der Kuh, der optimalen Länge eines aufgezeichneten Profils und anderen Einflussgrößen auf die Messung zu klären. Außerdem wurden  $\text{CH}_4$ -Konzentrationen, die mit dem LMD gemessen wurden, mit Daten von einem GreenFeed und zwei Sniffern unter Praxisbedingungen verglichen.

## 2. Der Laser-Methan-Detektor

Der Laser-Methan-Detektor (LMD; LaserMethane Mini-g, Tokyo Gas Engineering Solutions, Tokyo, Japan) wurde entwickelt, um aus sicherer Distanz Gaslecks im Bergbau und in der Industrie aufzuspüren. Der LMD verwendet Laser-Absorptionsspektroskopie mit einer Wellenlänge, die spezifisch nur von  $\text{CH}_4$  absorbiert wird. Der ausgesandte Laserstrahl wird am Maul der Kuh reflektiert und wieder aufgefangen. Das Lasersignal wird durch  $\text{CH}_4$ -Moleküle in der Luft auf dem Weg abgeschwächt und misst so die kumulative  $\text{CH}_4$ -Konzentration in der Luft in  $\text{ppm} \times \text{m}$  [6-8] (Abbildung 1).

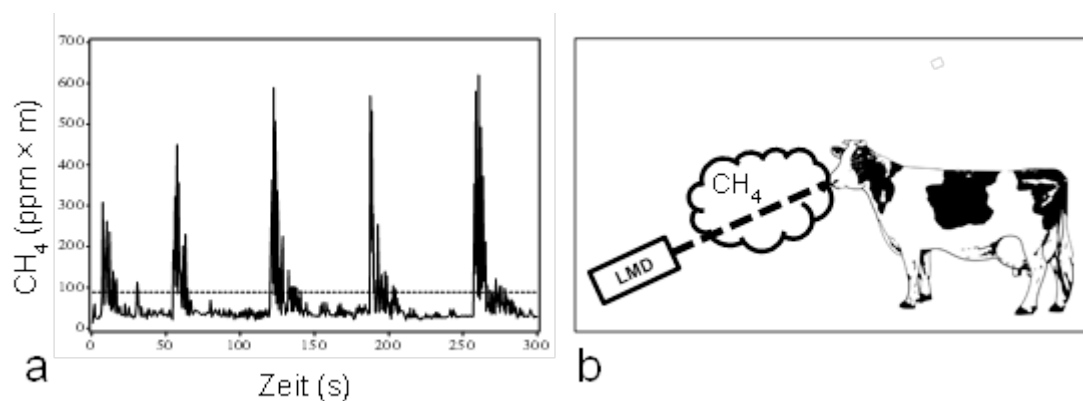


Abb. 1: Messung mit dem Laser-Methan-Detektor (LMD): a) Profil der CH<sub>4</sub>-Konzentration unterteilt in Ruktus (oberhalb der gestrichelten Linie) und Atmung (unterhalb) b) Schema der Messung.

### 3. Versuche mit dem LMD

#### Technische Genauigkeit des Sensors – Vergleich mit Respirationskammern

In Respirationskammern mit Kühen stellte sich eine gute Übereinstimmung mit den Sensoren der Kammern bei der Messung der Konzentration von CH<sub>4</sub> in der Kammerluft heraus [6]. Auch Aktivitätsunterschiede der Kühe (Stehen, Fressen, Trinken, Wiederkauen etc.) konnten hier, ähnlich wie durch die Kammersensoren, nachgewiesen werden. Zwei baugleiche und zum selben Zeitpunkt hergestellte LMD-Geräte stimmten zudem bei dieser Messung sehr gut miteinander überein, was notwendig ist, wenn mehrere Geräte parallel eingesetzt werden.

#### Definition von Merkmalen aus einem Profil

Aus 1–3 m Distanz wurden Profile der ausgeatmeten CH<sub>4</sub>-Konzentration über 2–5 min mit zwei Datenpunkten pro Sekunde aufgezeichnet. Daraus wurden verschiedene Methanmerkmale wie zum Beispiel der Mittelwert aller CH<sub>4</sub>-Spitzen in einem Profil (pmean) berechnet. Indem die Anzahl Spitzen in einem Profil mit der tatsächlich beobachteten Atemfrequenz verglichen wurde, konnte gezeigt werden, dass jede Spitze im Profil eine Ausatmung darstellt und so pmean die durchschnittliche CH<sub>4</sub>-Konzentration in der Atemluft angibt [9]. Weitere Merkmale sind der Mittelwert aller Werte in einem Profil (mean), der Mittelwert aller Ruktusspitzen (rpmean) oder der Mittelwert aller Maxima der einzelnen Ruktusevents (remean). Ein Ruktusevent besteht dabei aus einer Serie von Ruktusspitzen hintereinander [9].

#### Ausdehnung der „Methanwolke“ im Raum

Hier wurde überprüft, wie weit die CH<sub>4</sub>-„Wolke“ der ausgeatmeten Luft in den Raum hineinreicht. Dies ist wichtig, um abzuschätzen, um wie viel sich die gemessene kumulierte CH<sub>4</sub>-Konzentration erhöht, wenn man im Abstand von mehreren Metern zum Tier misst. Auf 1 m Abstand gibt der LMD genau ppm an, was aber in der Praxis oft nicht praktikabel ist. Ein größerer Abstand zum Tier muss meist gewählt werden, wenn Kühe, die keinen engen Menschenkontakt gewohnt sind, sonst in ihrem natürlichen Verhalten gestört werden oder versuchen, der Messung auszuweichen. Deshalb wurde vor am Fressgitter fixierten Kühen (n=26) in steigenden Abständen (0,1–2,5 m) die lokale CH<sub>4</sub>-Konzentration quer zur Kuh für 60 s auf 1 m Abstand in ppm gemessen. Über 0,3 m fielen die Konzentrationen deutlich ab (Mittelwert bei 0,1–0,3 m: 25–36 ppm; 0,4–2,5 m: 3–13 ppm). Zwischen 0,4 m und 2,5 m unterschieden sich die lokalen Konzentration nicht signifikant (p<0,05),

während die Konzentrationen bei 0,4–2,5 m signifikant tiefer waren als bei 0,1–0,3 m ( $p < 0,05$ ). Das ausgeatmete  $\text{CH}_4$  verdünnt sich recht schnell im Raum. Die Verzerrung durch die Aufsummierung der  $\text{CH}_4$ -Konzentration bei größeren Abständen als 1 m scheint vernachlässigbar zu sein.

#### *Optimale Länge eines Profils*

Die ursprüngliche Länge von 5 min für ein Profil wurde nach Protokollen aus der Literatur [8] und persönlicher Mitteilung durch Prof. Mizeck Chagunda (Universität Hohenheim) gewählt. Aus 2.021 Profilen wurden die oben genannten Merkmale ausgelesen, nachdem sie jeweils um 1 min gekürzt wurden.  $p_{\text{mean}}$  lag nur bei 1 min Länge signifikant höher (122,8 ppm  $\times$  m) als bei 2 bis 5 min (120,6–121,3 ppm  $\times$  m;  $p < 0,05$ ).  $r_{\text{pmean}}$  lag bei 1 und 2 min Länge signifikant tiefer (276,8–284,9 ppm  $\times$  m) als bei 3–5 min (289,3–291,2 ppm  $\times$  m;  $p < 0,05$ ). Kürzere Profile von 2 min haben dieselbe Aussagekraft wie die bisher verwendeten 5-Minuten-Profile. Mit kürzeren Messzeiten kann eine höhere Tierzahl in der gleichen Zeit erreicht werden.

#### *Faktoren mit Einfluss auf die Messung*

Mittels eines gemischten linearen Modells wurde der Einfluss der fixen Effekte Messwinkel (vorne/seitlich auf das Kuhmaul;  $n=1.402$  Profile), LMD (3 baugleiche Geräte;  $n=570$ ), bedienende Person (A, B, C;  $n=520$ ), Tageszeit (vormittags/nachmittags;  $n=1.402$ ) und Aktivität der Kuh (hier nur stehend wiederkäuend/liegend wiederkäuend;  $n=1.399$ ) auf  $p_{\text{mean}}$  untersucht. Die Profile wurden für 5 min und aus 2 m Abstand an liegenden und stehenden Kühen beim Wiederkauen erfasst, ohne die Kühe zu fixieren. Die Daten stammten von zwei Versuchsbetrieben (FBN Dummerstorf und Zentrum für Tierhaltung und Technik der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Iden) und wurden so ausgewählt, dass die einzelnen fixen Effekte unabhängig voneinander verteilt waren. Dabei wurde jeder Effekt einzeln, zusammen mit einem zufälligen Tiereffekt und dem zufälligen Resteffekt mit SAS proc mixed (SAS 9.4, The SAS Institute, Cary, NC, USA) modelliert. Alle Effekte hatten einzeln einen geringen, jedoch signifikanten Einfluss ( $p < 0,05$ ) auf  $p_{\text{mean}}$ . Der unterschiedliche Messwinkel kann dazu führen, dass die Atemluft der Kuh vom Laserstrahl mehr oder weniger abgedeckt wird. In diesem Versuch war die Rangierung nach Messwinkel zudem nicht konsistent, da die Ställe baulich sehr unterschiedlich waren (Iden: vorne 100,6 ppm  $\times$  m, seitlich 93,1 ppm  $\times$  m; FBN: vorne 81,6 ppm  $\times$  m, seitlich 73,0 ppm  $\times$  m). Obwohl alle drei Geräte baugleich waren, erfasste das dritte, neuere Gerät leicht abweichende Werte (101,1 ppm  $\times$  m), während die beiden gleichzeitig erworbenen Geräte sich nicht unterschieden (85,1 und 85,6 ppm  $\times$  m). Hier wäre es interessant, in einem Langzeitversuch eine mögliche Drift über die Zeit zu untersuchen. Der LMD besitzt eine eingebaute  $\text{CH}_4$ -Zelle, mit der er jederzeit kalibriert werden kann. Trotzdem scheint es hier leichte Abweichungen zu geben. Der Personenunterschied liegt wahrscheinlich an der Körpergröße und Unterschieden in der Zielführung des Lasers. Hier unterschied sich nur Person C (97,0 ppm  $\times$  m) von A und B (85,5 und 86,5 ppm  $\times$  m). Vormittags hatten die Kühe im Durchschnitt leicht höhere  $\text{CH}_4$ -Konzentrationen (88,0 ppm  $\times$  m) als nachmittags (82,7 ppm  $\times$  m), was zu erwarten war, da die Futterration morgens vorgelegt wurde. Die  $\text{CH}_4$ -Konzentrationen während der beiden hier untersuchten Aktivitäten stehend wiederkäuend (91,5 ppm  $\times$  m) und liegend wiederkäuend (84,1 ppm  $\times$  m) waren ebenfalls leicht verschieden. Der biologische Hintergrund hiervon ist noch unklar. Es wurde jedoch schon mehrfach beschrieben, dass die Aktivität der Kuh einen Einfluss auf die gemessene  $\text{CH}_4$ -Konzentration haben kann [6, 8]. Für jeden neuen Datensatz sollten mittels Modellentwicklung alle möglichen Einflussfaktoren überprüft werden.

Parallel erfolgte eine Messung der Windgeschwindigkeit mit einem Hitzedraht-Anemometer (PCE Deutschland GmbH, Meschede, Deutschland). Dafür wurde vor und nach jeder Messperiode, die aus 2–3 Stunden innerhalb eines Vormittags oder Nachmittags bestand, die lokale Windgeschwindigkeit an drei ausgewählten, gleichmäßig über das Stallabteil verteilten Orten erfasst. Der Mittelwert aus allen Messungen einer Messperiode war die durchschnittliche Windgeschwindigkeit für alle CH<sub>4</sub>-Messungen dieser Messperiode. In Auswertungen von verschiedenen Datensätzen zeigte sich, dass mit steigender Klasse der Windgeschwindigkeit ( $\leq 0,26$ ;  $0,27-0,46$ ;  $0,47-0,66$ ;  $\geq 0,67$  m/s) signifikant ( $p < 0,05$ ) leicht sinkende CH<sub>4</sub>-Werte zu verzeichnen waren, da sich wahrscheinlich CH<sub>4</sub> schneller in der Atmosphäre verdünnte.

#### *Vergleich mit GreenFeed und Sniffer*

Bei einem Versuch mit 11 Kühen über 4 Tage am FBN Dummerstorf wurde  $p_{\text{mean}}$  mit der durchschnittlichen täglichen CH<sub>4</sub>-Produktion in g, erfasst mit einem Large Animal GreenFeed (C-Lock Inc. Rapid City, SD, USA), verglichen. Die Rangierung der Kühe war mit beiden Methoden ähnlich (Repeated-Measures-Korrelation 0,66) und es konnte eine Schätzformel aus  $p_{\text{mean}}$  in der Form  $\text{CH}_4/\text{Tag} = a \times p_{\text{mean}} + b$  abgeleitet werden [9]. Diese wurde verwendet, um den LMD mit der CH<sub>4</sub>-Produktion in g/Tag von Kühen auf einem Praxisbetrieb in Polen (n=34 Kühe) und einem Versuchsbetrieb der Universität Aarhus in Dänemark (n=39 Kühe) zu vergleichen. Dort wurde die CH<sub>4</sub>-Produktion mit einem Sniffer im AMS gemessen. Sniffer und LMD zeigten auch hier eine ähnliche Rangierung der Kühe (Repeated-Measures-Korrelation Dänemark; 0,57; Polen: 0,60) [9]. Mit dem LMD erhält man zwar andere Absolutwerte als mit GreenFeed und Sniffer, was aber an den unterschiedlichen Methoden, Messbedingungen und Aktivitäten der Kühe liegt. Für die Zucht ist eher eine Rangierung der Kühe wichtig und weniger der absolute CH<sub>4</sub>-Ausstoß. So könnten diese Methoden kombiniert werden, um länderübergreifende größere Datensätze für genetisch-statistische Auswertungen zu erzielen.

## **4. Schlussfolgerungen**

Der LMD ist ein flexibles, handliches Messgerät, das unter verschiedenen Einsatzbedingungen im Stall verwendet kann, um individuelle CH<sub>4</sub>-Konzentrationen in der ausgeatmeten Luft von Milchkühen zu erfassen. In diesem Projekt wurden wichtige Einflussgrößen auf die Messung untersucht. Es ist wichtig, diese möglichst konstant zu halten, um eine Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten. Wo dies nicht möglichst ist, sollten diese Einflüsse dokumentiert werden, damit sie bei der Auswertung im statistischen Modell berücksichtigt werden können. Die wichtigsten Einflüsse ergeben sich aus den Umweltbedingungen, die bei der Messung vorherrschen (Windgeschwindigkeit) sowie aus den Messbedingungen, die durch die Versuchsanstellenden selbst gewählt werden können (Aktivität der Kuh, Tageszeit, Messdistanz, Messwinkel, Messdauer, LMD-Geräte, bedienende Personen).

Im Projekt optiKuh wurde ein standardisiertes Protokoll zur Messung und zur Verarbeitung von Daten mit dem LMD erarbeitet und erfolgreich angewendet. Der LMD kann eingesetzt werden, um Herden auf verschiedenen Betrieben und in verschiedenen Ländern, oder stationäre On-Farm-Messgeräte für CH<sub>4</sub> miteinander zu vergleichen. In weiteren Arbeiten wird geprüft, wie diese individuellen Methanphänotypen von Kühen für eine genetische Selektion auf geringere Methanemission erfasst werden können.

*Wir danken der EU COST Action METHAGENE “Large-scale methane measurements on individual ruminants for genetic evaluations” (methagene.eu) für die Unterstützung.*

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Derno, M., Elsner, H.G., Paetow, E.A., Scholze, H., Schweigel, M. (2009): Technical note: a new facility for continuous respiration measurements in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 92, 2804-8.
- [2] Buehler, K., Wanner, M. (2014): Chapter 6: Metabolic Centre of the University of Zurich and ETH Zurich (under construction. In: Pinares, C., Waghorn, G. (Herausgeber): Technical manual on respiration chamber designs. Wellington, New Zealand: Ministry of Agriculture and Forestry; 2014. S. 89-106. Zuletzt besucht am 25.02.2018 unter [www.globalresearchalliance.org/research/livestock/%20activities/knowledge/chamber-designs/](http://www.globalresearchalliance.org/research/livestock/%20activities/knowledge/chamber-designs/).
- [3] Garnsworthy, P.C., Craigon, J., Hernandez-Medrano, J.H., Saunders, N. (2012): On-farm methane measurements during milking correlate with total methane production by individual dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95, 3166-80.
- [4] Lassen, J., Løvendahl, P., Madsen, J. (2012): Accuracy of noninvasive breath methane measurements using Fourier transform infrared methods on individual cows. *J. Dairy Sci.* 95, 890-898.
- [5] Hristov, A.N., Oh, J., Giallongo, F., Frederick, T., Weeks, H., Zimmerman, P.R., Harper, M.T., Hristova, R.A., Zimmerman, R.S., Branco, A.F. (2015): The Use of an Automated System (GreenFeed) to Monitor Enteric Methane and Carbon Dioxide Emissions from Ruminant Animals. *JoVe.* e52904.
- [6] Sorg, D., Mühlbach, S., Rosner, F., Kuhla, B., Derno, M., Meese, S., Schwarm, A., Kreuzer, M., Swalve, H.H. (2017): The agreement between two next-generation laser methane detectors and respiration chamber facilities in recording methane concentrations in the spent air produced by dairy cows. *Comput. Electron. Agric.* 143, 262-272.
- [7] Chagunda, M.G.G., Ross, D., Roberts, D.J. (2009): On the use of a laser methane detector in dairy cows. *Comput. Electron. Agric.* 68, 157-160.
- [8] Chagunda, M.G.G., Ross, D., Rooke, J., Yan, T., Douglas, J.-L., Poret, L., McEwan, N., Teeranavattanakul, P., Roberts, D. (2013): Measurement of enteric methane from ruminants using a hand-held laser methane detector. *Acta Agr. Scand. A-An.* 63, 68-75.
- [9] Sorg, D., Difford, G.F., Mühlbach, S., Kuhla, B., Swalve, H.H., Lassen, J., Strabel, T., Pszczola, M. (eingereicht): Comparison of the laser methane detector with the GreenFeed and two sniffer breath samplers for on-farm measurements of CH<sub>4</sub> emissions from dairy cows. *Comput. Electron. Agric.* (eingereicht).

# Schätzung genetischer Parameter der Methanemission auf Basis von Praxisbetrieben

S. Mühlbach, D. Sorg, F. Rosner, J. Kecman, H.H. Swalve

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

## Zusammenfassung

Aus Gründen der Effizienz des Tieres und des Umweltschutzes wird die Verringerung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Milchviehhaltung angestrebt. Für eine züchterische Bearbeitung der Methanemission wird ein Messverfahren benötigt, das unter Praxisbedingungen schnell, einfach, nicht-invasiv und an vielen Tieren anwendbar ist. Für dieses Projekt wurde daher der tragbare Laser-Methan-Detektor als neue Methode zur Erfassung von Methanphänotypen untersucht. Mit Hilfe von drei Laser-Methan-Detektoren (LMD) wurden Profile der CH<sub>4</sub>-Konzentration in der Atemluft von 840 Milchkühen auf Praxis- und Versuchsbetrieben erfasst. Dazu wurden aus jedem Profil die CH<sub>4</sub>-Phänotypen  $p_{mean}$  (Mittel aller CH<sub>4</sub>-Spitzen),  $remean$  (Mittel aller Maxima der Ruktusevents),  $gCH_4$  (physikalische Schätzung der tgl. CH<sub>4</sub>-Emission) und  $gCH_4_{GF}$  (Schätzung der tgl. CH<sub>4</sub>-Emission, anhand von GreenFeed-Daten validiert) berechnet.  $p_{mean}$  schwankte zwischen 21–404 ppm × m und  $remean$  von 56–1.482 ppm × m. Die Werte für  $gCH_4$  und  $gCH_4_{GF}$  betragen im Mittel 120 g/d und 415 g/d. Die Schätzung der Heritabilität erfolgte mittels eines linearen Tiermodells mit den fixen Effekten Betriebsbesuch × Klasse der Windgeschwindigkeit oder Betriebsbesuch × Fütterungsgruppe, LMD × Bediener, Laktationstagklasse und Tagesmilchmenge und Körpergewicht als Kovariablen. Die Heritabilitäten der wiederholten Beobachtungen betragen für  $p_{mean}$  /  $gCH_4_{GF}$ ,  $remean$  und  $gCH_4$  0,07, 0,05 und 0,08. Die Mittelwerte der Beobachtungen pro Kuh zeigten höhere Heritabilitäten von 0,22, 0,08 und 0,27. Die phänotypischen und genetischen Korrelationen zwischen den Merkmalen waren erwartungsgemäß hoch. Es zeigte sich, dass der LMD in der Lage ist, die Variation der CH<sub>4</sub>-Konzentration der Kühe zu erfassen, so dass niedrige bis moderate Heritabilitäten geschätzt werden konnten.

## 1. Einleitung

Eine größer werdende Spanne zwischen anfallenden Kosten und Erlösen aus der Produktion [1] richtet den Blick von Milchviehhaltern verstärkt auf leistungsstarke und effiziente Kühe. Die CH<sub>4</sub>-Emission von Milchkühen spielt hierbei eine hervorzuhebende Rolle, da die Kuh dabei einen Energieverlust von 2–12 % der aufgenommenen Bruttoenergie erleidet [2]. Außerdem ist CH<sub>4</sub> ein wichtiges Treibhausgas, welches es zu vermindern gilt. Eine Möglichkeit der Verminderung der CH<sub>4</sub>-Produktion bei Kühen stellt die genetische Selektion auf Tiere mit geringen Emissionen bei gleicher Fütterung und Milchproduktion dar. Es wird angenommen, dass es möglich ist, durch Züchtung das Pansenmilieu zu verändern. So könnte eine Verminderung der CH<sub>4</sub>-Produktion erzielt werden, obwohl CH<sub>4</sub> nicht direkt von der Kuh, sondern von den Archaeen im Pansen gebildet wird [3]. Zur Feststellung der genetischen Variabilität der CH<sub>4</sub>-Produktion wurde in der vorliegenden Studie die CH<sub>4</sub>-Konzentration in der Atemluft von Milchkühen mittels Laser-Methan-Detektor (LMD) gemessen und es wurden dafür genetische Parameter geschätzt.

## 2. Material und Methoden

Die Messungen der CH<sub>4</sub>-Konzentration in der Atemluft von Holstein-Friesian Kühen erfolgte mit drei LMD (Tokyo Gas Engineering Solutions, Tokyo, Japan) auf drei Praxis (PB)- und vier Versuchsbetrieben (VB). Insgesamt wurde bei 840 Kühen CH<sub>4</sub> gemessen. In den PB wurden die Tiere nach dem Morgengemelk fixiert und aus einer Entfernung von 2 m Profile von 5 Minuten gemessen, indem der LMD auf das Maul der Kuh gerichtet wurde, wo er reflektiert wurde. In den VB erfolgten die Messungen aus einer Distanz von 2,5 m, während die Tiere – vorwiegend im Liegen – wiederkauten. Jeweils vor und nach jeder Messperiode wurden die Windgeschwindigkeiten mit einem Anemometer (PCE Deutschland GmbH, Meschede, Deutschland) gemessen. An drei Folgetagen wurden die Messungen jeweils wiederholt, so dass wiederholte Beobachtungen pro Kuh vorlagen. Diese Profile wurden sowohl einzeln, als auch gemittelt je Kuh ausgewertet. Die CH<sub>4</sub>-Werte wurden der Atmung oder einem Ruktus zugeordnet (Abb. 1). Dadurch war es möglich, folgende CH<sub>4</sub>-Phänotypen zu erstellen: pmean (Mittel aller CH<sub>4</sub>-Spitzen), remean (Mittel aller Maxima der Ruktusevents), gCH<sub>4</sub> (die physikalisch geschätzte CH<sub>4</sub>-Emission pro Tag) und gCH<sub>4</sub>\_GF (die geschätzte CH<sub>4</sub>-Emission pro Tag, validiert mittels Green-Feed [4]).

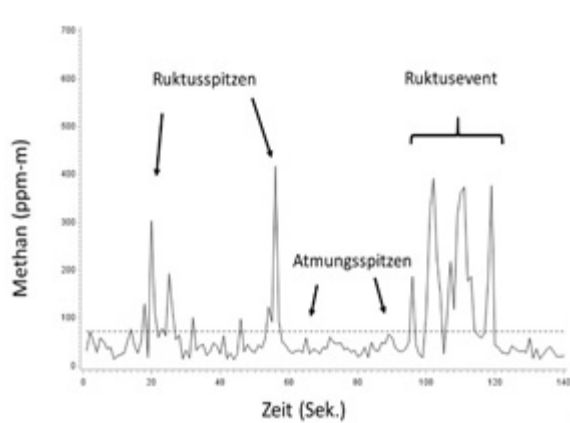


Abb. 1: CH<sub>4</sub>-Profil unterteilt in Atmung und Ruktus

Die Modelle für die genetisch-statistische Auswertung stellten sich wie folgt dar:

- i) 
$$y_{ijkl} = \mu + (BB \times Wi)_i + (LMD \times Op)_j + DIM_k + \beta_1 ecm + \beta_2 bw + a_l + pe_l + e_{ijkl}$$
- ii) 
$$y_{ijk} = \mu + (BB \times Gr)_i + DIM_j + \beta_1 ecm + \beta_2 bw + a_k + e_{ijk}$$

wobei  $y_{ijkl}$  der CH<sub>4</sub>-Phänotyp war und  $\mu$  das allgemeine Mittel. Fixe Effekte waren BB = Betriebsbesuch,  $Wi$  = Windklasse ( $\leq 0,26$ ; 0,27–0,46; 0,47–0,66;  $\geq 0,67$  m/s), LMD = Gerät (1–3), Op = bedienende Person (1–5), DIM = Klasse des Laktationstages ( $\leq 40$ ; 41–60; 61–80; 81–100; 101–160;  $\geq 161$ ) und Gr = Fütterungsgruppe innerhalb eines Betriebes (1–7). Als Kovariablen gingen die energiekorrigierte Milchleistung (ecm) und das Körpergewicht (bw) ein. Die zufälligen Effekte bildeten der additiv-genetische Effekt des Tieres (a), der permanente Umwelteffekt (pe) des Tieres und der Resteffekt (e). Neben der Erfassung der Zusatzdaten erfolgte zudem eine Analyse des dargereichten Futters. Die Rationszusammensetzung, die bei allen Praxisbetrieben sehr ähnlich war, zeigte jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die CH<sub>4</sub>-Produktion. Die Schätzungen der phänotypischen und genetischen Korrelationen der CH<sub>4</sub>-Merkmale untereinander erfolgten mit VCE [5]. Die Modelle des Mehrmerkmalsmodells entsprachen den oben aufgeführten Modellen.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Der CH<sub>4</sub>-Phänotyp pmean wies die kleinsten Werte auf, da sowohl Atmungs- als auch Ruktusspitzen im Merkmal enthalten sind. Im Gegensatz dazu sind in remean nur die höchsten Ruktusspitzen enthalten. Die höchsten Werte hatte gCH<sub>4</sub>\_GF (Tab. 1). Diese Werte waren etwas niedriger als in anderen Studien [6, 7].

Tab.1: Deskriptive Statistik der Methanmerkmale

Merkmal	Betriebsart	Mittelwert	SE	Min.	Max.	Einheit
pmean	PB <sup>1</sup>	120	58	21	408	ppm × m
	VB <sup>2</sup>	119	51	23	333	
remean	PB	362	145	69	1.074	
	VB	396	193	56	1.482	
g CH <sub>4</sub>	PB	288	129	47	974	g/d
	VB	314	130	55	749	
g CH <sub>4</sub> _GF	PB	416	128	197	1.049	
	VB	413	113	200	884	

<sup>1</sup> PB = Praxisbetriebe (n = 1.660); <sup>2</sup> VB = Versuchsbetriebe (n = 589)

Aufgrund zu geringer Tierzahlen und einer unzureichenden genetischen Verknüpfung der Kühe auf den VB war hier eine genetisch-statistische Auswertung nicht möglich. Auf den PB waren die Heritabilitäten der Einzelprofile geringer (0,05–0,08; SE = 0,03–0,06) als die der Mittelwertprofile (0,07–0,27; SE = 0,07–0,14). Generell waren die Werte vergleichbar mit den Angaben in der Literatur. Pickering et al. [8] bestimmten die CH<sub>4</sub>-Konzentration ebenfalls mit einem LMD und erhielten eine Heritabilität von 0,05 ± 0,07. Höhere Heritabilitäten wurden aus Daten anderer Messverfahren oder aus Schätzungen der CH<sub>4</sub>-Emission aus der TM-Aufnahme oder MIR-Zusammensetzung der Milch geschätzt. Hier schwankte die Heritabilität zwischen 0,21–0,35 [7,9–11].

Die genetischen Korrelationen der CH<sub>4</sub>-Merkmale waren hoch bis sehr hoch (0,74–0,95). Dieses Ergebnis war zu erwarten, da alle Merkmale aus einem Profil gebildet wurden und teilweise gleiche Daten enthielten. Zum Beispiel sind die Ruktusspitzen des Merkmals remean auch in den CH<sub>4</sub>-Spitzen von pmean enthalten. gCH<sub>4</sub> enthält in seiner Formel pmean. gCH<sub>4</sub>\_GF stellt eine lineare Transformation von pmean dar, deshalb sind die genetischen Parameter dieselben wie für pmean.

### 4. Schlussfolgerungen

Die in dieser Studie erhaltenen Ergebnisse sind plausibel und mit der Literatur vergleichbar. Daraus folgt, dass der LMD in der Lage ist, tierindividuelle Unterschiede bezüglich der CH<sub>4</sub>-Konzentration in der Atemluft von Kühen unter Praxisbedingungen festzustellen. Es ist jedoch erforderlich, Einflussgrößen zu standardisieren oder zu protokollieren. Die erfassten CH<sub>4</sub>-Phänotypen sind heritabel und würden eine züchterische Bearbeitung der CH<sub>4</sub>-Produktion zulassen.



## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Deutscher Bauernverband (2016): Situationsbericht 2012/2013, <http://www.bauernverband.de/62-betriebsmittel-/futtermittel>, abgerufen am 20.01.2016.
- [2] Johnson, K.A., Johnson, D.E. (1995): Methane Emissions from Cattle, *J. Anim. Sci.* 73, 2483–2492.
- [3] Janssen, P.H., Kirs, M. (2008): Structure of the archaeal community of the rumen, *Appl. Environ. Microbiol.* 74, 3619–3625.
- [4] Sorg, D., Difford, G.F., Mühlbach, S., Kuhla, B., Swalve, H.H., Lassen, J., Strabel, T., Pszczola, M. (eingereicht): Comparison of the laser methane detector with the Green-Feed and two sniffer breath samplers for on-farm measurements of CH<sub>4</sub> emissions from dairy cows, *Comput. Electron. Agric.* (eingereicht).
- [5] Groeneveld, E., Kovac, M., Mielenz, N. (2008): VCE-6: user's guide and reference manual, Institut für Nutztiergenetik, Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Mariensee, Deutschland, <ftp://ftp.tzv.fal.de/pub/vce6/doc/vce6-manual-3.1-A4.pdf>, abgerufen am 25.02.2018.
- [6] Chagunda, M.G.G., Ross, D., Roberts, D.J. (2009): On the use of a laser methane detector in dairy cows, *Comput. Electron. Agric.* 68, 157–160.
- [7] Lassen, J., Løvendahl, P. (2016): Heritability estimates for enteric methane emissions from Holstein cattle measured using noninvasive methods, *J. Dairy Sci.* 99, 1959–1967.
- [8] Pickering, N.K., Chagunda, M.G.G., Banos, G., Mrode, R., McEwan, J.C., Wall, E. (2015): Genetic parameters for predicted methane production and laser methane detector measurements, *J. Anim. Sci.* 93, 11–20.
- [9] de Haas, Y., Windig, J.J., Calus, M.P.L., Dijkstra, J., de Haan, M., Bannink, A., Veerkamp, R.F. (2011): Genetic parameters for predicted methane production and potential for reducing enteric emissions through genomic selection, *J. Dairy Sci.* 94, 6122–6134.
- [10] Kandel, P.B., Vanrobays, M.-L., Vanlierde, A., Dehareng, F., Froidmont, E., Gengler, N., Soyeurt, H., (2017): Genetic parameters of mid-infrared methane predictions and their relationships with milk production traits in Holstein cattle, *J. Dairy Sci.* 100, 5578–5591.
- [11] Pszczola, M., Rzewuska, K., Mucha, S., Strabel, T. (2017): Heritability of methane emissions from dairy cows over a lactation measured on commercial farms, *J. Anim. Sci.* 95, 4813.

# Nutzung der Daten zur Validierung der Maßgaben zur Berechnung der Nährstoffausscheidungen und des Emissionsinventars

H. Spiekers<sup>1</sup>, C. Rösemann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Poing-Grub

<sup>2</sup>Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig

## Zusammenfassung

Am Beispiel der Versuchsergebnisse aus Haus Riswick, Aulendorf und Grub wurde der Aufwand an NEL mit den Ansätzen der DLG (2014) [1] und der Vorgehensweise im Emissionsinventar [2] verglichen. Diese geht bei Milchkühen auf Dämmgen et al. (2009) [3] zurück. Eine weitergehende Validierung an dem gesamten Datenmaterial aus optiKuh erscheint geboten. Weitergehende Erkenntnisse zur Ebene der Energiebewertung und zum Energiebedarf [4] sollten hierbei einfließen. Die in den Versuchen geprüften Unterschiede im Einsatz von Kraftfutter sind von erheblicher Bedeutung für die betriebliche Stoffstrombilanz.

## 1. Einleitung

Für die Umweltwirkung der Milchkühe sind neben der Ausgasung von Methan die Ausscheidungen an Stickstoff (N) und Phosphor (P) mit Kot und Harn sowie die Ausgasung von Ammoniak in Stall, Lager und bei der Ausbringung von Wirtschaftsdünger von Relevanz. Die Umweltwirkungen können durch die Nährstoffausscheidungen nach [1] und das nationale Emissionsinventar [2] abgeschätzt werden. Das Emissionsinventar wird jährlich vom Institut für Agrarklimaschutz erstellt. Die Vorgaben zur Berechnung der Milchkuhmissionen sind Dämmgen et al. (2009) zu entnehmen [3]. An den Daten der Versuche aus optiKuh könnten die unterstellten Verbräuche an Energie zur Berechnung der Nährstoffausscheidungen und des Emissionsinventars validiert werden. Von besonderem Interesse sind die zweijährigen Versuche aus optiKuh, die neben der Laktation auch die Trockenstehzeit umfassen.

In den Versuchen wurde weiterhin die Menge an Kraftfutter variiert. Da Kraftfutter vielfach zugekauft wird, ist das Kraftfutter eine wichtige Inputgröße bei der Stoffstrombilanz von Milchviehbetrieben. Zugekaufte Eiweißträger und handelsübliches Milchleistungsfutter enthalten merkliche Mengen an Rohprotein (N) und Phosphor [5].

## 2. Material und Methoden

Bei der Abschätzung des Verbrauchs an Energie (NEL) in der Milcherzeugung wird auf die bestehenden Empfehlungen zur Versorgung [6] der Milchkuh abgehoben. In der Praxis ergibt sich ein Mehrverbrauch durch Luxuskonsum, Auf- und Abbau von Körpermasse, Futterverlusten, Bedarf für Immunreaktionen etc. Die DLG [1] trägt dem Rechnung durch einen pauschalen Zuschlag von 5 % für Erhaltung und Leistung. Für eine Kuh mit 8.000 kg ECM je Jahr ergibt sich so ein unterstellter für Bedarf Erhaltung, Kalb etc. von 15.500 MJ NEL und einen Bedarf für Milchbildung von 28.000 MJ NEL. In Summe sind dies 43.500 MJ NEL je Kuh und Jahr. Dämmgen et al (2009) [3] unterstellen in Anlehnung an

Agnew et al. (2003) und Kebreab et al. (2003) mit  $0,364 \text{ MJ/kg}^{0,75}$  einen höheren Bedarf für Erhaltung als die GfE (2001) [6] mit  $0,293 \text{ kg}^{0,75}$ . Für eine Kuh mit 675 kg Lebendmasse beträgt der unterstellte Aufwand für Erhaltung dann nach Dämmgen et al. (2009) 17.600 MJ NEL und nach GfE (2001) 14.200 MJ NEL. Ansonsten orientieren sich Dämmgen et al. (2009) beim Bedarf für Milch und Konzeptionsprodukte an den Vorgaben der GfE (2001) [6]. Ein pauschaler Zuschlag für höheren Aufwand an NEL, wie bei der DLG (2014), erfolgt nicht.

Zu einer ersten Einschätzung der Validität der verschiedenen Ansätze zur Abschätzung des Energieverbrauchs wurden die vorstehenden Ergebnisse der Fütterungsversuche aus Haus Riswick (Denißen et al. 2018) [7], Aulendorf (Gerster et al. 2018) [8] und Grub (Hertel-Böhnke et al. 2018) [9] genutzt. In den zweijährigen Versuchen wurde der gesamte Energieaufwand über die tägliche Erfassung der Futtermengen je Einzeltier in der Laktation und der Trockenstehzeit ermittelt. Zur weiteren Einordnung werden die Daten mit den Ergebnissen zum Energie- und Nährstoffaufwand an den Lehr-, Versuchs- und Fachzentren Achselschwang und Almesbach verglichen [10].

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Aus der Tabelle 1 ist der Energieaufwand in den Versuchen aus Haus Riswick [7], Aulendorf [8] und Grub [9] im Vergleich zu den von der DLG 2014 [1] in Ansatz gebrachten Werten aufgeführt. Nach Maßgabe der DLG (2014) ist bei 8.000 kg ECM ein NEL-Aufwand von 5,4 und bei 10.000 kg ECM von 5,0 MJ je kg ECM in Ansatz zu bringen. In Aulendorf und Grub ist das Ergebnis entsprechend, wobei die um etwa 100 kg höhere Lebendmasse zu beachten ist. Der Erhaltungsbedarf ist hierdurch erhöht, was etwa 0,18 MJ NEL je kg ECM ausmacht. In Haus Riswick liegt der Energieaufwand mit 5,8 MJ NEL je kg ECM eindeutig höher. Im Vergleich zur Milchleistung lag die Futteraufnahme bei den laktierenden und den trockenstehenden Kühen relativ hoch [7].

*Tab.1: Aufwand an NEL über 2 Versuchsjahre in ausgewählten Versuchen des Vorhabens optiKuh im Vergleich zu den von der DLG (2014) in Ansatz gebrachten Werten*

Versuchseinrichtung	Rasse	mittlere Lebendmasse kg/Kuh	mittlere ECM kg/Kuh/a	MJ NEL/ kg ECM
Haus Riswick	DH	670	8.510	5,8
Aulendorf	FV	770	8.960	5,5
Grub	FV	760	7.730	5,4
DLG (2014)	-	675	8.000	5,4
			10.000	5,0

Aus den Ergebnissen ist somit zu schließen, dass das Vorgehen der DLG (2014) mit den Maßgaben der GfE (2001) [6] zur NEL-Versorgung plus 5 % Zuschlag in Übereinstim-

mung steht. Beim Vorgehen von Dämmgen et al. (2009) [3] wird der Erhaltungsbedarf höher angesetzt. Für eine Kuh mit 675 kg Lebendmasse und 8.000 kg ECM/Kuh und Jahr ergibt sich durch den höher angesetzten Bedarf für Erhaltung ein um insgesamt 8 % höherer Bedarf an NEL. Es wird somit für dieses Beispiel der von der DLG (2014) angesetzte NEL-Zuschlag von 5 % etwas überschritten. Der Anteil an NEL für Erhaltung am Gesamtaufwand schwankt jedoch je nach Höhe der Milchleistung und der Lebendmasse, so dass sich Unterschiede im prozentualen NEL-Zuschlag bei Dämmgen et al. (2009) [3] ergeben.

Neben der NEL sollte auch der Aufwand an Trockenmasse, Protein und Phosphor betrachtet werden. In der Arbeit von Köhler et al. (2014) [11] wurden in den Betrieben der LfL entsprechende Erhebungen angestellt. Aus der Tabelle 2 sind Daten aus Achselschwang und Almesbach im Vergleich zu den Maßgaben der DLG (2014) dargestellt. Zu beachten ist, dass in Achselschwang Braunvieh und Fleckvieh mit im Mittel 760 kg Lebendmasse gehalten werden und in Almesbach Fleckvieh im ähnlichen Lebendmassebereich. Der ermittelte NEL-Aufwand ist mit dem in den Versuchen aus Grub und Aulendorf mit Fleckvieh vergleichbar. Beim Aufwand an Rohprotein und Phosphor ergeben sich ähnliche Werte wie bei der DLG (2014) für Betriebe auf Basis Ackerfutterbau.

Aus den Auswertungen ist ersichtlich, dass die Empfehlungen zur Versorgung an Energie und der Aufwand in der Praxis weiter zu validieren und gegebenenfalls weiter zu entwickeln sind. Konkrete Ansätze zur Weiterentwicklung sind den Ausführungen von Susenbeth (2018) zu entnehmen [4]. Die Datenbasis aus optiKuh kann hier wichtige Information zur Validierung bieten. Im nächsten Schritt sollte das gesamte Datenmaterial der 12 Versuchseinrichtungen aus optiKuh in die Auswertung einbezogen werden.

*Tab 2: Futter-, NEL- und Nährstoffaufwand in der Milcherzeugung in den LVFZ Achselschwang und Almesbach von 2010-2012 (Köhler et al. 2014) [11] im Vergleich zu den „Standardwerten“ der DLG zur Kalkulation der Nährstoffausscheidungen*

<b>Kenngroße</b>	<b>Achselschwang</b>	<b>Almesbach</b>	<b>DLG (2014)*</b>
ECM, kg/Kuh/Jahr	9.230	8.830	10.000
Trockenmasse, kg/Kuh/Jahr	7.281	7.291	7.284
Rohprotein, kg/Kuh/Jahr	1.143	1.107	1.174
nXP, kg/Kuh/Jahr	1.113	1.089	1.136
<u>NEL:</u>			
- <b>MJ/Kuh/Jahr</b>	<b>49.980</b>	<b>49.010</b>	<b>49.800</b>
- <b>MJ/kg ECM</b>	<b>5,4</b>	<b>5,6</b>	<b>5,0</b>
Phosphor, kg/Kuh/Jahr	29,0	32,6	30,7

\* Betrieb mit Ackerfutterbau; Quelle: Spiekers et al. (2017) [10]

Für die Umweltwirkung der Milchviehhaltung sind der Aufwand an Rohprotein und Phosphor und die resultierende Nährstoffausscheidung von großer Relevanz. Darüber hinaus ist die Stoffstrombilanz zu beachten. Mit zunehmendem Kraftfuttereinsatz steigt vielfach der Import an N und P mit dem Futter. Eine erste Abschätzung kann über die Kalkulation des Saldos zwischen Nährstoffimport aus Kraftfutter und dem Nährstoffexport mit der Milch erfolgen. Aus der Arbeit von Pfeffer und Potthast (1988) [12] siehe Tabelle 3 wird die Re-

levanz klar ersichtlich. Der Saldo steigt sowohl bei Stickstoff und Phosphor stark mit dem Einsatz an Kraftfutter. Entsprechende Betrachtungen bieten sich auch für die Versuche in optiKuh an, deren Ergebnisse direkt in den Wissenstransfer durch Schule und Beratung einfließen können. In der Betrachtung gesamtbetrieblicher Konzepte ist eine Verknüpfung mit der Ökonomie geboten.

Tab. 3: Einfluss der Kraftfuttermenge in der Milchviehhaltung auf den Nährstoffsaldo zwischen Kraftfutterzukauf und Verkauf von Milch, *Quelle: Pfeffer und Potthast (1988) [12]*

<b>Kraftfutter, kg/Kuh/a</b>	<b>900</b>	<b>1.400</b>	<b>1.900</b>	<b>2.400</b>
Milch, kg/Kuh/a	5.600	6.200	6.400	6.500
Stickstoff (N), kg/Kuh/a				
im Kraftfutter	27	42	57	72
in Milch	30	33	35	35
<b>Saldo</b>	<b>-3</b>	<b>9</b>	<b>22</b>	<b>37</b>
Phosphor, kg/Kuh/a				
im Kraftfutter	4,5	7,0	9,5	12,0
in Milch	5,0	5,6	5,8	5,9
<b>Saldo</b>	<b>-0,5</b>	<b>1,4</b>	<b>3,7</b>	<b>6,1</b>

## 4. Schlussfolgerungen

Die in optiKuh ermittelten Daten erlauben auf Grund der Laufzeit von 2 Jahren und der Einbeziehung **aller** Leistungsphasen gute Möglichkeiten zur Validierung des Aufwandes an Futterenergie.

Erste Auswertungen zeigen, dass der Energieaufwand höher liegt als bei Zugrundelegung der Empfehlungen zur Versorgung der GfE (2001) [6]. Durch den 5 % Zuschlag für Mehraufwand bei DLG (2014) [1] ergibt sich eine weitgehende Übereinstimmung zwischen kalkuliertem und in den Versuchen realisiertem NEL-Aufwand. Im Emissionsinventar [2] führt der höher angesetzte Bedarf für Erhaltung zu einem Zuschlag von etwa 8 % gegenüber GfE (2001) [6], was ebenfalls mit dem in optiKuh ermittelten Energieaufwand in Einklang ist. Weitergehende Auswertungen sollten erfolgen

Aus den Ausführungen von Susenbeth (2018) [4] geht hervor, dass auf Grund neuerer Erkenntnisse sowohl bei der Verwertung der ME für die Milchbildung als auch dem leistungsunabhängigen Energieaufwand eine Weiterentwicklung der Normen geboten ist. Diese sollten dann auch Basis zur Anpassung der Vorgaben zur Kalkulation des Emissionsinventars sein.

Die Höhe des Kraftfuttereinsatzes hat bei Zukauf erheblichen Einfluss auf die Stoffstrombilanz. Weitergehende Auswertungen mit den Daten aus optiKuh sind vorgesehen.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] DLG (2014): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere 2. Auflage. Arbeiten der DLG, Band 199, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.

- [2] Rösemann, C., Haenel, H.-D., Dämmgen, U., Freibauer, A., Döring, U., Wulf, S., Eurich-Menden, B., Döhler, H., Schreiner, C., Osterburg, B. (2017): Calculations of gaseous and particulate emissions from German Agriculture 1990 – 2015. Report on methods and data (RMD), Submission 2017. Thünen Report 46, 423 Seiten
- [3] Dämmgen, U., Haenel, H.-D., Rösemann, C., Hutchings N. J., Brade, W., Lebzien, P. (2009): Improved national calculation procedures to assess energy requirements, nitrogen and VS excretion of dairy cows in the german emission model GAS-EM. *Agriculture and Forestry Research* 3 2009, 233 - 252
- [4] Susenbeth, A. (2018): Der Energiebedarf von Milchkühen heutiger Rassen. in: Tagungsband zur Abschlussveranstaltung „Verbundprojekt optiKuh“ 30./31.01.2018. LfL Schriftenreihe 2/2018
- [5] Grünewald, K.-H. (2017): Phosphor – Versorgung mit dem Futter: Entwicklungen bei Einzel- und Mischfutter. in: Tagungsband 55. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung (BAT), Herausgeber: M. Buffler und W. Windisch, Freising, 12 - 19
- [6] GfE (Ausschuss für Bedarfsnormen) (2001): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. **8** Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtinder. Ausschuß für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, DLG-Verlag, Frankfurt a.M., 136 Seiten
- [7] Denißen, J., Hoffmanns C., Hoppe, S., Pries, M., Südekum, K.-H. (2018): Einfluss der Grobfutterqualität und des Kraftfutterniveaus bei Teil-TMR über zwei Jahre auf Milchleistungsparameter bei Deutsch Holsteins. in: Tagungsband zur Abschlussveranstaltung „Verbundprojekt optiKuh“ 30./31.01.2018. LfL Schriftenreihe 2/2018
- [8] Gerster, E., Jilg, T., Steingäß, H.; Rodehutsord, M., Spiekers, H. (2018): Ergebnisse aus zwei Jahren TMR-Fütterung von Milchkühen der Rasse Fleckvieh bei einem Kraftfuttermittelverbrauch von 150 oder 250 g pro kg ECM. in: Tagungsband zur Abschlussveranstaltung „Verbundprojekt optiKuh“ 30./31.01.2018. LfL Schriftenreihe 2/2018
- [9] Hertel-Böhnke, P., Ettle, T., Spiekers, H.(2018): Effekte von Kraftfutterniveau und Grobfutterqualität auf die Futtermittelaufnahme bei Fleckviehkühen über 2 Jahre, in Tagungsband zur Abschlussveranstaltung „Verbundprojekt optiKuh“ 30./31.01.2018. LfL Schriftenreihe 2/2018
- [10] Spiekers, H., Hammerl, G., Konrad, H. (2017): Validierung des Energie- und Nährstoffaufwands in der Milchviehhaltung. *SUB* 8-9/2017, 55 – 57
- [11] Köhler, B., S. Thurner, M. Diepolder, H. Spiekers (2014): Effiziente Futterwirtschaft und Eiweißbereitstellung in Futterbaubetrieben. LfL Schriftenreihe **5/2014**, 141 Seiten, ISSN 1611-4159
- [12] Pfeffer E., Potthast V. (1988): Einflüsse unterschiedlicher Anteile von Grundfutter und Kraftfutter an der Gesamtration von Milchkühen auf deren Leistung, Gesundheit und Fruchtbarkeit. *Forschung und Beratung Reihe B, Universität Bonn, Heft 37*, 97 Seiten, ISSN 0532-2030

### 3.5. Themenblock IV – Nutzung von Stoffwechselindikatoren

## Stoffwechselindikatoren

M. Schmicke

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Klinik für Rinder

### Zusammenfassung

Als Grundlage zur Verbesserung der Haltung und Zuchtverfahren von Milchkühen wurden spezifische Stoffwechselindikatoren auf Basis einer im optiKuh Projekt entwickelten und validierten Präanalytik und Analytik an einem Laborstandort untersucht. Ziel war es, mit einer gemeinsamen analytischen Grundlage Zusammenhänge zwischen Futteraufnahme, Gesundheit und Stoffwechselstabilität betriebsübergreifend aufzuklären. Als Stoffwechselindikatoren wurden die klinischen Parameter  $\beta$ -Hydroxybutyrat [BHB], nicht-veresterte Fettsäuren [NEFA], Glucose und Calcium, sowie endokrine Parameter wie Insulin, Insulin-ähnlicher Wachstumsfaktor und Adiponektin gewählt. Die erwartungsgemäßen Verläufe der Stoffwechselfparameter konnte im optiKuh Projekt bestätigt werden. Zudem konnte bereits in ersten Vorauswertungen gezeigt werden, dass die Tiere, die keine Ketose post partum entwickelten hatten antepartum ( $-14 \pm 5$  a.p.) höhere IGF-1 Konzentration aufwiesen, wohingegen keine Unterschiede in klassisch klinischen Parametern wie BHB, NEFA oder Glucose bestanden. In weiteren Auswertungen sollen noch weitere detaillierte Zusammenhänge zur Validierung und Nutzung von Stoffwechselfparametern für die Beurteilung des Energiestatus der Tiere und einer frühzeitigen Diagnose sowie Prognose stoffwechselbedingter Erkrankungen erfolgen.

### 1. Einleitung

Teilziel des Verbundprojektes optiKuh war es, die Nutzung von Stoffwechselindikatoren und Gesundheitsdaten als Grundlage zur Verbesserung der Haltung und von Zuchtverfahren von Milchkühen zu untersuchen. Dazu wurde erstmals die Erhebung von spezifischen Stoffwechselfparametern anhand einer gemeinsam entwickelten und validierten Präanalytik und Analytik an einem Laborstandort an der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover durchgeführt. Ziel war es, mit einer gemeinsamen analytischen Grundlage Zusammenhänge zwischen Futteraufnahme, Gesundheit und Stoffwechselstabilität betriebsübergreifend aufzuklären. Als Stoffwechselindikatoren wurden sowohl klassische klinische Parameter ( $\beta$ -Hydroxybutyrat [BHB], nicht-veresterte Fettsäuren [NEFA], Glucose und Calcium) als auch innovative endokrine Parameter gewählt (Insulin, Insulin-ähnlicher Wachstumsfaktor und Adiponektin).

### 2. Material und Methoden

Eine Besonderheit des Projektes bestand darin, dass standortübergreifend eine gemeinsame und im Detail verankerte Präanalytik eingehalten wurde. Hierzu gehörten nicht nur festgelegte Probeentnahmetage, sondern auch ein Zeitraum täglich zwischen 08.00 – 11.00 h vormittags, damit ggfs. tageszeitlich bedingte Abweichungen einen minimalen Einfluss auf die Analysen haben. Die zur Analyse verwendeten Blutproben wurden auf

den verschiedenen Versuchseinrichtungen sowohl antepartum (a.p.) (Tag -50 und -14 vor dem errechneten Geburtstermin, 280 Tage nach Besamung) entnommen, also auch postpartum (Tag antepartum p.p. 8, 28, 100). Die Variation der antepartalenen Blutproben ist aufgrund der Variation im Abkalbedatum entsprechend hoch. Am Beispiel der Datenerhebung auf Haus Riswick wurden a.p. zwischen Tag -59 und -3 Blutproben entnommen. Bei der Auswertung der antepartalenen Daten wurde daher darauf geachtet, dass die Blutproben retrospektiv zur Abkalbung zu sinnvollen Zeitabständen zusammengefasst wurden. Die Analysen von BHB, NEFA, Glucose und Calcium wurden mit etablierten Verfahren im klinischen Labor der TiHo Hannover durchgeführt. Die Analyse von Insulin und IGF-1 wurde ebenfalls mit zuvor getesteten und spezifisch für das Rind validierten Verfahren in der AG Endokrinologie der TiHo Hannover untersucht (*Meyerholz 2015*). Die Bestimmung von Adiponektin wurde von der AG Prof. Sauerwein, Institut für Tierwissenschaften Physiologie und Hygiene, Universität Bonn untersucht. Beim Nachweis von Insulin und IGF-1 wurde im optiKuh Projekt eine vertiefte Interassay Validierung durchgeführt. Hierzu wurden die in die Insulin und IGF-1 Assays eingesetzten Kontrollen über zwei Jahre hinweg ausgewertet. Es ergab sich ein Interassay von 9,9 % für Insulin und von 10,9 % für IGF-1 und damit eine stabile Analyse, die auch zukünftig in der Routine und nicht nur in Forschungsprojekten eingesetzt werden kann.

### **3. Ergebnisse und Diskussion**

Erwartungsgemäß stieg die Konzentration an NEFA und BHB zur Geburt und unmittelbar postpartum an und die Glucose-, Calcium- als auch Insulin-, IGF-1- und Adiponektin Konzentration sanken zur Geburt hin ab (*Auswertung Denißen, Schmicke, Datensatz Haus Riswick; Auswertung Schmitz Datensatz Braunschweig*). Die Insulinkonzentration über alle Kühe war am Tag 28 p.p. am geringsten (*Kuhla, Datensatz FBN Dummerstorf*). Bei 28 Tieren (*Auswertung Schmicke, zentrale Datenbank TiDa*) wurden die endokrinen Stoffwechselfparameter nur für Tiere ausgewertet, bei denen eine Blutprobe Tag -14 abgenommen wurde. Diese Tiere wurden anhand ihrer Futteraufnahme in Tiere mit höherer und niedriger Futteraufnahme eingeteilt. In diesem Datensatz wurde bereits zusätzlich Glucagon gemessen. In dieser Auswertung konnten keine Unterschiede in der IGF-1 oder Insulinkonzentration in Abhängigkeit der Futteraufnahme festgestellt werden, wohl aber in der Glucagonkonzentration.

Bei Holstein Kühen konnte gezeigt werden, dass sich eine erhöhte Kraftfuttermenge postpartal positiv auf die Energieversorgung der Kühe auswirkt, sodass diese ein weniger starkes negatives Energiesaldo entwickeln. Dies zeigte sich allerdings nicht in den Konzentrationen der Stoffwechselfparameter, die weder bezüglich der unterschiedlichen Grobfutterration noch hinsichtlich der Kraftfutterzulage Unterschiede zeigte (*Datenauswertung Schmitz, Datensatz Braunschweig*).

Bei Fleckviehkühen konnte allerdings gezeigt werden, dass eine unterschiedliche Kraftfutterzulage (150 g oder 250 g Kraftfutter pro kg ECM) sich in den Parameter BHB und IGF-1 widerspiegelt. Dabei zeigte der Parameter IGF-1 die höchste Signifikanz. Dieses Ergebnis deutet an, dass eine bessere Energiebilanz im ersten Laktationsdrittel der Tiere anhand der Plasma-IGF-1-Konzentration am sichersten abgelesen werden kann (*Auswertung Gerster, Datensatz LAZBW Aulendorf*). Allerdings ist auch erkennbar, dass vor der Abkalbung (-14) die Tiere mit höherer Kraftfutterzulage geringe IGF-1 Konzentrationen aufweisen. Dies kann einen Unterschied in der Stärke der Entkopplung der somatotropen Achse andeuten, welche Ausdruck der metabolischen Adaptation von Milchkühen ist.



Am FBN, Dummerstorf konnte gezeigt werden, dass bei gleicher Kraftfutterzulage aber unterschiedliche Grobfutterqualität (6,5 versus 6,1 MJ NEL/kg TM) sich die metabolische Effektivität unterscheidet. Eine Auswertung der Blutparameter ist noch in Planung.

Besonders interessant ist, dass sich Ergebnisse zur somatotropen Achse und Ketoseinzidenz bestätigen ließen (Piechotta et al. 2015). Tiere, die keine Ketose post partal entwickelten hatten antepartum (-14±5 a.p.) höhere IGF-1 Konzentration (Auswertung Schmitz, Datensatz Braunschweig), wohingegen keine Unterschiede in klassisch klinischen Parametern wie BHB, NEFA oder Glucose bestanden.

Im gesamten Datensatz (Auswertung Kiel, zentrale Datenbank TiDa) sind die Erkrankungen zu den folgenden Gruppen zusammengefasst: Euter, Klauen, Stoffwechsel, Fruchtbarkeit und Atmungsorgane, Verdauungstrakt und sonstiges. Eine Auswertung hinsichtlich der Fütterungsintensitäten und auch der Stoffwechselfparameter ist in Arbeit.

Zusammenfassend scheint die Validierung und Nutzung innovativer endokriner Parameter den Energiestatus der Tiere in angemessener Weise widerzuspiegeln und kann auch dazu dienen, stoffwechselbedingte Erkrankungen wie Ketosen vorherzusagen.

#### **4. Ausblick**

Hinsichtlich der Krankheitshäufigkeit in Abhängigkeit der Energieversorgung und in Bezug auf die Robustheit der Stoffwechselfparameter ist eine standortübergreifende Auswertung in Arbeit (S. Kiel, Datenbank TiDa). Zum Zusammenhang zwischen Stoffwechselfparametern und stoffwechselbedingten Entgleisungen sollen ROC-Analysen erfolgen um spezifische standortübergreifende Grenzwerte zu validieren, die dann auch unter Praxisbedingungen zum Einsatz kommen können.

## Adiponectin- Neue Erkenntnisse aus optiKuh?!

C. Urh<sup>1</sup>, J. Denißen<sup>2</sup>, I. Harder<sup>3</sup>, C. Koch<sup>4</sup>, E. Gerster<sup>5</sup>, T. Ettle<sup>6</sup>, N. Kraus<sup>7</sup>, R. Schmitz<sup>8</sup>,  
B. Kuhla<sup>9</sup>, E. Stamer<sup>10</sup>, H. Sauerwein<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften

<sup>2</sup>Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, VBZL Haus Riswick, Kleve

<sup>3</sup>Universität Kiel, Institut für Tierzucht und Tierhaltung

<sup>4</sup>Lehr- und Versuchsanstalt Hofgut Neumühle

<sup>5</sup>Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg LAZBW, Aulendorf

<sup>6</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und  
Futterwirtschaft, Poing-Grub

<sup>7</sup>Landwirtschaftliche Lehranstalten (LLA), Triesdorf

<sup>8</sup>Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Institut für  
Tierernährung, Braunschweig

<sup>9</sup>FBN Leibniz-Institut für Nutztierbiologie Dummerstorf

<sup>10</sup>TiDa Tier und Daten GmbH, Westensee/Brux

### Zusammenfassung

Adiponectin, ein im Fettgewebe gebildetes Hormon, ist durch seine insulinsensitivierende Wirkung mit dem Glucose- und Fettstoffwechsel verknüpft. Dadurch spielt es auch in der Transit-Phase von Milchkühen mit den sich stark verändernden Anforderungen an den Stoffwechsel eine Rolle. Im Rahmen des optiKuh-Projektes wurde in allen Serumproben die Adiponectinkonzentration mittels eines rinderspezifischen ELISA gemessen, um Zusammenhänge mit der Stoffwechselsituation zu charakterisieren. Bei den optiKuh-Tieren unterschied sich der Verlauf der Adiponectinkonzentration bei primi- und pluriparen Kühen v.a. in der Transit-Phase voneinander. Die Adiponectinkonzentrationen der primiparen Kühe lagen in den Wochen vor der Kalbung unter denen der pluriparen; post partum wiesen primipare Kühe dann aber höhere Adiponectinkonzentrationen auf als pluripare. Kühe, die Grobfutter mit einem niedrigeren Energiegehalt (6,1 MJ NEL/kg TM) erhielten, zeigten höhere Adiponectinkonzentrationen als Kühe, die Grobfutter mit einem höheren Energiegehalt (6,5 MJ NEL/kg TM) erhielten. Die unterschiedlichen Kraftfutterniveaus (150 vs. 250 g/kg ECM) hatten keinen Einfluss auf die Adiponectinkonzentration in den ersten 100 Tagen der Laktation. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass nicht nur der Energiegehalt, sondern auch die Zusammensetzung des Futters die Adiponectinkonzentration beeinflusst.

### 1. Einleitung

Adiponectin, ein vom Fettgewebe produziertes Hormon, steigert u.a. die Insulinsensitivität und Fettsäure-Oxidation [1]. Bei Kühen ist Adiponectin negativ mit der Körperkondition assoziiert [2; 3] und positiv mit der Energiebilanz, der Trockenmasseaufnahme, der Milchleistung [4] und dem maximalen Effekt von Insulin auf den Glucose- und Fettstoffwechsel (=Insulin responsiveness) [3]. Die Adiponectinkonzentration im Blut sinkt in den Wochen vor der Kalbung und steigt in den Wochen danach wieder an [5]. Die damit verbundene reduzierte Insulinsensitivität in den peripheren Geweben ermöglicht einen ver-

stärkten Glucosefluss zur Milchdrüse, welche insulinunabhängig Glucose aufnehmen kann.

## 2. Material und Methoden

Für die Vergleiche zwischen primi- und pluriparen Kühen wurden drei Betriebe aus der optiKuh-Variante B (ohne Fütterungsversuch) ausgewählt (primipare Kühe,  $n = 201$ ; pluripare Kühe,  $n = 456$ ). Die Auswertungen der Fütterungseffekte erfolgte anhand der Daten von pluriparen Tieren aus fünf Variante-A-Betrieben, in denen während der Laktation zwei verschiedene Stufen des Grobfutterenergiegehalts (6,1 MJ NEL/kg TM,  $n = 72$ ; 6,5 MJ NEL/kg TM,  $n = 115$ ) und der Kraftfutterzuteilung (150 g/kg ECM,  $n = 83$ ; 250 g/kg ECM,  $n = 104$ ) getestet wurden. Hierbei wurde bei Kühen, die mehrere Laktationen im Versuch absolviert haben, nur die jeweils erste Laktation im Versuch berücksichtigt. Die Energiebilanz wurde nach den Vorgaben der GfE [7] auf wöchentlicher Basis berechnet. Die Adiponectinkonzentrationen im Serum wurden mit einem indirekten, kompetitiven ELISA, welcher spezifisch für bovines Adiponectin entwickelt wurde, gemessen [6]. Die Intra-Assay-Variation lag bei 5,2 % und die Inter-Assay-Variation bei 10,2 %. Blutproben wurden 50 und 14 Tage vor dem errechneten Kalbetermin und 8, 28, und 100 Tage nach der Kalbung gezogen. Die statistische Auswertung erfolgte über das gemischte lineare Modell (SPSS 25). Für den Vergleich zwischen primi- und pluriparen Kühen wurden die Zeit, die Parität, der Betrieb und alle Interaktionen als feste Effekte und die Kuh als zufälliger Effekt gewählt. Für die Auswertung der Fütterungseffekte wurden die Zeit, der Grobfutterenergiegehalt, die Kraftfuttermenge, der Betrieb und alle Interaktionen als feste Effekte und die Kuh als zufälliger Effekt gewählt. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p < 0,05$  festgelegt und die Ergebnisse als Mittelwert  $\pm$  Standardfehler angegeben.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

Der Verlauf der Adiponectinkonzentration im Blutserum von primi- und pluriparen Kühen war v.a. in der Transit-Phase unterschiedlich: Primipare Kühe hatten in den Wochen vor der Kalbung geringere Werte als die pluriparen Tiere; post partum wiesen hingegen die primiparen Kühe höhere Adiponectinkonzentrationen auf als pluripare Kühe (Abb. 1). Färsen benötigen bekanntlich nicht nur zusätzliche Energie für das Wachstum des Fetus und die Milchbildung, sondern gleichzeitig noch für ihr eigenes Wachstum. So würde eine höhere Insulinsensitivität während der einsetzenden Laktation die Betonung der Glucosenutzung für die Milchbildung abschwächen, zugunsten der Glucoseversorgung der anderen peripheren Gewebe.

Kühe, die Grobfutter mit einem niedrigeren Energiegehalt (6,1 MJ NEL/kg TM) erhielten, zeigten höhere Adiponectinkonzentrationen ( $26 \pm 0,46 \mu\text{g/mL}$ ) als Kühe, die Grobfutter mit einem höheren Energiegehalt (6,5 MJ NEL/kg TM;  $24,9 \pm 0,34 \mu\text{g/mL}$ ,  $p = 0,03$ ) erhielten (Abb. 2). Die unterschiedlichen Kraftfutterniveaus (150 vs. 250 g/kg ECM) hatten keinen Einfluss auf die Adiponectinkonzentration in den ersten 100 Tagen der Laktation ( $p = 0,22$ ; Abb. 3). Das Energiesaldo war in den Gruppen, die 250 g Kraftfutter/kg ECM erhielten, erwartungsgemäß höher als in den Gruppen, die 150 g Kraftfutter/kg ECM erhielten. Die unterschiedlichen Stufen des Grobfutterenergiegehalts beeinflussten die Energiebilanz in den ersten 100 Tagen der Laktation nicht (Daten hier nicht gezeigt). Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass nicht nur der Energiegehalt, sondern auch die Zusammensetzung des Futters die Adiponectinkonzentration beeinflusst. Der geringere Energiegehalt im 6,1 MJ NEL/kg TM Grobfutter wurde durch Einmischung von Stroh erreicht, sodass der Strukturgehalt im Verhältnis zum Energiegehalt erhöht wurde. Wenngleich sicher

nicht direkt mit der Situation vergleichbar, haben Studien aus der Humanmedizin bereits einen positiven Zusammenhang zwischen Adiponectinkonzentrationen und der Ballaststoffaufnahme gezeigt [8].

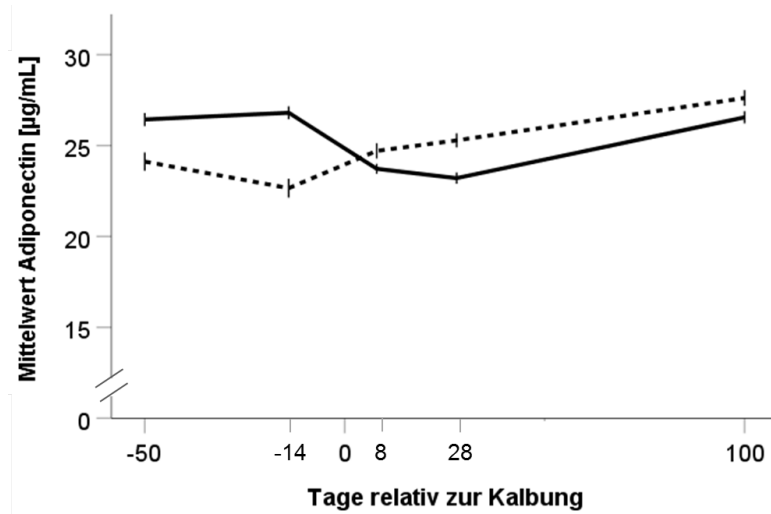


Abb. 1: Adiponectinkonzentrationen von primiparen(---) und pluriparen(—) Kühen. Fehlerbalken:  $\pm 1$  SE.

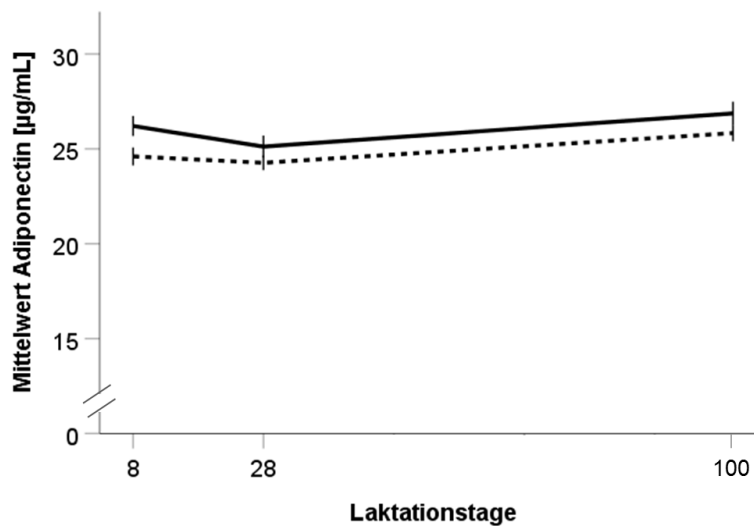


Abb. 2: Adiponectinkonzentrationen von pluriparen Kühen, die entweder Grobfutter mit 6,1 MJ NEL/kg TM (—) oder 6,5 MJ NEL/kg TM (---) erhalten haben. Fehlerbalken:  $\pm 1$  SE.

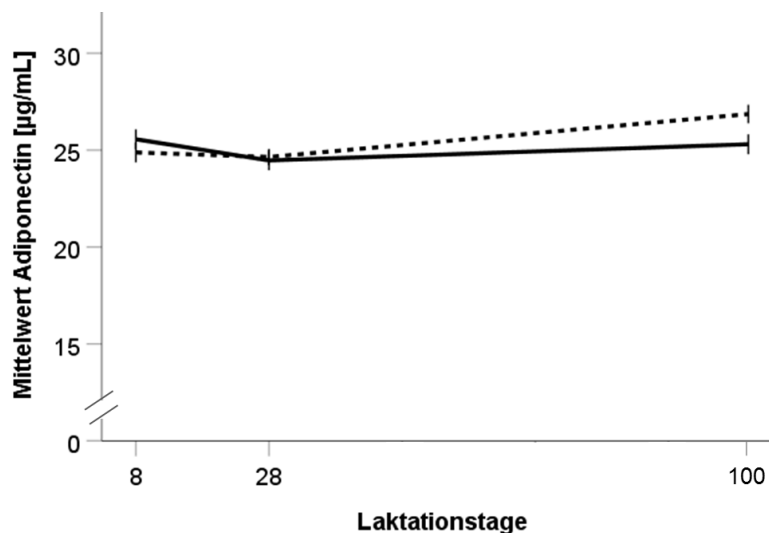


Abb. 3: Adiponektinkonzentrationen von pluriparen Kühen, die entweder 150 g Kraftfutter/kg (—) oder 250 g Kraftfutter/kg ECM (---) erhalten haben. Fehlerbalken:  $\pm 1$  SE.

#### 4. Schlussfolgerungen

Die unterschiedlichen Herausforderungen an den Stoffwechsel bei primi- und pluriparen Kühen spiegeln sich auch in den unterschiedlichen Verläufen der Adiponektinkonzentration wider. Die höheren Adiponektinkonzentrationen in den Fütterungsgruppen mit dem niedrigeren Grobfutterenergiegehalt (6,1 MJ NEL/kg TM) könnten möglicherweise auf den höheren Strohgehalt zurückzuführen sein. Ob und wie man aus diesen Erkenntnissen Empfehlungen für die Praxis ableiten kann, kann nur in Verbindung mit den erfassten Leistungs- und Gesundheitsdaten entschieden werden.

#### 5. Literaturverzeichnis

- [1] Yamauchi, T., Kamon, J., Minokoshi, Y., Ito, Y., Waki, H., Uchida, S., Yamashita, S., Noda, M., Kita, S., Ueki, K., Eto, K., Akanumo, Y., Froguel, P., Foufelle, F., Ferre, P., Carling, D., Kimura, S., Nagai, R., Kahn, B.B., Kadowaki, T. (2002): Adiponectin stimulates glucose utilization and fatty-acid oxidation by activating AMP-activated protein kinase. *Nature Med*, 8, 1288–1295
- [2] Singh, S.P., Häussler, S., Heinz, J.F.L., Akter, S.H., Saremi; B., Müller, U., Rehage, J., Dänicke, S., Mielenz, M., Sauerwein, H. (2014): Lactation driven dynamics of adiponectin supply from different fat depots to circulation in cows. *Domest Anim Endocrinol*, 47, 35–46
- [3] DeKoster J., Urh, C., Hostens, M., Van den Broeck, W., Sauerwein, H., Opsomer, G. (2017): Relationship between serum adiponectin concentration, body condition score, and peripheral tissue insulin response of dairy cows during the dry period. *Domest Anim Endocrinol*, 59, 100-104
- [4] Mellouk, N., Rame, C., Touzé, J.L., Briant, E., Ma, L., Guillaume, D., Lomet, D., Caraty, A., Ntallaris, T., Humblot, P., Dupont, J., (2017): Involvement of plasma adipokines in metabolic and reproductive parameters in Holstein dairy cows fed with diets with differing energy levels. *J Dairy Sci*, 100, 8518-8533
- [5] Singh, S.P., Häussler, S., Gross, J.J., Schwarz, F. J., Bruckmaier, R.M., Sauerwein, H. (2013): Short communication: Circulating and milk adiponectin change differently dur-

ing energy deficiency at different stages of lactation in dairy cows. *J Dairy Sci*, 97, 1535-1542

[6] Mielenz M., Mielenz, B., Singh, S.P., Kopp, C., Heinz, J., Häussler, S., Sauerwein, H. (2013): Development, validation, and pilot application of a semiquantitative Western blot analysis and an ELISA for bovine adiponectin. *Domest Anim Endocrinol*, 44, 121-130

[7] GfE (2001), Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Nr. 8.: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main

[8] AlEssa, H.B., Ley, S.H., Rosner, B., Malik, V.S., Willet, W.C, Campos, H., Hu, F.B. (2016): High fiber and low starch intakes are associated with circulating intermediate biomarkers of type 2 diabetes among women. *J. Nutr.*, 146, 306-317

## Assoziation zwischen Futteraufnahme und endokrinen Parametern bei der Milchkuh

J. Denißen<sup>1</sup>, S. Hoppe<sup>1</sup>, E. Nicklas<sup>2</sup>, M. A. Gil Araujo<sup>3</sup>, M. Höltershinken<sup>2</sup>, M. Schmicke<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, VBZL Haus Riswick, Kleve

<sup>2</sup>Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Klinik für Rinder

<sup>3</sup>University of Zulia, Maracaibo, Venezuela

### Zusammenfassung

Im Rahmen des Verbundprojektes „optiKuh“ wurde in den Milchviehversuchsställen des VBZL Haus Riswick der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen in den Jahren 2015 und 2016 ein zweijähriger Fütterungsversuch mit 48 Milchkuhen in vier Versuchsgruppen durchgeführt. Die vier Versuchsgruppen ergaben sich aus der unterschiedlichen Versorgung hinsichtlich der Energiedichte im Grobfutter (6,1 MJ NEL/kg TM und 6,5 MJ NEL/kg TM) sowie der Höhe der Energieversorgung mit Kraftfutter (150 g/kg ECM und 250 g/kg ECM). Während der Trockenstehphase erhielten alle Kühe die gleiche, einphasige Trockensteherration. Um das Stoffwechselgeschehen der Tiere näher beschreiben zu können wurden an 5 Terminen (49. d. a.p., 14. d. a.p., 8 d. p.p., 28. d. p.p., 100. d. p.p.) Blutproben aus der Vena jugularis entnommen und auf folgende Parameter untersucht: Glucose, NEFA, BHB, Calcium, Insulin und IGF-1. Zunächst wurde überprüft, inwieweit die zu erwartenden Tendenzen in den Parametern über den zeitlichen Verlauf rund um die Geburt, in dem hier beschriebenen Projekt darstellbar waren. Es konnte gezeigt werden, dass die Glucose, Calcium, Insulin und IGF-1 Konzentrationen rund um die Abkalbung sinken und die NEFA und BHB Konzentrationen im Blut ansteigen. Im weiteren sollen auch die Unterschiede in den Parametern innerhalb der verschiedenen Fütterungsgruppen untersucht werden.

### 1. Einleitung

Im Hinblick auf Tierwohl, Tiergesundheit und Stoffwechselstabilität ist das Energiedefizit zu Beginn der Laktation bei steigender Milchleistung eine enorme Herausforderung. Im Vordergrund stehen hier Erkrankungen wie Ketose, Azidose und Milchfieber, die neben der Beeinträchtigung des Tierwohls auch die Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion vermindern. Die Futteraufnahme nimmt in diesem Zusammenhang eine zentrale Rolle ein, da mit steigender Futteraufnahme das Energiedefizit zu Laktationsbeginn verkürzt und somit die Stoffwechselbelastung vermindert werden kann. Diese Stoffwechselbelastung kann ggfs. über klassische klinisch chemische Blutparameter wie die Konzentration von NEFA, BHB, Glucose oder auch Calcium erfasst werden oder aber auch über endokrine Parameter wie IGF-1 oder Insulin. Ziel war es daher in dieser ersten Untersuchung, die o.g. Parameter im zeitlichen Verlauf relativ zur Abkalbung darzustellen.

### 2. Material und Methoden

Im Rahmen des Verbundprojektes „optiKuh“ wurde in den Milchviehversuchsställen des VBZL Haus Riswick der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen in den Jahren 2015 und 2016 ein zweijähriger Fütterungsversuch mit 48 Milchkuhen durchgeführt. Ziel

war es die Gruppenzusammensetzung über zwei Jahre konstant zu halten, um eine umfangreiche Datenerfassung in allen Laktationsstadien zu gewährleisten. Die vier Versuchsgruppen ergaben sich aus der unterschiedlichen Versorgung hinsichtlich der Energiedichte im Grobfutter (6,1 MJ NEL/kg TM und 6,5 MJ NEL/kg TM) sowie der Höhe der Energieversorgung mit Kraftfutter (150 g/kg ECM und 250 g/kg ECM). Einmal täglich wurde den Kühen eine aufgewertete Teilmischung (tTMR) vorgelegt, die Differenz im Energiegehalt im Grobfutter ergab sich aus dem Strohanteil in der Mischung. Alle anderen Komponenten waren identisch. Die Kraftfuttermengen wurden den Tieren über die Kraftfutterstationen anhand einer zuvor festgelegten Kraftfutterkurve individuell zugeteilt. Die Nährstoff- und Energieversorgung erfolgte nach aktuellen Vorgaben der GfE (2001) [1] und DLG (2001) [2]. In der Trockenstehphase wurden alle Versuchstiere einheitlich mit einer einphasigen Trockenstehration nach DLG-Vorgaben (DLG, 2012) [3] versorgt. Die tierindividuelle Bestimmung der Futter- und Energieaufnahme erfolgte mit Hilfe von Wiegetrögen. Um das Stoffwechselgeschehen der Tiere näher beschreiben zu können wurden an fünf Terminen (49. d. a.p., 14. d. a.p., 8 d. p.p., 28. d. p.p., 100. d. p.p.) Blutproben aus der Vena jugularis entnommen. Die Serum- und EDTA-Proben wurden 60 Minuten nach der standardisierten Entnahme zentrifugiert, abpipettiert und eingefroren. Im Labor der Tierärztlichen Hochschule Hannover wurden folgende Parameter bestimmt: Glucose, NEFA, BHB, Calcium im klinischen Labor und Insulin und IGF-1 mittels für das Rind validierter Immunoassays im Endokrinologischen Labor.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Erwartungsgemäß konnten in den Blutproben die klassischen Verläufe der gewählten Stoffwechselparameter dargestellt werden. Zur Geburt hin kommt es aufgrund des Rückgangs der Futteraufnahme zu einem Energiedefizit (Abbildung 1).

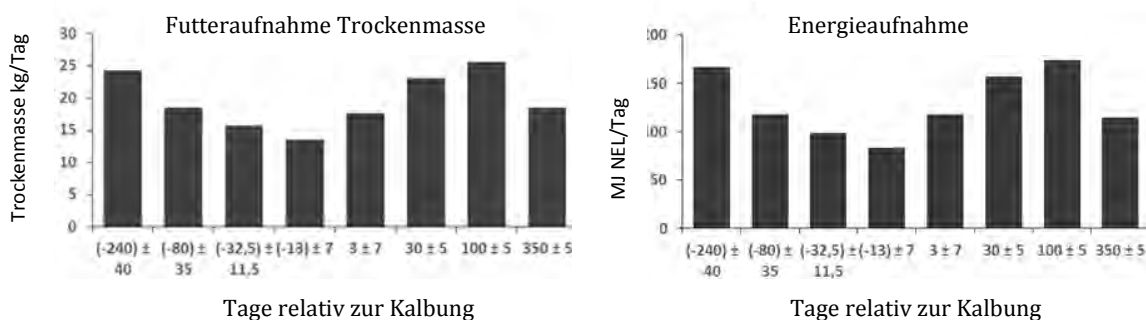


Abb. 1. Darstellung der Trockenmasseaufnahme in kg/Tag und der Energieaufnahme relativ zur Abkalbung.

Aus dieser, auch als negative Energiebilanz, bezeichneten katabolen Stoffwechsellage ergibt sich, dass körpereigenes Fett als Energieträger verwendet wird. Diese Lipolyse kann im peripheren Blut anhand der Konzentrationen der NEFA abgelesen werden, die auch in dem hier beschriebenen Projekt zur Geburt hin ansteigen und eine maximale Höhe unmittelbar postpartum erreichen. Ist in der Leber nicht ausreichend Oxalacetat im Citratzyklus vorhanden, um gleichzeitig Gluconeogenese und Abbau der Fettsäuren zu realisieren, kommt es zur Ketogenese, die sich in ansteigenden BHB Konzentrationen abzeichnet [4]. Diese klassischen Veränderungen der gewählten Parameter konnten hier bestätigt werden (Abbildung 2).



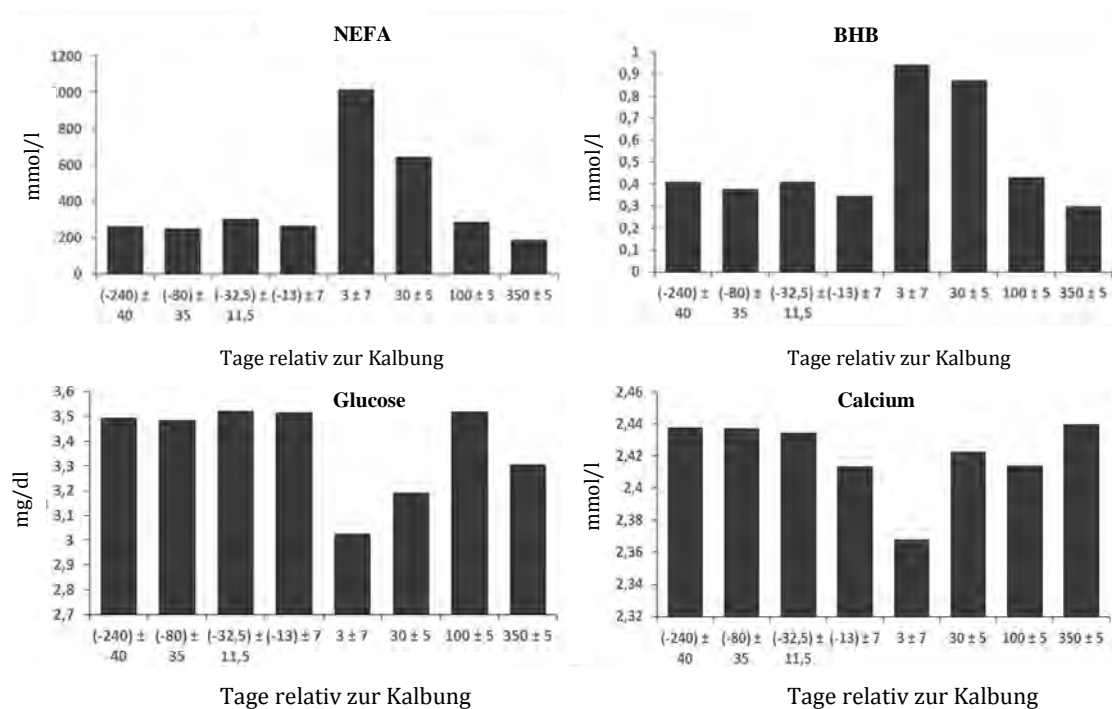


Abb. 2. Darstellung der NEFA, BHB, Glucose und Calciumkonzentrationen (Darstellung als Mittelwerte) relativ zur Abkalbung.

Als einen wichtigen endokrinen Schlüsselmechanismus für diese notwendigerweise stattfindende Lipolyse ist die somatotrope Achse und Insulin von Bedeutung. Bereits vor der Geburt wird die Leber refraktär gegenüber Wachstumshormon. Aus diesem Grund kommt es zu einer geringen IGF-1 Produktion in der Leber. Dieses Hormon unterdrückt normalerweise die Wachstumshormonausschüttung. Ist es aber in geringerer Menge vorhanden, so kann vermehrt Wachstumshormon ausgeschüttet werden. Dieses führt zu einer Insulinresistenz und bedingt Lipolyse [5, 6]. Klassischerweise sieht man daher im Blut sinkende IGF-1 und Insulinkonzentrationen (Abbildung 3.)

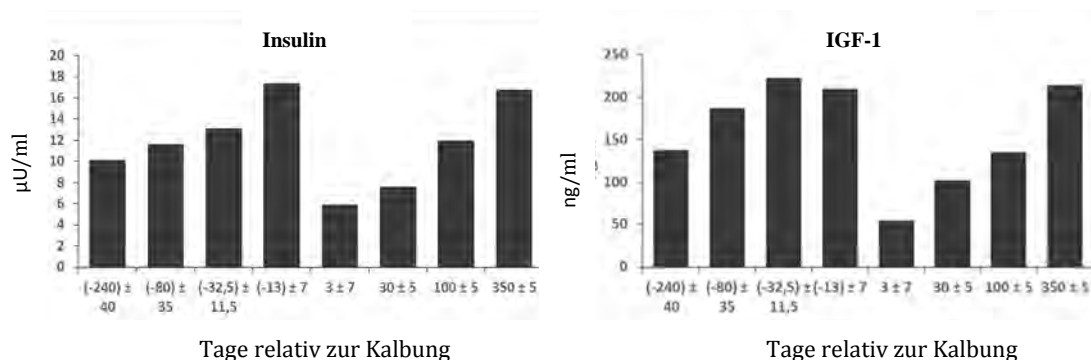


Abb. 3. Darstellung der Insulin und IGF-1 Konzentrationen (Darstellung als Mittelwerte) relativ zur Abkalbung.

## 4. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es zu einem charakteristischen Verlauf der Blutparameter kommt. Nachfolgend an eine verminderte Futterraufnahme rund um die Geburt und damit einhergehend negativem Energiesaldo verschieben sich die erfassten Kennwerte. Als Ausblick wird in Folge ein Augenmerk auf Unterschiede in den Stoffwechselfparametern zwischen den einzelnen Fütterungsgruppen gelegt.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder, Heft 8, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- [2] DLG (2001): Struktur- und Kohlenhydratversorgung der Milchkuh. DLG-Information 2/2001 des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung, Frankfurt a.M.
- [3] DLG (2012): Fütterungsempfehlungen für Milchkühe im geburtsnahem Zeitraum. DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- [4] Bell AW. (1995): Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J Anim Sci.* 1995 73, 2804-2819.
- [5] Lucy, M.C., Verkerk, G.A., Whyte, B. E., Macdonald, K. A., Burton, L., Cursons, R. T., Roche, J. R., Holmes, C. W. (2009): Somatotropic axis components and nutrient partitioning in genetically diverse dairy cows managed under different feed allowances in a pasture system. *J Dairy Sci.* 2009 92, 526-539.
- [6] Piechotta, M., Sander, A. K., Kastelic, J. P., Wilde, R., Heppelmann, M., Rudolphi, B., Schuberth, H. J., Bollwein, H., Kaske, M. (2012): Short communication: Prepartum plasma insulin-like growth factor-I concentrations based on day of insemination are lower in cows developing postpartum diseases. *J Dairy Sci.* 2012 95, 1367-1370.

# Untersuchungen zur Inzidenz ausgewählter Krankheitskomplexe bei Milchkühen in Abhängigkeit von Rasse und Fütterungsintensität

S. Kiel<sup>1</sup>, P. Hertel-Böhnke<sup>1</sup>, H. Spiekers<sup>1</sup>, R. Mansfeld<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Poing-Grub

<sup>2</sup>Ludwig-Maximilians-Universität München, Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung, München

## Zusammenfassung

Die stetige Leistungssteigerung der Milchkühe, herbeigeführt durch die Zucht auf hohe Milchleistung und intensivierete Fütterung, hat einen wesentlichen Einfluss auf die Stoffwechsellage der Kuh und kann bei anhaltend hohem Energiedefizit zu Verlusten an Körpersubstanz, zu verminderter Fruchtbarkeit und metabolischen Entgleisungen, wie z.B. Ketose oder hypokalzämischer Gebärparese führen [1]. Einflüsse der Rasse und der Fütterungsintensität auf die metabolische Stabilität der Milchkühe werden diskutiert. Vor diesem Hintergrund sollte die Gesundheit der Kühe im Forschungsvorhaben „optiKuh“ genauer betrachtet werden und die Krankheitsinzidenz besonders im Hinblick auf Unterschiede zwischen den Rassen herausgearbeitet werden.

## 1. Einleitung

Das Verbundprojekt „optiKuh“ soll einen Beitrag zur Züchtung auf Futteraufnahme und Stoffwechselstabilität bei Milchrindern und somit zu einem verbesserten Tierwohl leisten. Dazu ist es wichtig, den Einfluss der Fütterungsintensität und der genomischen Individualität auf die Stoffwechselstabilität der Milchkühe zu bestimmen. Das Ziel dieser Studie war die Untersuchung der Rassenunterschiede und des Einflusses des Kraft- und Grobfutterniveaus in Bezug auf die Inzidenz ausgewählter Krankheitskomplexe.

## 2. Material und Methoden

Für die Untersuchungen wurden die Tiere in zwei Versuchsvarianten eingeteilt.

In Variante A gab es unterschiedliche Fütterungsintensitäten mit je zwei Energieniveaus in der Grobfutterqualität (Ausnahme in Aulendorf und Triesdorf nur Fütterung mit 6,5 MJ NEL/kg TM, s. vorstehende Beiträge im Tagungsband) und im Kraftfutter (Tab. 1).

Tab. 1: Die unterschiedlichen Fütterungsintensitäten in Versuchsvariante A

6,1 MJ NEL/kg TM Grobfutter + 150 g/kg ECM Kraftfutter	6,1 MJ NEL/kg TM Grobfutter + 250 g/kg ECM Kraftfutter
6,5 MJ NEL/kg TM Grobfutter + 150 g/kg ECM Kraftfutter	6,5 MJ NEL/kg TM Grobfutter + 250 g/kg ECM Kraftfutter

In Variante B wurde nach den Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2001) [2] und der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG, 2012) [3] gefüttert. Die Gesundheitsdaten der Kühe von 10 Versuchsstationen der Rassen Fleckvieh (FV) und Deutsche-Holstein (DH) wurden über den gesamten Versuchszeitraum erhoben. Für die Auswertung wurden Daten von 990 DH Kühen aus sieben Versuchsbetrieben und von 208 FV Kühen aus drei Versuchsbetrieben berücksichtigt. Um eine Vergleichbarkeit der Krankheitsinzidenzen zu gewährleisten, wurde nur das erste Drittel der Laktation untersucht. Die Diagnosen aller Kühe, die der Tierarzt während des Versuchszeitraums stellte, wurden in die Komplexe Euter, Fruchtbarkeit, Klauen, Stoffwechsel, Atmungsorgane, Verdauungsorgane und Sonstiges unterteilt. Im Anschluss fasste man alle Kühe, die im jeweiligen Krankheitskomplex mindestens eine Diagnose hatten, zusammen. Es folgte die Berechnung der prozentualen Erkrankungshäufigkeiten in Abhängigkeit von Rasse und Fütterungsintensität. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm IBM SPSS (IBM, Version 25) auf Signifikanzen (U-Mann Whitney Test und Kruskal-Wallis-Test).

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Wie in Abb. 1 ersichtlich, kommt es im Komplex der Stoffwechselerkrankungen bei Fleckviehkühen signifikant häufiger zu Erkrankungen als bei Kühen der Rasse Deutsche Holstein ( $p=0,021$ ). Jedoch darf hier nicht außer Acht gelassen werden, dass es große Unterschiede in den Tierzahlen (990 DH- und 208 FV-Kühe) und in der Anzahl der Betriebe gibt (7 DH- und 3 FV-Betriebe). Bei genauer Betrachtung der Erkrankungen auf Einzeltierebene fielen deutliche Unterschiede zwischen den Betrieben auf. Der Vergleich der Krankheitsinzidenzen der Tiere in Versuchsvariante A (mit verschiedenen Fütterungsintensitäten) und Versuchsvariante B (Fütterung nach Norm) ergab keine Unterschiede.

Allgemein fällt eine hohe Erkrankungsinzidenz in den Bereichen Klaue und Fruchtbarkeit auf. Dies sind zwei Bereiche, in denen das Management der Tiere und die Erfassung und Dokumentation einen sehr hohen Einfluss haben. Außerdem waren auf keinem Betrieb beide Rassen vertreten, um einen vom Betriebseinfluss unabhängigen Vergleich durchführen zu können.

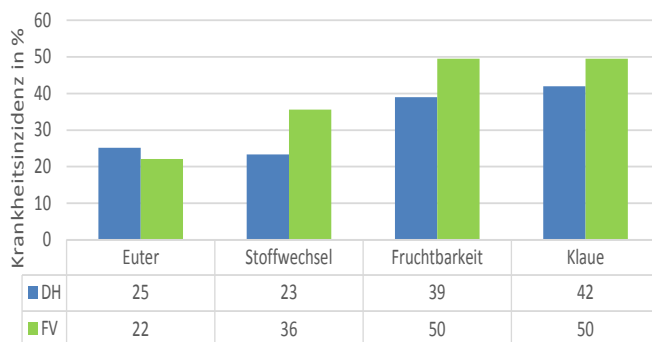


Abb. 1: Rasseabhängiger Vergleich ausgewählter Krankheitskomplexe im Verbundvorhaben optiKuh, (n= 208 FV, 990 DH)

#### 4. Schlussfolgerungen

Aus den vorliegenden Untersuchungen wird der Schluss gezogen, dass der Einfluss der Rasse und der Fütterung [4], [5] auf die Gesundheit der Milchkühe nicht so bedeutend ist, wie der Einfluss des Managements und der Haltungsumgebung. So treten z.B. Klauenerkrankungen in der Stallhaltung häufiger auf, als bei Weidehaltung [6]. Die Eutergesundheit korreliert positiv mit dem Fokus des Betriebs auf den Zellgehalt in der Milchprobe [7]. Somit sollte das Hauptaugenmerk, in Bezug auf das Tierwohl und die Gesundheit der Kühe, auf einem guten Controlling der Tiere und Management des Betriebs liegen. Um der, durch die gestiegene Milchleistung bedingten, hohen Krankheitsinzidenz zukünftig besser entgegenzuwirken, sollen die vorliegenden Untersuchungen in die Etablierung eines neuen Stoffwechselprofils zum Controlling der Milchkühe und somit zur Krankheitsprävention einfließen.

#### 5. Literaturverzeichnis

- [1] Stangassinger M (2003): Beurteilung und Aussagekraft der Untersuchung von Blutparametern zur Erkennung von Fütterungsfehlern. 30. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht BAL Gumpenstein.
- [2] GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Heft 8, DLG-Verlag, Frankfurt a. Main, Germany.
- [3] DLG (2012): Fütterungsempfehlungen für Milchkühe im geburtsnahen Zeitraum. Information des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung, DLG-Verlag Frankfurt a. M.
- [4] Overton, T. R.; Waldron, M. R. (2004): Nutritional Management of Transition Dairy Cows. Strategies to Optimize Metabolic Health. in: *Journal of Dairy Science* 87, E105-E119. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)70066-1.
- [5] Andersson, L., Lundström, K. (1981): The Influence of Breed, Age, Body Weight and Season on Digital Diseases and Hoof Size in Dairy Cows. in: *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A* 28 (2), S. 141–151. DOI: 10.1111/j.1439-0442.1981.tb01174.x.
- [6] Baggott, D. G., Russell, A. M. (1981): Lameness in Cattle. In: *British Veterinary Journal* 137 (1), S. 113–132. DOI: 10.1016/S0007-1935(17)31799-2.
- [7] Rougoor, C.W, Hanekamp, W.J.A, Dijkhuizen, A.A, Nielen, M., Wilmink, J.B.M (1999): Relationships between dairy cow mastitis and fertility management and farm performance. in: *Preventive Veterinary Medicine* 39 (4), S. 247–264. DOI: 10.1016/S0167-5877(99)00007-0.

# Einfluss von Energiekonzentration im Grobfutter sowie Menge an Kraftfutter auf metabolische Parameter bei Milchkühen der Rasse Deutsche Holstein während der Frühlaktation

R. Schmitz<sup>1</sup>, K. Schnabel<sup>1</sup>, D. von Soosten<sup>1</sup>, U. Meyer<sup>1</sup>, J. Rehage<sup>2</sup>, H. Spiekers<sup>3</sup>, S. Dänicke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Institut für Tierernährung, Braunschweig

<sup>2</sup>Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Klinik für Rinder, Hannover

<sup>3</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Poing-Grub

## Zusammenfassung

Es wurde im vorliegenden Versuch untersucht, wie sich unterschiedliche Energieaufnahmen durch das Grob- und Kraftfutter im postpartalen Zeitraum auf den Energiesaldo sowie auf metabolische Blutparameter von pluriparen Kühen der Rasse Deutsche Holstein während der Frühlaktation auswirken. Nach der Kalbung wurden die Kühe in einem zweifaktoriellen Design in vier Gruppen eingeteilt, die unterschiedliche Energiekonzentrationen im Grobfutter sowie unterschiedliche Kraftfuttermengen erhielten. In den Ergebnissen zeigte sich, dass die Gruppen mit erhöhter Kraftfuttermenge eine signifikant höhere Energieaufnahme aufwiesen und dies positive Auswirkungen auf den Energiesaldo hatte. Jedoch konnten keine Unterschiede hinsichtlich der metabolischen Blutparametern zwischen den Fütterungsgruppen nachgewiesen werden. Die Gruppe 6,1/150, welche die Ration mit der geringsten Energiekonzentration erhielt, zeigte acht Tage nach der Kalbung numerisch den höchsten Gehalt an  $\beta$ -Hydroxybutyrat im Blut, was auf einen Energiemangel der Kühe in dieser Phase hindeuten kann.

## 1. Einleitung

Die peripartale Phase sowie die Frühlaktation sind von starken metabolischen Veränderungen geprägt, da sich hochleistende Milchkühe in dieser Zeit an die einsetzende Milchleistung anpassen müssen und sie sich hierdurch in einem negativen Energiesaldo befinden [2]. Aus diesem Grund sind die Konzentrationen an Insulin und Insulin-like growth factor-1 (IGF-1) im Blut herabgesetzt und es kommt durch die erhöhte Lipomobilisation zum Anstieg von  $\beta$ -Hydroxybutyrat (BHB) sowie den nicht-veresterten Fettsäuren (NEFA). Zudem ist der Gehalt an Adiponketin, welches eine insulin-sensitivierende Wirkung ausübt, während der peripartalen Phase herabgesetzt [3], wodurch die katabole Stoffwechsellaage weiter verstärkt wird.

In diesem Zusammenhang haben wir in unserer Studie untersucht, wie sich unterschiedliche Energieaufnahmen durch das Grob- und Kraftfutter im postpartalen Zeitraum auf den Energiesaldo sowie die metabolischen Blutparameter der Milchkühe auswirken, um hierüber Rückschlüsse auf die Energieversorgung sowie die Gesundheit der Tiere ziehen zu können.

## 2. Material und Methoden

Es wurde im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojektes optiKuh ein Fütterungsversuch mit 64 Michkühen der Rasse Deutsche Holstein durchgeführt, die im Zeitraum von drei Wochen antepartum bis 16 Wochen postpartum gehalten wurden [4]. Während der Trockenstehzeit erhielten alle Kühe eine identische Ration nach den Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie [5]. Postpartal wurden die Tiere in einem 2x2 faktoriellen Design in vier verschiedene Fütterungsgruppen mit jeweils 16 Tieren eingeteilt, wobei sie Grobfutter mit geringerem (6,1 MJ NEL pro kg Trockenmasse (TM)) oder höherem Energiegehalt (6,5 MJ NEL pro kg TM) *ad libitum* als Bestandteil einer partiellen Mischration erhielten. Diese unterschiedlichen Energiegehalte wurden durch Einmischen von Stroh erreicht (18 % der TM im Grobfutter der Gruppe 6,1 MJ NEL und 6 % der TM im Grobfutter der Gruppe 6,5 MJ NEL). Zudem erhielten die Kühe Kraftfutter in geringerer Menge (150 g pro kg energiekorrigierter Milchleistung (ECM)) oder höherer Menge (250 g pro kg ECM). Dieses ergänzende Kraftfutter wurde in den Gruppen nach erwartetem Verlauf der Milchleistung unabhängig von der Leistung des Einzeltieres über Kraftfutterautomaten zugeteilt.

Während des Versuches wurden an den Tagen -50, -14, 8, 28 und 100 relativ zur Kalbung Blutproben entnommen und auf die Konzentrationen von BHB, NEFA, Glukose, Insulin, IGF-1 und Adiponektin hin untersucht. Die Futteraufnahme sowie die Milchleistung wurden täglich erfasst und der Energiesaldo nach Berechnungsvorschlägen von Susenbeth auf Basis ME [1] als Differenz zwischen Energieaufnahme und Energiebedarf berechnet. Daten wurden mit der MIXED Prozedur von SAS 9.4 analysiert, wobei der Energiegehalt im Grobfutter (GF), die Kraftfuttermenge (KF) und der Messzeitpunkt (Z) sowie deren Interaktionen als fixe Effekte und die Kuh als Random-Effekt gewählt wurden. Die Basalwerte von Tag -50 der einzelnen Kühe wurden als Kovariablen in die Statistik einbezogen.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

In unserer Studie zeigten Kühe mit größerer Kraftfutterzuteilung eine höhere Energieaufnahme (Abbildung 1;  $p < 0,001$ ), wodurch auch der Energiesaldo in diesen Gruppen weniger negativ war als in den Gruppen mit geringerer Kraftfutterzuteilung ( $-36,3 \pm 2,5$  MJ ME vs.  $-16,9 \pm 2,5$  MJ ME,  $p < 0,001$ ).

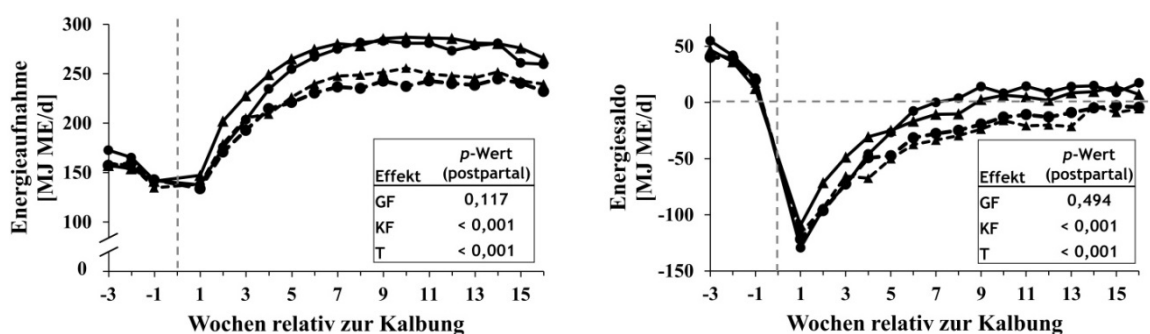


Abb. 1: Einfluss von Energiekonzentration im Grobfutter (GF), Kraftfuttermenge (KF) und Zeit (T) auf die Energieaufnahme und den Energiesaldo. Nach der Kalbung erhielten die Kühe Grobfutter mit geringerem (●) oder höherem (▲) Energiegehalt und geringere (---) oder höhere (—) Mengen an Kraftfutter. Werte sind als LS-Means angegeben.

Bei den metabolischen Blutparametern konnten die physiologischen Anpassungen während der peripartalen Phase beobachtet werden, sodass signifikant höhere Blutkonzentrationen an BHB 8 und 28 Tage nach der Kalbung gemessen wurden ( $p < 0,001$ ; Abbildung 2) und auch NEFA waren zu diesen Zeitpunkten signifikant erhöht ( $p < 0,001$ ). Die Gehalte an Insulin und Adiponektin im Blut waren hingegen an den Tagen 8 und 28 signifikant niedriger als an Tag 100 ( $p < 0,001$  und  $p = 0,009$ ). Ähnlich wie Insulin war auch die Blutkonzentration an IGF-1 an den Tagen 8 und 28 nach der Kalbung signifikant vermindert. Die Blutkonzentration an Glukose war präpartal höher als postpartal. Hier jedoch ließ sich keine zeitliche Veränderung während der postpartalen Phase nachweisen. Die verminderten postpartalen Glukosekonzentrationen erklären sich durch die erhöhte Laktose-synthese aufgrund der hohen Milchleistung und dem hieraus resultierten verstärkten Bedarf an Glukose. Die zeitlichen Verläufe der metabolischen Blutparameter spiegeln die physiologischen Anpassungen im peripartalen Zeitraum wider und sind charakteristisch für diese Phase

Es wurden bei den metabolischen Blutparametern jedoch keine Unterschiede zwischen den Gruppen gefunden, sodass die Unterschiede im Energiesaldo keine signifikanten Einflüsse auf den Metabolismus der Kühe hatten. Auffällig hierbei ist allerdings, dass sich bei der Gruppe 6,1/150 in der ersten Woche postpartum numerisch die höchsten BHB-Konzentrationen im Blut zeigten.

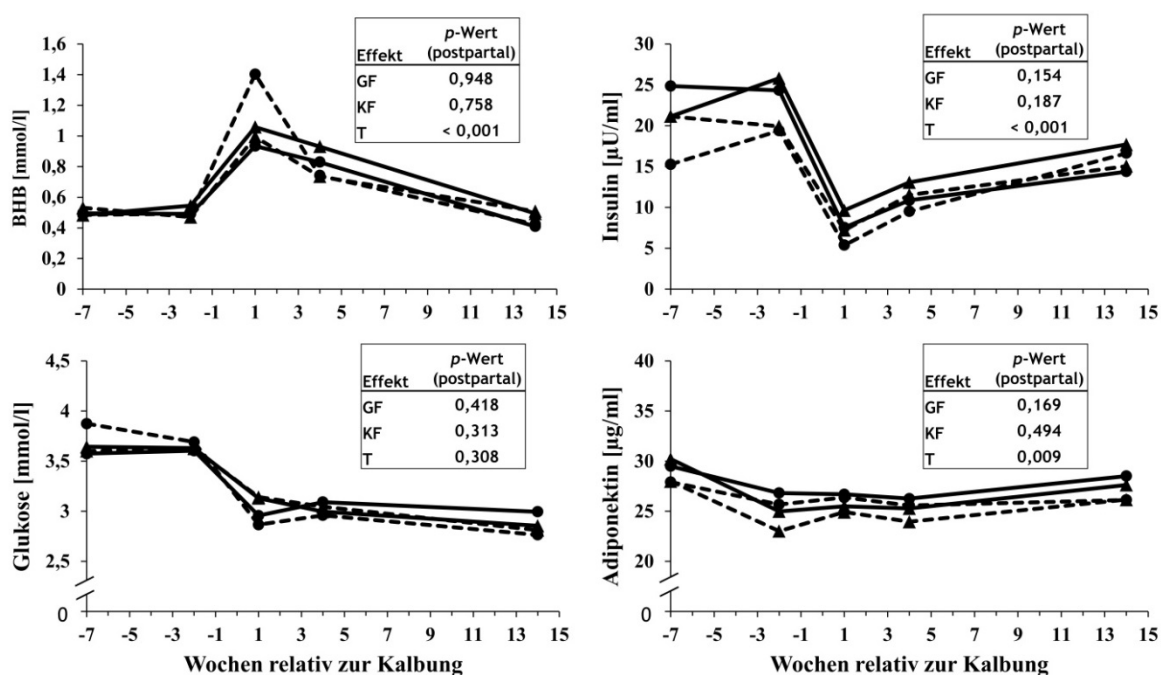


Abb. 2: Einfluss von Energiekonzentration im Grobfutter (GF), Kraftfuttermenge (KF) und Zeit (T) auf die Blutkonzentrationen von  $\beta$ -Hydroxybutyrat (BHB), Glukose, Insulin und Adiponektin. Nach der Kalbung erhielten die Kühe Grobfutter mit geringerem ( $\bullet$ ) oder höherem ( $\blacktriangle$ ) Energiegehalt und geringere (---) oder höhere (—) Mengen an Kraftfutter. Werte sind als LS-Means angegeben.



## 4. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse des Versuches zeigen, dass eine erhöhte Kraftfuttergabe zu einer höheren Energieaufnahme und hierdurch zu einem abgemilderten negativen Energiesaldo führte. Bei Gruppen mit 250 g Kraftfutter pro kg ECM war der Energiesaldo höher und die Kühe erreichten schneller einen positiven Energiesaldo.

Es konnte jedoch bei den metabolischen Blutparametern im postpartalen Zeitraum kein Unterschied zwischen den Fütterungsgruppen aufgezeigt werden, sodass die stärkere negative Energiebilanz in den Gruppen mit geringer Kraftfuttergabe keine signifikanten Auswirkungen auf den Metabolismus der Kühe hatte, wobei aber der BHB Gehalt der 6.1/150 Gruppe eine Woche nach der Kalbung numerisch erhöht war.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Susenbeth, A., Vorschlag zur Berechnung des Energiebedarfs der Milchkuh (19.02.2016); s. auch *Beitrag Susenbeth (2018), LfL Schriftenreihe 2/2018*
- [2] Grummer, R. R. (1995): Impact of Changes in Organic Nutrient Metabolism on Feeding the Transition Dairy-Cow. *J Anim Sci* 73:2820-2833.
- [3] Singh, S. P., S. Häussler, J. J. Gross, F. J. Schwarz, R. M. Bruckmaier, and H. Sauerwein (2014): Short communication: Circulating and milk adiponectin change differently during energy deficiency at different stages of lactation in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97:1535-1542. doi:10.3168/jds.2013-7598.
- [4] Schmitz, R., K. Schnabel, D. von Soosten, U. Meyer, H. Spiekers, J. Rehage, and S. Dänicke (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. Anim. Nutr.* 72:100-120. doi:10.1080/1745039X.2018.1428417.
- [5] GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Milchkühen und Aufzuchttrindern. Heft 8, DLG-Verlags GmbH, Frankfurt am Main, Germany.

# Untersuchung zur standardisierten Analyse von Fettsäuren im Rinderhaar

R. Möller<sup>1</sup>, D. Dannenberger<sup>2</sup>, G. Nürnberg<sup>3</sup>, W. Ruth<sup>4</sup>, G. A. Brockmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer - Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Züchtungsbiologie und Molekulare Genetik

<sup>2</sup>Leibniz-Institut für Nutztierbiologie, Institut für Muskelbiologie und Wachstum  
AG Lipidmetabolismus und muskuläre Adaptation, Dummerstorf

<sup>3</sup>Leibniz-Institut für Nutztierbiologie, Institut für Genetik und Biometrie, Dummerstorf

<sup>4</sup>Universität Rostock, Institut für Chemie, Abteilung Technische und Analytische Chemie

## Zusammenfassung

Bisherige Ergebnisse haben gezeigt, dass die Fettsäurezusammensetzung von Rinderhaaren mit der Reproduktion und Milcheiweißleistung korreliert und deshalb als Biomarker für die Energieversorgung bei laktierenden Kühen genutzt werden könnte. Die bisher genutzte Methode zur Fettsäureanalytik ist zeitaufwändig und teuer. Um den Biomarker für die Praxis anwendbar zu machen, ist es notwendig, die Aufarbeitung der Proben zu optimieren, bei gleichzeitiger Sicherung einer hohen Sensitivität der Methode. Zur Optimierung der Methode wurden (1) die Probenvorbereitung der Haare (Mörser vs. Mühle), (2) die Lipidextraktion (Standardextraktion vs. Kit-Extraktion) und (3) die Veresterung der Fettsäuren (mit und ohne Konzentrierung im Vakuum) vergleichend untersucht. Im Ergebnis konnte gezeigt werden, dass eine Optimierung der Analytik von Fettsäuren in Rinderhaaren durch die Zerkleinerung der Haare mittels Schwingmühle, den Einsatz eines Extraktions-Kits und die direkte Injektion in den Gaschromatographen erreicht wird.

## 1. Einleitung

Bisherige Ergebnisse haben gezeigt, dass die Fettsäurezusammensetzung im Rinderhaar, insbesondere die *de novo* gebildete Fettsäure C12:0, mit der Milcheiweißleistung und Reproduktion von Kühen korreliert und deshalb als Biomarker für die Energieversorgung genutzt werden könnte [1]. Rinderhaare sind zuverlässig und ohne großen finanziellen und personellen Aufwand zugänglich, einfach zu lagern und bieten damit ein sehr gutes Ausgangsmaterial zur Bestimmung von Biomarkern. Die gegenwärtige Methode zur Fettsäureanalytik basiert auf einem mehrstufigen, zeitaufwändigen und teuren Procedere. Um die Methode praxis-relevant, also kostengünstig und auf hohen Probendurchsatz ausgerichtet, zu gestalten, ist eine Optimierung erforderlich. Deshalb ist das Ziel der vorliegenden Untersuchung Zeit bei der Analytik von Marker-Fettsäuren im Rinderhaar einzusparen, bei gleichzeitiger Sicherung einer hohen Sensitivität in der Detektion der Fettsäuren.

## 2. Material und Methoden

Für die Untersuchung wurde je eine Haarprobe am 07.02.2017 von 14 Holstein Friesian Kühen der dritten Laktation ( $207 \pm 120$  Tage *p.p.*) von einer experimentellen Versuchseinrichtung (Leibniz-Institut für Nutztierbiologie, Dummerstorf, Deutschland) genommen. Die mit *n*-Heptan gereinigten Proben wurden genutzt, um das Standardprotokoll mit alternativen Varianten zur Fettsäureanalyse in Dreifachbestimmung zu analysieren. Für die Probenaufarbeitung wurde die unterschiedliche Größe der Haarpartikel nach Zerkleinere-

rung mit dem Mörser und der Schwingmühle getestet. Bei der Lipidextraktion wurde ein Vergleich zwischen der Standardextraktion nach Folch *et al.* [2] und der Extraktion mit einem Kit (Fa. Sigma-Aldrich) durchgeführt. Bei der Veresterung der Fettsäuren wurde die Behandlung der Methylierungsextrakte mit und ohne Aufkonzentrierung mittels Vakuumzentrifugation untersucht, und die für die Sicherung der Sensitivität der Detektion der Fettsäuren resultierenden Einstellungen in der Gaschromatographie angepasst (Tab. 1).

Tab. 1: Getestete Varianten im Protokoll zur Fettsäureanalyse von Rinderhaaren

Schritt	Parameter	Varianten
1) Probenvorbereitung	Größe der Haarpartikel	a) mit Mörser b) mit Mühle
2) Lipidextraktion	Zeit für Lipidextraktion	a) Standard [2] b) Kit (Fa. Sigma-Aldrich)
3) Veresterung der Fettsäuren	Aufkonzentrierung des Methylierungsextrakts	a) mit Aufkonzentrierung durch Vakuumzentrifugation b) ohne Aufkonzentrierung
4) Fettsäuredetektion mittels Gaschromatographie	Sensitivität	a) mit Aufkonzentrierung durch Vakuumzentrifugation b) ohne Aufkonzentrierung

a) Standardprotokoll      b) Alternative Variante

Die Fettsäurezusammensetzung der Haarproben wurde unter Verwendung einer Kapillarsäule (CP SIL 88, 100m x 0,25mm; Agilent Technologies, USA) mit Hilfe der Gaschromatographie (Clarus 680 mit FID, Perkin Elmer Instruments, USA) bestimmt. Folgendes Temperaturprogramm kam zur Anwendung: 150°C 5 min halten, dann mit 2°C/min auf 200°C, 10 min halten, dann mit 1°C/min auf 225°C, 15 min halten.

Zur statistischen Auswertung wurde das Programm SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) verwendet. Das Signifikanzniveau lag bei  $P \leq 0,05$ . Zur Identifizierung von Unterschieden zwischen der Standardmethode und der alternativen Variante wurden die Mediane mit dem abhängigen Wilcoxon Test verglichen. Die Wiederholbarkeit  $\vartheta$  wurde für die Rohlipidextrakte, Gesamtfettsäuren sowie Einzelfettsäuren jeder untersuchten Methode unter Einbeziehung der berechneten Varianzkomponenten  $\sigma^2$  Probe und  $\sigma^2$  Fehler geschätzt [ $\vartheta = \sigma^2$  Probe / ( $\sigma^2$  Probe +  $\sigma^2$  Fehler)].

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Die Aufgabe der Untersuchung war Zeit bei der Analytik von Marker-Fettsäuren im Rinderhaar einzusparen. Dazu wurden die getesteten Alternativen in der Probenvorbereitung, Lipidextraktion, Veresterung der Fettsäuren und Fettsäuredetektion mittels Gaschromatographie hinsichtlich (1) der extrahierten Konzentrationen von Rohlipiden, Gesamtfettsäuren und/oder der mittelkettigen Fettsäure C12:0 und (2) des Einsparpotentials von Zeit im Protokoll bewertet.

### 1) Zerkleinerung der Haare

Die Haare wurden mit der Mühle in kleinere Haarpartikel als mit dem Mörser zerkleinert, was zu einer Vergrößerung der Oberfläche führte. Die Konzentrationen von Rohlipiden [mg/g Haar] und Gesamtfettsäuren [ $\mu$ g/g Haar] mit der Mühle waren signifikant höher als mit dem Mörser ( $P < 0,05$ ). Die Wiederholbarkeit für die Konzentration von Rohlipiden waren mit der Mühle 2,5-fach höher im Vergleich zum Mörser. Neben der erhöhten Fettextraktion und der standardisierten Zerkleinerung der Haare führte die Nutzung der Mühle außerdem zu einer zeitlichen Ersparnis.

### 2) Lipidextraktion

Die Konzentrationen von Rohlipiden [mg/g Haar] und Gesamtfettsäuren [ $\mu$ g/g Haar] sowie die C12:0-Konzentration [ $\mu$ g/g Haar] waren mit der Kit-Extraktion signifikant höher als mit der Standardmethode ( $P < 0,05$ ). Neben der erhöhten Extraktion von Fetten aus dem Haar war die Kit-Extraktion dreimal schneller als die Standardmethode, was zu einer erheblichen Erhöhung des Durchsatzes führte.

### 3) Veresterung der Fettsäuren

Die Konzentration von C12:0 im Haar [ $\mu$ g/g Haar] im unkonzentrierten Methylierungsextrakt war signifikant höher als im aufkonzentrierten Extrakt ( $P = 0,0001$ ). Für die Kit-Extraktion lag die Wiederholbarkeit der mittelkettigen Fettsäure C12:0 bei  $\eta = 0,95$ . Die Aufkonzentrierung des Methylierungsextraktes im Vakuum führte zu einem Verlust an der mittelkettigen Fettsäure C12:0. Daher wird vorgeschlagen, diesen Schritt im optimierten Protokoll nicht durchzuführen.

### 4) Fettsäuredetektion mittels Gaschromatographie

Über 30 Fettsäuren wurden nach Anpassung von Einstellungen am Gaschromatographen in den aufkonzentrierten und auch in den unkonzentrierten Extrakten sicher bestimmt, somit ist die Sensitivität für beide Varianten sichergestellt. Änderungen im Temperaturprogramm des Gaschromatographen wurden nicht vorgenommen.

## 4. Schlussfolgerungen

Im optimierten Protokoll werden die Haare mittels Schwingmühle zerkleinert, für die Fettsäureextraktion wird ein Extraktions-Kit verwendet und die Methylierungsextrakte werden direkt in den Gaschromatographen, ohne weitere Aufkonzentrierung, injiziert. Unter Verwendung des optimierten Protokolls kann der Probendurchsatz etwa um das 3-fache pro Woche (in Doppelbestimmung) erhöht werden.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Möller, R., Nürnberg, K., Schmitt, A., Brockmann, G.A. (2013): Relationship between hair fatty acid profile, reproduction, and milk performance in Holstein Friesian cows. *J. Anim. Sci.* 91, 1669-1676
- [2] Folch, J., Lees, M., Stanley, G.H. (1957): A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.* 226, 497-509

*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 wird aus Mitteln des Zweckvermögens des Bundes bei der Landwirtschaftlichen Rentenbank gefördert.*

### 3.6. Themenblock V – Nutzung von Milchkontrolldaten und MIR-Spektren, Sensoren und TKI

#### Nutzung von Sensoren – Datenüberblick, Erfahrungen und Ergebnisse

T. Jilg<sup>1</sup>, E. Gerster<sup>1</sup>, P. Hertel-Böhnke<sup>2</sup> und M. Pries<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), Aulendorf

<sup>2</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Poing-Grub

<sup>3</sup>Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, VBZL Haus Riswick, Kleve

#### Zusammenfassung

Die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Vormagensensoren (smaXtec®) und Nasenbandsensoren (RumiWatch®) bei der Erkennung und Vorbeugung einer eingeschränkten Pansengesundheit bei Milchkühen wurden in vitro und in vivo untersucht. Während paralleler Messung des pH-Werts im Vormagensystem wurde bei 37 % der geprüften Sensorpaare eine Differenz >0,2 pH-Einheiten erfasst. Somit wurde das Ergebnis der in vitro-Prüfung in vivo bestätigt: die Genauigkeit der Messung des absoluten pH-Wertes reichte nicht aus, um die Pansengesundheit beurteilen zu können. Die Korrelation der pH-Wert-Änderungen der parallel messenden Sensoren war hoch. Die Temperatur wurde von den Sensoren in vitro und in vivo genau erfasst. Die geprüften Nasenbandsensoren konnten die Wiederkäudauer gut erfassen, die Fressdauer wurde hingegen deutlich überschätzt.

#### 1. Einleitung

Die subklinische Pansenazidose (SARA) der Milchkuh wird definiert als Unterschreitung eines kritischen pH-Werts (5,6 - 5,8) im Pansen über längere Zeit [3]. Als tierbezogene Indikatoren zur Beurteilung eines Struktur Mangels werden Kau- und Wiederkäuparameter, der Milchfettgehalt und der pH-Wert im Pansen genannt [4]. Sensoren ermöglichen mittlerweile die kontinuierliche und nicht-invasive Erfassung dieser Parameter.

In der Vorhabensbeschreibung zum optiKuh-Projekt wurde zugesagt, die Eignung von Sensoren zur pH-Wert-Messung und zur Messung des Fressverhaltens (*Fressen, Wiederkäuen*) zu prüfen.

#### 2. Material und Methoden

Am LAZBW Aulendorf und an der LfL Grub wurden im Rahmen des Projektes optiKuh (*Variante A, optiKuh-Fütterungsversuch*) Vormagensensoren (*Modell SX-1042, smaXtec animal care sales GmbH, Graz*) und Nasenbandsensoren (*RumiWatch, Version 2.22, Itin & Hoch, Liestal*) auf ihre Messgenauigkeit hin überprüft [1, 2]. Die statistischen Auswertungen erfolgten mit dem Statistikprogramm SAS 9.4 (Signifikanzniveau  $p = 0,05$ ). Regressionen/ Varianzanalysen erfolgten mittels Prozedur MIXED für wiederholte Messungen.

Am LAZBW wurden 51 Vormagensensoren (Boli) der Fa. smaXtec in vitro in einer Pufferlösung mit pH-Wert 6,0 auf Kongruenz von pH-Wert und Temperatur mit einem kalibrierten pH-Meter getestet. 14 Tage ante partum wurden die Boli mit einem Eingebor in den Pansen verbracht, wo sie sich im Retikulum platzieren. Ein zweiter Bolus wurde nach dem gleichen Schema so nachgeschoben, dass die zwei Boli 5 Tage in vivo, parallel, innerhalb der Garantiezeit von 50 Tagen im Pansen messen konnten (Abb. 1). Es wurden insgesamt 27 Fleckvieh-Milchkühe mit je 2 Boli ausgestattet. In der in vitro-Phase gab es alle 20 Minuten, in der in vivo-Phase alle 10 Minuten Messpaare.

Laktationsphase	Trockenstellzeit	Vorbereitungs- fütterung	Kalbung	Laktation					
Laktationstag	-24	-14	0	11	21	22	23	24	25
Bolus 1	in vitro-Phase (Puffer)	in vivo (Pansen)			in vivo (Pansen)				
			Bolus 2	in vitro-Phase (Puffer)	parallel				
Ende Garantiezeit Bolus 1									

Abb. 1: Prüfschema für die Boli am LAZBW Aulendorf

An der LfL Grub wurden die pH-Wert-Messung von in Summe 24 Boli in vitro geprüft: 6 Boli blieben während der gesamten in-vitro-Phase (7 Tage) in einer Pufferlösung mit pH-Wert 6,0; 6 Boli blieben in einer Pufferlösung bei pH-Wert 7,0. 6 Boli wurden nach 3 Tagen in pH-Wert 7,0 auf pH-Wert 6,0 umgesetzt; 6 Boli wurden nach 3 Tagen von pH-Wert 6,0 auf pH-Wert 7,0 umgesetzt (Tab. 1).

Tab. 1: In vitro-Prüfschema für die Boli zur Messung des pH-Wertes an der LfL Grub

Anzahl Boli	Wechsel pH	pH der Pufferlösung		Dauer in Tagen	
		pH_1	pH_2	pH_1	pH_2
6	nein	6,0		7	
6	nein	7,0		7	
6	ja	7,0	6,0	3	4
6	ja	6,0	7,0	4	3

Sowohl am LAZBW als auch an der LfL Grub wurden die Nasenbandsensoren zur Erfassung von Fressdauer, Wiederkäudauer und der Dauer anderer Aktivitäten eingesetzt, am LAZBW parallel zur Erfassung der Fressdauer an Fress-Wiege-Trögen (Trog). An beiden Einrichtungen gab es zusätzlich Phasen mit Direktbeobachtung. Die Rohdaten wurden mit dem verfügbaren Converter (0.7.3.2) am LAZBW zu 60 Minuten-Intervallen, in Grub zu 1-Minuten- und 10 Minuten-Intervallen aufbereitet.

In Haus Riswick [5] wurden in einem Versuch vom Typ B (andere Versuche) über 50 Tage gleichzeitig smaXtec®-Sensoren zur pH-Wert-Messung im Vormagen und Heattime®Ruminact-Sensoren zur Messung der Wiederkäudauer eingesetzt. Diese Messungen wurden an 6 Terminen durch die Erfassung der physikalisch effektiven NDF (peNDF) ergänzt, um zu prüfen, ob das peNDF-Konzept zur Einschätzung der Strukturwirkung von TMR-Rationen für Milchkühe zuverlässig funktioniert.

### 3. Ergebnisse

#### Vormagensensoren in vitro-Phase

Über die gesamte in vitro-Phase ermittelten die Vormagensensoren am LAZBW einen um 0,17 signifikant geringeren pH-Wert der Pufferlösung als das pH-Meter. Der signifikante Unterschied im pH-Wert zwischen den Messmethoden bestätigte sich an allen einzelnen Tagen. Der Unterschied im pH-Wert zwischen den Messmethoden vergrößerte sich mit fortschreitender Einlegedauer (Tag 1: -0,15, Tag 9: -0,19). Einzelne Vormagensensoren wiesen allerdings, abweichend von der beschriebenen mittleren negativen Drift, eine individuelle Dynamik auf. Die erfassten Temperaturen unterschieden sich beim Vergleich der Messmethoden weder über die gesamte in vitro-Phase noch an einzelnen Tagen. In den Gruber Untersuchungen mit pH-Wert-Sensoren waren Abstände zu den Referenzwerten in der gleichen Größenordnung festzustellen. Der pH-Wechsel in der in vitro-Phase von pH 7,0 zu pH 6,0 führte zu plausiblen Messwerten. Im umgekehrten Fall, wenn von pH 6,0 nach pH 7,0 gewechselt wurde, drifteten die Messwerte innerhalb von zirka drei Stunden auf das Niveau von pH 6,0 zurück.

#### Vormagensensoren, in vivo-Phase

Der am LAZBW im Vormagensystem gemessene mittlere pH-Wert aller Boli 1, gemittelt über alle Tiere hinweg, betrug 6,30 bei einer Standardabweichung ( $\pm s$ ) von 0,19. Die Boli 2 maßen pH-Wert  $6,18 \pm 0,15$ . Die absolute pH-Wert-Differenz zwischen den Boli-Paaren betrug  $0,19 \pm 0,14$ . Tabelle 2 gibt einen Überblick über den Anteil der Boli-Paare in 6 Messfehlerklassen. Die garantierte Messgenauigkeit toleriert absolute pH-Wert-Differenzen bis 0,4, was 89 % der Boli-Paare erreichten. 37 % der Paare differierten um mehr als 0,2 pH-Wert-Einheiten. Die Diagnose von SARA, wie in der Einleitung definiert, ist bei der realisierten Messgenauigkeit nicht möglich. Die gemittelten Temperaturen in °C unterschieden sich nicht zwischen Bolus 1 ( $38,87 \pm 0,12$ ) und Bolus 2 ( $38,88 \pm 0,12$ ).

Tab. 2: Klassifizierung des Messfehlers im pH-Wert der Boli-Paare [1]

Klasse: Abstand pH-Wert	Anzahl Paare	% der Paare
$0,0 \leq \text{Abstand} \leq 0,1$	10	37
$0,1 < \text{Abstand} \leq 0,2$	7	26
$0,2 < \text{Abstand} \leq 0,3$	5	19
$0,3 < \text{Abstand} \leq 0,4$	2	7
$0,4 < \text{Abstand} \leq 0,5$	1	4
$0,5 < \text{Abstand} \leq 0,6$	2	7

Neben dem absoluten pH-Wert, wurde die Änderung des mittleren stündlichen pH-Werts ( $\Delta\text{pH}$ ), gemessen von Bolus 1 und Bolus 2, verglichen. Nach Berechnung des Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) für die pH-Wert-Änderung zwischen Bolus 1 und Bolus 2 wurden zwei Sensorpaare als Ausreißer identifiziert ( $r < 0,5$ ) und für nachfolgende Auswertung ausgeschlossen. Über die restlichen 25 Boli-Paare hinweg betrug  $r = 0,85$  ( $p < 0,001$ ). Die Spanne reichte bei den Paaren von  $r = 0,67$  bis  $r = 0,96$ . Durch das Aufnehmen der Variablen  $\Delta\text{pH}$  Bolus 2 in die Regressionsgleichung konnten 72 % der Fehlervarianz von  $\Delta\text{pH}$  Bolus 1 erklärt werden (signifikante Reduktion der Fehlervarianz), wie in Abb. 2 darge-

stellt. Die Ergebnisse zeigen, dass im Gegensatz zum absoluten pH-Wert die Änderung des pH-Werts mit ausreichender Genauigkeit erfasst wurde.

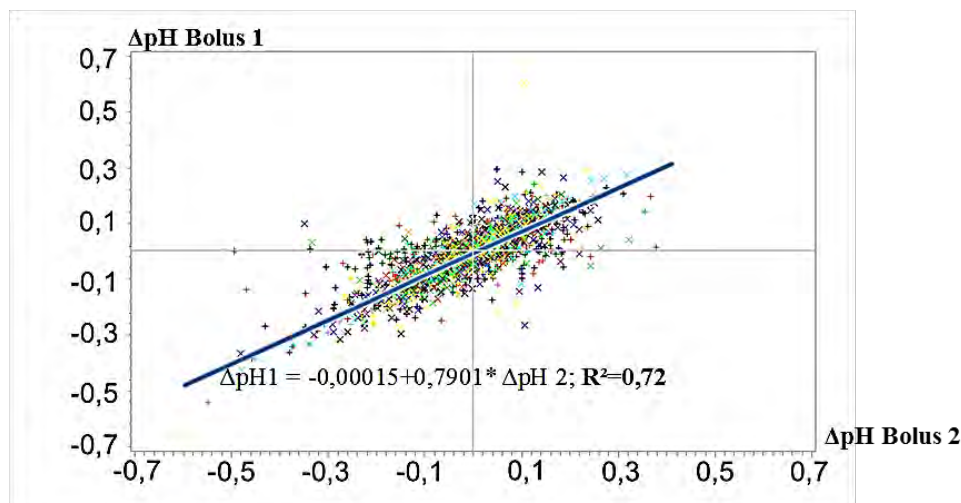


Abb. 2: Beziehung zwischen  $\Delta pH$  Bolus 1 und  $\Delta pH$  Bolus 2 in vivo [1]

### Nasenbandsensoren

In Tabelle 3 sind die LAZBW-Ergebnisse der ermittelten täglichen Dauern für Wiederkäuen, Fressen und andere Aktivitäten, untergliedert nach Messmethode, zusammengestellt. Der Nasenbandsensor (Halfter) überschätzte die Fressdauer im Vergleich zu den Ergebnissen am Trog signifikant um 214 Minuten/Tag. Das bedeutet, dass auch andere Aktivitäten vom Converter als „Fressen“ klassifiziert wurden.

Tab. 3: Ergebnis Vergleich der Tagessummen in Minuten am Trog und der mit Nasenbandsensor erfassten Aktivitäten (LS-Means) [1]

Aktivitäten	Trog	Halfter
Wiederkäudauer, Minuten	-	531
Fressdauer, Minuten	249 <sup>a</sup>	464 <sup>b</sup>
Dauer andere Aktivitäten, Minuten	-	414

<sup>a,b</sup> signifikante Unterschiede bei  $p < 0,05$

In der Direktbeobachtungsphase wurden am LAZBW 4 Kühe in Summe 340 Minuten auf ihre Aktivitäten hin beobachtet. Das Halfter konnte 80 % der Fehlervarianz der beobachteten Wiederkäudauer und 58 % der an den Trögen gemessenen Fressdauer erklären (Tab. 4).



Tab. 4: Beziehung zwischen Direktbeobachtung und Halfter am LAZBW [1]

Aktivitäten Direktbeobachtung	Trog	Halfter
	$R^2$ (%)	
Wiederkäudauer	-	80
Fressdauer	97	58
Dauer andere Aktivitäten	-	31

Die Regression der beobachteten Fressdauer aus der Fressdauer am Trog ergab ein Bestimmtheitsmaß von 97 %.

In den Direktbeobachtungen an der LfL Grub konnte der Nasenbandsensor (RumiWatch) 70 % der Fehlervarianz der beobachteten Wiederkäudauer und 78 % der der beobachteten Fressdauer erklären, wenn 1 Minuten-Intervalle ausgewertet wurden (Abb. 3).

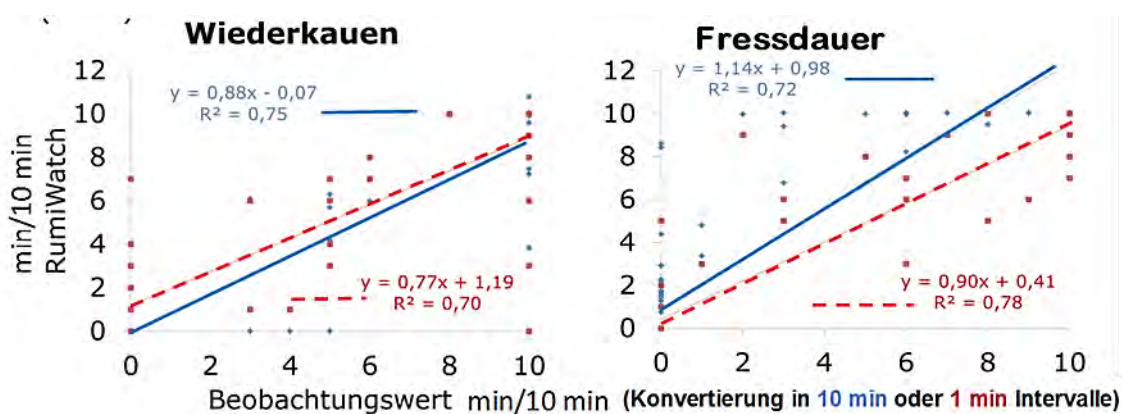


Abb. 3: Beziehungen zwischen Halfter und Direktbeobachtung an der LfL Grub [2]

### Zusammenhang zwischen Ergebnissen von pH-Wert- und Wiederkäusensoren und dem peNDF-Gehalt von Futtermischungen.

Die Riswicker Untersuchungen kommen zu den in Tab. 5 gelisteten Ergebnissen: Die durch Siebfraktionierung ersichtlichen prozentualen Unterschiede zwischen den Häckselvarianten des Grobfutters zeigen sich ebenfalls nach Berechnung der  $peNDF_{OM>8}$ .

Tab. 5: Wiederkäudauer, Pansen pH-Werte und peNDF im 50-tägigen Versuchszeitraum, MW  $\pm$  s [5]

Ration*	Hauptkomponente	Rohfaser	aNDF <sub>OM</sub>	peNDF <sub>OM &gt;8mm</sub>	Wiederkäudauer	Pansen-pH
		g/kg TM	g/kg TM	%	min/Tag	
<u>K</u> oS	Maissilage konv	169	341	17,8	555 <sup>a</sup> $\pm$ 50,5	5,9 $\pm$ 0,07
<u>K</u> mS	Maissilage konv	174	349	17,8	626 <sup>ab</sup> $\pm$ 47,5	6,2 $\pm$ 0,05
<u>S</u> oS	Maissil. Shredlage	167	332	19,6	649 <sup>b</sup> $\pm$ 46,4	6,2 $\pm$ 0,07
<u>S</u> mS	Maissil. Shredlage	171	340	19,3	678 <sup>b</sup> $\pm$ 44,5	6,2 $\pm$ 0,06
Ziel		>160	280 -320	>18%		$\emptyset \geq 6,1$

\*Konventionelle Maissilage                      Shredlage                      mS mit Stroh                      oS ohne Stroh

Die ermittelten peNDF<sub>OM >8</sub> Gehalte der Shredlage-Varianten (19,6 % und 19,3 %) sind in deutlich erhöhten Wiederkäudauern von 649 Minuten/Tag und 678 Minuten/Tag zu erkennen. Obwohl die Varianten KoS und KmS einen peNDF<sub>OM >8</sub> Gehalt von 17,8 % aufwiesen, gab es nominale Unterschiede in den Wiederkäudauern, die durch die Strohzulage erklärbar sind. Die Pansen pH-Werte, gemessen über den Bolus, zeigen deutliche nominale Unterschiede zwischen den Varianten KoS und KmS. Bei KoS lag der pH-Wert für mehr als 10 Stunden im Verlauf des Tages unterhalb des als kritisch angesehenen pH-Wertes von 5,8. In den anderen Futtergruppen wurde dieser Grenzwert nicht unterschritten. Die Werte bewegten sich immer deutlich oberhalb von pH-Wert 6,0. Das Ergebnis muss unter Berücksichtigung der oben dargestellten Messgenauigkeit der Sensoren, hinsichtlich des absoluten pH-Wert-Niveaus, gesehen werden.

#### 4. Schlussfolgerungen

Die im optiKuh-Projekt verwendeten smaXtec® pH-Sensoren erlaubten eine zuverlässige Messung der Temperatur im Retikulum oder in Pufferlösungen. pH-Wert-Veränderungen von 6,0 zu 7,0 und umgekehrt in Pufferlösungen konnten nicht zuverlässig gemessen werden. Insbesondere die pH-Wert-Veränderung von 6,0 zu 7,0 führte zu falschen Ergebnissen. Das absolute pH-Wert-Niveau konnte von den pH-Wert-Sensoren weder im Retikulum noch in der Pufferlösung ausreichend genau dargestellt werden. Es ist von durchschnittlichen Abweichungen von 0,2 pH-Wert-Einheiten auszugehen. Die Diagnose von SARA ist bei der realisierten Messgenauigkeit nicht möglich. Hingegen wurden Veränderungen im pH-Wert-Niveau im Retikulum zuverlässig detektiert.

Rumiwatch® Nasenbandsensoren eignete sich zur Erfassung der Wiederkäudauer. Die Fressdauer wurde nicht richtig eingeschätzt. Die Weiterentwicklung der Algorithmen zur Konvertierung der Rohdaten lässt Verbesserungen erwarten.

- Die von Sensoren gemessenen pH-Werte im Pansen und Wiederkäudauern spiegelten die unterschiedlichen peNDF-Gehalte der eingesetzten TMR gut wieder. Die Vorzüge der Bestimmung des Parameters peNDF<sub>OM</sub> in der Ration beruhen auf der einfachen und schnellen Durchführung durch den Penn-State-Particle-Separator in Verbindung mit dem aNDF<sub>OM</sub>-Gehalt der Ration. Aus den vorliegenden Betrachtungen ergibt sich

---

als Schlussfolgerung, dass die  $\text{peNDF}_{\text{OM}>8}$  eine geeignete Größe im Rahmen des Controllings ist, um ein azidotisches Risiko der Futterration abzuschätzen.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Gerster, E, M. Klingenstein , S. Mozes, T. Jilg, P. Theobald , M. Rodehutschord (2017): Untersuchungen zum Einsatz von Sensoren zur Beurteilung der Pansengesundheit von Milchkühen. BTU-Tagung Hohenheim
- [2] Schneider, M., A. Obermaier, P. Edelmann, T. Ertle (2016): Überprüfung von Nasenbandsensoren (RumiWatch) zur Erfassung von Wiederkauverhalten und Fressdauer bei Milchkühen. Forum angewandte Forschung, Fulda, VLK, Soest, Tagungsband, 35 -38
- [3] Zebeli, Q., Metzler-Zebeli, B.U. (2012): Interplay between rumen digestive disorders and diet-induced inflammation in dairy cattle. Research in Veterinary Science, 93, pp. 1099-1108
- [4] Steingaß, H.; Zebeli, Q. (2008): Strukturbewertung von Rationen für Milchkühe. 35. Viehwirtschaftliche Fachtagung. Hrsg. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, pp. 19-25
- [5] Speit, H., S. Hoppe, Ch. Hoffmanns, M. Pries, H. Westendarp (2017): Auswirkungen variierender  $\text{peNDF}$ -Gehalte auf Wiederkaudauer und Pansen pH-Werte bei Milchkühen. Forum angewandte Forschung Fulda. VLK, Soest, Tagungsband, 45 - 48

## Nutzung der MIR-Daten

F. Onken

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

Im Rahmen der Milchkontrolle werden von 3,7 Millionen Kühen (88 % aller deutschen Milchkühe) monatlich einzeltierbezogene Milchproben aller laktierenden Kühe gewonnen und deutschlandweit einheitlich, nach standardisierten Richtlinien, analysiert. Hierbei kommen moderne Hochdurchsatzuntersuchungsgeräte (Probendurchsatz 500-600 Proben/h) zum Einsatz, die die Milchezusammensetzung mittels Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie (FTIR-Spektroskopie) untersuchen. Da diese kostengünstige Messung im mittleren Infrarotbereich erfolgt, wird häufig - insbesondere international - anstatt FTIR der Begriff MIR verwendet.

MIR-Spektren werden heute routinemäßig bei jeder Milchprobe aus der Milchkontrolle erstellt, tierindividuell gespeichert und zur Bestimmung der Milch Inhaltsstoffe Fett, Eiweiß, Laktose und Harnstoff verwendet. Bereits kleinere Veränderungen der Milchezusammensetzung führen zu einer Änderung der entsprechenden Spektren - d.h., es können Milchbestandteile in sehr geringer Konzentration bestimmt werden. Für die zu bestimmenden Parameter sind jeweils separate Kalibriergleichungen zu erstellen. Hierbei werden die geschätzten Werte aus dem Spektrum mit dem gemessenen Wert aus der Referenzanalytik verknüpft. Für eine robuste Kalibriergleichung muss der gesamte Messbereich abgedeckt werden.

Grundsätzlich kann zwischen direkten und indirekten Messungen unterschieden werden.

Ein Beispiel für eine direkte Messung ist der Milchfettgehalt. Hierbei werden für die Kalibriergleichung Messwerte aus der Referenzanalytik für den Fettgehalt der Milch mit den Spektren verknüpft und die laufende Kalibrierung der Geräte erfolgt mithilfe von Standardmilchen, die einen mit der Referenzanalytik definierten Fettgehalt haben. Dieser ist von den Hochdurchsatzgeräten mit einem engen Toleranzbereich im Routineeinsatz nach max. 200 Proben an mindestens 2 Kontrollproben zu messen. In aktuellen deutschen Ringtestergebnissen beträgt die Standardabweichung für den Fettgehalt 0,015 %.

Neue Möglichkeiten ergeben sich mit indirekten Messungen. So wird beispielsweise für ein Ketosemonitoring nicht der Ketonkörper BHB gemessen, sondern es werden insbesondere die Beziehungen zu den Fettsäuremustern herangezogen. Ebenso bilden biochemische Zusammenhänge mit der Fettsäuresynthese bei Stoffwechselfvorgängen im Pansen und entsprechende Beziehungen zwischen Fettsäuremustern und Methanausstoß die Grundlage für die indirekte Messung der Methanemission wie auch Futtereffizienz von Milchkühen (Van Lingen et al., 2014; Van Gastelen & Dijkstra, 2016; Negussie et al., 2017) [3-5]. Darüber hinaus werden in aktuellen wissenschaftlichen Studien mögliche weitere spezifische Anwendungen aufgezeigt (z. B. Trächtigkeitsdiagnostik; Lainé et al., 2017) [2].

Bundesweit werden für die routinemäßige FTIR-Spektroskopie von Milchproben Geräte von zwei Herstellern verwendet (Bentley Instruments, FOSS), deren Ausgabeformate sich unterscheiden. Zwar können die ausgegebenen Spektren ineinander umgewandelt werden, jedoch gibt es Hinweise, dass für exakt vergleichbare Ergebnisse eine vorherige Standar-

disierung der verwendeten Geräte nötig ist (Grelet et al., 2015) [1]. So konnten Grelet et al. (2015) [1] im Projekt OptiMIR verdeutlichen, dass Abweichungen in der Feinanalytik durch Standardisierung der Geräte bzw. Spektren minimiert werden. Eine solche Standardisierung erfolgt in einigen deutschen Laboren und wäre vermutlich die Voraussetzung für die Nutzung gemeinsam entwickelter Kalibriergleichungen für die Parameter der indirekten Messungen.

Mit dem relativ neuen und sich rasant weiterentwickelnden Forschungsgebiet zur Nutzung von MIR-Daten ergeben sich vielfältige Möglichkeiten, die im Projekt optiKuh erhobenen Daten zu verwenden, beispielsweise als Referenzdaten für MIR Kalibriergleichungen zur Schätzung der Methanemission und Futtereffizienz von Milchkühen.

## Literaturverzeichnis

- [1] 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.
- [2] Lainé, A., Bastin, C., Grelet, C., Hammami, H., Colinet, F. G., Dale, L. M., Gillon, A., Vandenplas, J., Dehareng, F., Gengler, N. (2017): Assessing the effect of pregnancy stage on milk composition of dairy cows using mid-infrared spectra. *J. Dairy Sci.* 100, 2863-2876.
- [3] Negussie, E., de Haas, Y., Dehareng, F., Dewhurst, R. J., Dijkstra, J., Gengler, N., Morgavi, D. P., Soyeurt, H., van Gastelen, S., Yan, T., Biscarini, F. (2017): Large-scale indirect measurements for enteric methane emissions in dairy cattle: A review of proxies and their potential for use in management and breeding decisions. *J. Dairy Sci.* 100, 2433-2453.
- [4] Van Gastelen, S., Dijkstra, J. (2016): Prediction of methane emission from lactating dairy cows using milk fatty acids and mid-infrared spectroscopy. *J. Sci. Food and Agriculture* 96, 3963-3968.
- [5] Van Lingen, H. J., Crompton, L. A., Hendriks, W. H., Reynolds, C. K., Dijkstra, J. (2014): Meta-analysis of relationships between enteric methane yield and milk fatty acid profile in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 97, 7115-7132.

## **Transitkuhindex – Objektive Beurteilung des Transitkühmanagements!**

C. Koch<sup>1</sup> und T. Steppin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung, Hofgut Neumühle, Münchweiler an der Alsenz

<sup>2</sup>Zoetis Deutschland GmbH, Berlin

### **Zusammenfassung**

Die „Transitphase“, der Zeitraum drei Wochen vor bis drei Wochen nach der Geburt stellt für Milchkühe eine sehr kritische und sensible Phase in der Laktation dar. Sehr viele Erkrankungen wie z. B. Ketose, Azidose, Nachgeburtsverhaltungen, Metritis, Mastitis sowie Labmagenverlagerungen haben ihren Ursprung in dieser sensiblen Phase und wirken sich negativ auf die Tiergesundheit und die tierischen Leistungen aus. Hohe Abgangs- sowie Remontierungsraten sind die Folge. Jeder Landwirt und Herdenmanager weiß, dass Kühe mit Problemen im geburtsnahen Zeitraum deutlich weniger Milch in dieser Laktation produzieren, ein höheres Abgangsrisiko aufweisen und hohe Kosten verursachen. Aus den genannten Gründen ist die ständige Optimierung des Transitmanagements von höchster Priorität, um die Tiergesundheit sowie die Nutzungsdauer nachhaltig zu verbessern. Um Verbesserungen im Transitbereich vornehmen zu können, müssen jedoch Informationen über mögliche Fehlentwicklungen oder Probleme im Transitbereich vorliegen. Häufig wurde versucht anhand von Erkrankungen im geburtsnahen Zeitraum oder über Ergebnisse der ersten Milchleistungsprüfung (MLP) nach der Geburt Informationen zur Milchleistung oder Informationen über das betriebliche Transitmanagement zu erhalten. Beide Möglichkeiten haben jedoch aufgrund von vielfältigen Problemen, objektive Aussagen über das Transitmanagement zu erheben, nicht zum Erfolg geführt [1]. Aus den genannten Gründen haben Wissenschaftler an der Universität Wisconsin unter Federführung von Prof. Dr. Kenneth Nordlund den Transitkuhindex (TKI) entwickelt und auf Betriebsebene validiert um objektive Informationen über das betriebliche Transitmanagement zu generieren und im Rahmen des Herdenmanagements sinnvoll zu nutzen. Im Rahmen des bundesweiten Projektes optiKuh wurde der Transitkuhindex (TKI) für Holstein- und Fleckviehkühe geprüft, um den TKI für die praktische Nutzung zu validieren.

### **1. Einleitung**

Die Milchleistungen unserer Milchkühe sind in den letzten Jahren stetig angestiegen, wodurch sich die Stoffwechselleistungen deutlich erhöht haben. Da diese Stoffwechselleistungen stark von der produzierten Milchmenge und der realisierten Futteraufnahme abhängen, können wir diese nur bedingt durch Managementmaßnahmen beeinflussen. Da sich unsere Milchkühe tagtäglich mit einer Vielzahl von Stressoren auseinandersetzen müssen, gilt es zu prüfen, welche Stressoren durch das Management beeinflussbar sind? Als bekannte und wichtige Stressoren sind hier sozialer Stress, z. B. durch Umstellungen oder Überbelegung, Hitzestress, verminderter Kuh-Komfort oder grundlegende Erkrankungen zu nennen. Ein weiterer wichtiger Stressor ist unzweifelhaft das Ausmaß und die Dauer der negativen Energiebilanz in den ersten Laktationswochen nach der Geburt. All diese genannten Faktoren bewirken psychische sowie physiologische Reaktionen in den

Kühen. Diese Wirkungen von Stressoren auf Milchkühe wurden im Rahmen einer Übersichtsarbeit von Herrn Prof. Bradford klar definiert und zusammengefasst [2]. So können Stressoren wie z. B. sozialer Stress zu Entzündungsreaktionen im Stoffwechsel der Tiere führen, welche durch so genannte Stresshormone (Katecholamine) bei den Tieren messbar werden. Beispielsweise stellt die kontinuierliche Umstallung von Kühen aber vor allem von Färsen in eine Gruppe, einen eklatanten sozialen Stressor bei diesen Tieren dar. In der Folge von Rankämpfen und der damit einhergehenden möglichen unzureichenden Futteraufnahme oder verminderten Ruhezeiten, sind Leistungseinbußen und eine erhöhte Krankheitsanfälligkeit die logische Konsequenz. Aus den genannten Gründen sollten Gruppenwechsel so weit wie möglich im geburtsnahen Zeitraum vermieden werden. Umweltbedingungen wie Kälte aber vor allem Hitze führen gleichermaßen zu Stress bei den Tieren. So werden unter Hitzeperioden bei Milchkühen so genannte Hitzeschockproteine gebildet. Hitzeschockproteine sind Proteine, die anderen Proteinen bei der Funktionserhaltung unter Extrembedingungen helfen und vor einer Proteindenaturierung (Zerstörung) schützen. Da die Bildung dieser Proteine per se Energie und Aminosäuren benötigt, kann die Belastung durch Hitzestress bei Kühen in einer negativen Energiebilanz kontraproduktiv sein, zudem die Kühe unter Hitzestress die Futteraufnahme deutlich reduzieren. Aus den dargelegten Erkenntnissen spielen Stressoren eine sehr wichtige Rolle im Rahmen der Tiergesundheit. Aus diesem Grund sollten Stressoren in Milchviehbetrieben identifiziert und mit Hilfe von adäquaten Managementmaßnahmen reduziert bzw. vermieden werden. Welchen Einfluss Stressoren innerhalb der Transitphase auf die Milchleistungen haben, kann objektiv mit Hilfe des Transitkuhindex (TKI) für den Landwirt dargestellt werden.

Um sinnvolle und im Herdenmanagement nutzbare Daten zu generieren, müssen objektive Daten erhoben oder gemessen, ausgewertet, aufbereitet und so dargestellt werden, dass die Ergebnisse für den Landwirt oder Herdenmanager leicht ersichtlich sowie nachvollziehbar sind. Getreu nach dem Motto: „Was man nicht messen kann, kann man auch nicht managen!“

Aus diesem Grund wurde der TKI an 500.000 Kühen in über 4.000 Herden in den USA entwickelt, um objektive Informationen über die Milchleistung von Transitzühen oder „frischen Kühen“ zu erhalten. Hierzu werden Informationen/Daten aus der letzten Laktation von Milchkühen genutzt die alle im LKV Bericht dokumentiert sind und in einer Formel verrechnet. Das Ergebnis ist die geschätzte potenziell mögliche Milchleistung am ersten Testtag. Diese geschätzte Milchleistung wird dann mit der tatsächlich gemessenen Milchleistung am ersten Testtag verglichen und die Differenz errechnet. Das Ergebnis ist der Transitzühindex (TKI). Neben der geschätzten Milchleistung am ersten Testtag kann der TKI auch für die 305-Tage-Leistung geschätzt bzw. berechnet werden. Ein Beispiel: Die geschätzte Milchleistung einer Kuh am ersten Testtag liegt bei 30 kg Milch. Die tatsächlich gemessene Milchleistung liegt bei 28 kg Milch, woraus sich ein TKI von:  $28 \text{ kg Milch} - 30 \text{ kg Milch} = - 2 \text{ kg Milch}$  ergibt. Dieser negative TKI zeigt an, dass diese Kuh unter ihrem möglichen Milchleistungspotenzial zurückbleibt, welches sich auch in einer geringeren Laktationsleistung widerspiegelt.

Anhand der genannten 500.000 Kühe in über 4.000 Herden wurden folgende 13 Parameter für die Formel abgeleitet:

Laktationstag am ersten Testtag (erster Testtag zwischen dem 5. - 40. Laktationstag), letzte 305-Tage-Leistung, Laktationstage in der letzten Laktation, Beginn der derzeitigen Laktation mit Kalbung oder Abort, Beginn der letzten Laktation mit Kalbung oder Abort, Kalbemonat, Zellgehalt des letzten Testtags in der letzten Laktation, Trockentage, Melk-

häufigkeit in der aktuellen Laktation, Melkhäufigkeit in der letzten Laktation, Laktationsnummer und die Rasse.

Da jede Kuh durch den Landeskontrollverband monatlich einmalig beprobt wird, liegt das Datum des ersten Testtages in aller Regel immer innerhalb des ersten Laktationsmonats und somit im Bereich zwischen dem 5. und 40. Laktationstag. Verschiedene Studien belegen, dass der Zeitpunkt bei Erstdiagnosen von Erkrankungen im geburtsnahen Zeitraum wie z. B. Metritis, Ketose, Labmagenverlagerung, verminderte Futteraufnahme, Nachgeburtsverhaltung und Mastitis überwiegend innerhalb des ersten Laktationsmonats liegen. Da alle genannten Erkrankungen einen negativen Einfluss auf die Milchleistung dieser erkrankten Tiere haben [3, 4], lässt vermuten, dass die Milchleistung am ersten Testtag in engem Zusammenhang mit dem Gesundheitsstatus der frischen Kühe steht und somit als potenzieller Parameter für das Gesundheitsmanagement der Transitzühe und für das Herdenmanagement genutzt werden kann.

Um die Praktikabilität des TKI zu überprüfen, wurde der TKI an 18.814 Kühen in 30 Herden in den USA an unabhängigem Datenmaterial validiert und in Bezug zu relevanten Erkrankungen in der Transitphase gebracht. Aus Tabelle 1 ist der Einfluss spezifischer Erkrankungen auf den mittleren TKI ersichtlich.

*Tab. 1: Durchschnittliche TKI-Werte (305-Tage-Leistung) von Kühen mit ausgewählten Erkrankungen*

Erkrankung	TKI (kg)
Keine	+61
Metritis	-245
Ketose	-1115
Lahmheiten	-1283
Labmagenverlagerung	-2740

Die Ergebnisse in Tabelle 1 zeigen eindrucksvoll den Einfluss von schweren Erkrankungen, wie z. B. eine Labmagenverlagerung auf die 305-Tage-Milchleistung.

## **2. Material und Methoden**

Im Rahmen der Datenerhebung des Projektes optiKuh wurde der Transitzühindex für mehr als 1.500 Kühe der Rasse Deutsche Holstein und Fleckvieh anhand der wöchentlichen Milchleistungsprüfung (MLP) berechnet. Hierfür wurden die relevanten Daten durch die Firma TiDaTier und Daten GmbH zusammengestellt und über die Firma Zoetis an der Universität Wisconsin der TKI berechnet.



### 3. Ergebnisse und Diskussion

Anhand der Daten wurde der Transitkuhindex (TKI) für alle 12 Versuchsbetriebe für die jeweiligen Rassen Deutsche Holstein (8 Betriebe) und Fleckvieh (4 Betriebe) berechnet (vgl. Abbildung 1).

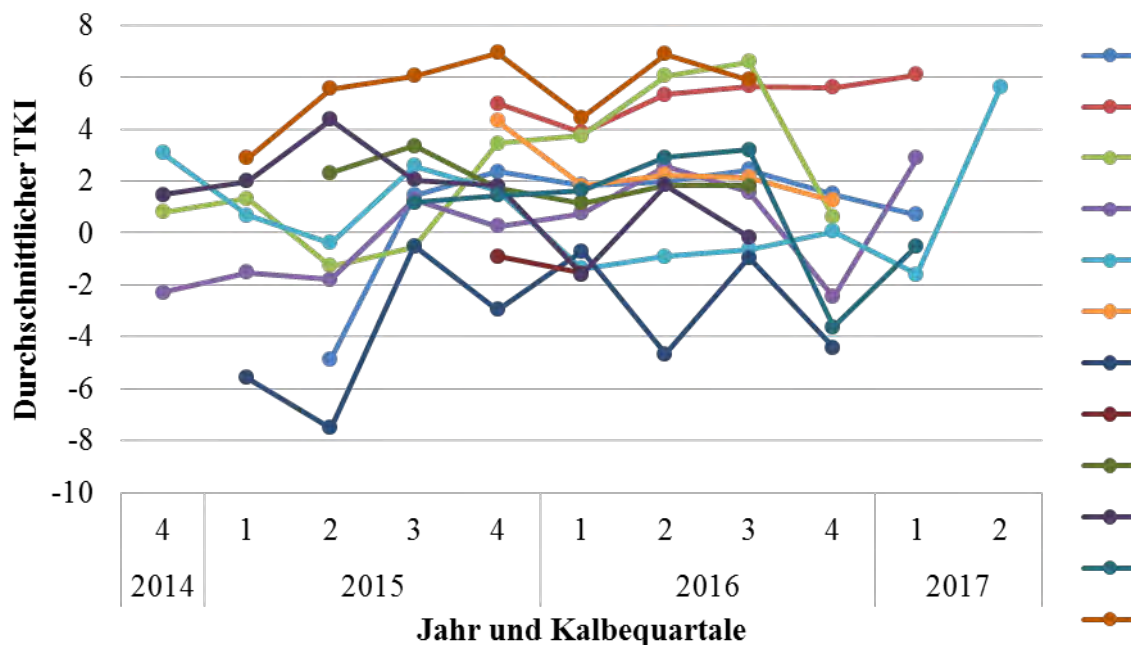


Abb. 1: Mittlere TKI-Verläufe aller 12 Versuchsbetriebe in optiKuh

Die mittleren TKI-Verläufe der 12 Versuchsbetriebe schwanken sehr stark über die Phase der Datenerhebung im Rahmen des Projektes optiKuh. Der Mittelwert des TKI liegt bei 0, was bedeutet, dass die Tiere zum Zeitpunkt der ersten MLP nach der Kalbung die gleiche Milchleistung zeigen, wie der TKI vorhergesagt hat. Schauen wir uns hingegen die maximalen Differenzen zwischen Betrieben an, so wird deutlich, dass Betriebe teilweise bis zu 6 Liter Milch je Kuh und Tag verlieren, was auf Probleme im Transitmanagement zurückzuführen ist. Welche Gründe für die geringen TKI Werte vorliegen, wird im Rahmen von weiteren Auswertungen sowie der praktischen Bewertung des Transitmanagements auf den Betrieben geprüft. Nach Auswertung der Gesamtdaten in Hinblick auf den TKI, soll die Implementierung des TKI in die landwirtschaftliche Praxis umgesetzt werden.

### 4. Literaturverzeichnis

- [1] Nordlund K.V. and Cook N.B. (2004): Using herd records to monitor transition cow survival, productivity, and health. *Vet Clin North Am Food Anim* 20: 627-649.
- [2] Bradford B. J. , Yuan K., Farney J.K., Mamedova L.K., Carpenter A. J. (2015): *Invited review: Inflammation during the transition to lactation: New adventures with an old flame.* *J. Dairy Sci.* 98:6631–6650.
- [3] Østergaard S., Gröhn Y.T. (1999): Effects of Disease on Test Day Milk Yield and Body Weight of Dairy Cows from Danish Research Herds. *J Dairy Sci.* 82:1188-1201.
- [4] Rajala P.J., Gröhn Y.T. (1998): Effects of Dystocia, Retained Placenta, and Metritis on Milk Yield in Dairy Cows. *J Dairy Sci* 81:3172-3181.

### **3.7. Abschlussreferat**

## **Relevanz der optiKuh-Ergebnisse im Hinblick auf die Forschungsstrategien von BMEL und DAFA**

K.-U. Götz

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierzucht, Poing-Grub

### **1. Einleitung**

Das Projekt optiKuh ist eines der ersten und eines der größten Projekte, die im Rahmen der auf der DAFA Nutztierstrategie basierenden Ausschreibung Nr. 72 im BLE Innovationsprogramm gefördert wurden. Es ist nicht Aufgabe, hier alle Ergebnisse noch einmal zusammenzufassen. Vielmehr möchte ich optiKuh im Hinblick auf die Ziele der Nutztierstrategien einordnen und die aus optiKuh gewonnenen überfachlichen Erkenntnisse darstellen.

### **2. Nutztierstrategien**

Die DAFA-Forschungsstrategie für Nutztiere [1] wurde im Jahr 2012 als Ergebnis eines Diskussionsprozesses von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik veröffentlicht. Sie hat sich eine messbare Verbesserung der Nutztierhaltung in Deutschland zum Ziel gesetzt. Die Strategie ist in sechs verschiedene Cluster unterteilt, von denen im Zusammenhang mit optiKuh die Cluster 2 (Indikatoren) und 4 (Rind) relevant sind. Im Cluster 4 gibt es die Untercluster „individuelle und Herdengesundheit“ und „Optimierung von Systemen mit hohen und niedrigen Leistungen“ sowie „automatisierte Haltungssysteme“.

Die Nutztierstrategie des BMEL [2], die im Jahr 2017 erschien, ist weniger an Tierarten, als an Handlungsfeldern orientiert. Sie nennt aber als eines der Ziele, „insbesondere Robustheit und Gesundheit sowie ein ausbalancierter Stoffwechsel als Züchtungsziele“ voranzubringen. Ebenso verlangt sie Forschungsarbeiten zur Quantifizierung von Emissionen sowie praxisnahe Forschung und Auswertung laufender Projekte.

Das Projekt optiKuh wurde im Rahmen der Ausschreibung Nr. 72 im BLE Innovationsprogramm beantragt und kann daher nur zur DAFA Nutztierstrategie einen unmittelbaren Bezug aufweisen.

### **3. Überfachliche Erkenntnisse aus optiKuh**

Eine der wichtigsten Erkenntnisse aus optiKuh ist sicherlich, dass durch das planmäßige Zusammenwirken von vielen Versuchseinrichtungen in überschaubarer Zeit ein wertvoller Datenfundus geschaffen werden kann. Die den Versuchen zugrunde liegenden Fragestellungen werden besser abgesichert, weil wesentliche Erkenntnisse in den Wiederholungen entweder bestätigt oder nicht bestätigt werden. Darüberhinaus wird es möglich, über die einfache Versuchsfrage hinaus die Daten auch z.B. für die Schätzung von Zuchtwerten oder Varianzkomponenten, bei längerer Zusammenarbeit auch für eine genomische Zuchtwertschätzung zu verwenden. Das macht es erstmals in Deutschland möglich, auch sehr aufwändig zu messende Merkmale wie Futteraufnahmevermögen, Futtereffizienz oder Methanausstoß einer züchterischen Bearbeitung zuzuführen. Im Vergleich zu interna-

tionalen Ansätzen [3,4,5], die teilweise sehr heterogene Daten zusammenführen, liegen dem optiKuh-Konzept weitgehend harmonisierte Versuchspläne zugrunde, die eine sehr viel bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus verschiedenen Einrichtungen sicherstellen. Außerdem sind die erfassten Versuchszeiträume je Kuh erheblich länger und betreffen Laktation und Trockenstehzeit.

Die optiKuh-Ergebnisse haben auch gezeigt, dass Kühe eine extrem hohe physiologische Flexibilität besitzen. Auch eine Versorgung weit unter der Norm führt nicht zu akuten Erkrankungen oder dauerhaften Schäden, vorausgesetzt das Management, die Möglichkeit zur Futteraufnahme und die Futterqualität entsprechen den Anforderungen. Diese Erkenntnis ist von großer Bedeutung im Hinblick auf extensivere Produktionsformen oder auch den ökologischen Landbau. Kühe reagieren flexibel auf das Energieangebot und passen die Form der Laktationskurve daran an. OptiKuh hat auch gezeigt, dass es sinnvoll ist, Versuche zum Energiesaldo bzw. Körperreservenmobilisierung über komplette Zwischenkalbezeiten durchzuführen.

Eine wesentliche Erkenntnis ist auch, dass ein dreijähriger Förderzeitraum für derartige Versuche nicht angemessen ist. Wenn alleine die Versuchsdurchführung schon zwei volle Jahre in Anspruch nimmt, bleibt unter Berücksichtigung einer Anlaufphase am Ende gerade mal ein Zeitraum von 6-8 Monaten für die Auswertung und den Wissenstransfer. Damit kann man keine wirklichen „Impacts“ auf die Praxis der Nutztierhaltung erwarten. Es ist daher zu fordern, dass zukünftige Programme von vornherein je nach Thema und Forschungsansatz auch auf längere Förderdauern ausgelegt sein sollten. Zeiträume von sechs oder acht Jahren kann man natürlich nur fördern, wenn es sinnvolle Zwischenevaluierungen gibt, die nicht nur das Abarbeiten der einzelnen Programmpunkte beurteilen, sondern auch die bisher erreichten Ergebnisse im Hinblick auf Praxistauglichkeit bewerten und dies in die Entscheidung über eine Fortsetzung der Förderung einfließen lassen.

An der Schnittstelle zur Umwelt hat optiKuh neue Erkenntnisse für die Energiebewertung und -versorgung sowie die Möglichkeiten zur Methanmessung geliefert. Dem Genetiker erscheint es nach wie vor wenig einleuchtend, dass alle Merkmale, die man an Nutztieren erfassen kann, eine genetische Variation zeigen, nur für Verdaulichkeiten und Umsetzungskoeffizienten soll dies nicht gelten. Weitere Untersuchungen hierzu wären dringend angeraten, auch wenn dies methodisch große Anforderungen stellt. Die Methanmessung mit dem Laser-Methan-Detektor erscheint vielversprechend, ist aber noch lange kein flächendeckend ausrollbares Messverfahren. Insofern sind Strategien gefragt, wie man die Messungen im Hinblick auf eine züchterische Nutzung am besten allokiert.

Im Hinblick auf Stoffwechselindikatoren und die damit zusammenhängenden, aus dem MIR-Spektrum abgeleiteten Parameter sind die Ergebnisse zwar interessant, aber noch nicht konkret anwendbar. Für zukünftige Ansätze schlage ich vor, dass Milchproben und Blutproben parallel gezogen werden. Solange der Probenahmezeitpunkt bei MIR-Untersuchungen bis zu 30 Laktationstagen variieren kann, wird das Verfahren nicht sein gesamtes Potenzial nutzen können. Ähnlich ist es mit den im Rahmen von optiKuh geprüften Sensoren, die in erster Linie gezeigt haben, dass noch viel Entwicklungsarbeit erforderlich sein wird.

Das Projekt optiKuh hat einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Selbstorganisation der Forschung geleistet. Die gemeinsame Diskussion über Methoden, Systeme der Datenerhaltung und der Versuchsauswertung hat eine deutliche Qualitätsverbesserung bewirkt. Das Projekt hat aber auch gezeigt, dass Versuchspläne an verschiedenen Standorten ggf. flexibel angepasst werden müssen, um entweder andere Versuchsabläufe nicht zu stören

oder auf beschränkte Ressourcen Rücksicht zu nehmen. Die Konsequenzen hieraus sollten noch einmal sorgfältig analysiert werden, um zukünftig eine noch effizientere Forschung im Verbund leisten zu können.

#### 4. Ausblick

Das Projekt optiKuh ist erfolgreich beendet, aber weitere Forschungsfragen stehen zur Bearbeitung im Verbund an. Die genetischen Analysen haben gezeigt, dass das Datenvolumen für den Aufbau einer praxisreifen genomischen Zuchtwertschätzung nicht ausreicht. Da dies aber im Hinblick auf internationale Wettbewerbsfähigkeit und das Setzen globaler Impulse das Ziel sein muss, müssen die Erhebungen fortgeführt werden. Dabei sollte zukünftig darauf geachtet werden, dass die Genetik nicht dem Zufall überlassen werden sollte. Wenn man aus den knappen Daten die maximale Information gewinnen will, sollte die Belegung der Kühe so geplant werden, dass ausschließlich die strategisch wichtigen genomischen Jungvererber in möglichst balancierter Weise eingesetzt werden. Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass in den Versuchseinrichtungen natürlich nicht ausschließlich Versuche im Hinblick auf Futteraufnahmevermögen, Futtereffizienz und Methanausstoß durchgeführt werden. Es sind daher sinnvollerweise Konzepte zu entwickeln, wie Daten zur Futter- und Methaneffizienz aus sehr heterogenen Versuchsanstellungen dennoch für eine genomische Analyse verwendet werden können. Eine besondere Herausforderung ist dabei, dass in der Genomik Daten aus sehr langen Zeiträumen verwendet werden, was es für nachfolgende Wissenschaftlergenerationen schwer macht, die relevanten Einflussfaktoren auf historische Daten nachzuvollziehen. Ein Lösungsansatz wäre, Methoden für die Berechnung und Speicherung von umweltkorrigierten Phänotypen zu entwickeln, die dann über lange Zeiträume unmittelbar nutzbar wären. Abschließend sei noch einmal daran erinnert, dass Effizienzsteigerungen nur bei begrenztem Produktionsvolumen erstrebenswert sind. Jevons' Paradoxon führt ansonsten bei besserer Effizienz zu einem erhöhten Ressourcenverbrauch, was gerade im Hinblick auf (Kraft-)Futtereffizienz nicht erwünscht ist. Die Politik ist somit gefordert, im Rahmen sinnvoller Nutztierstrategien auch auf die direkte oder indirekte Begrenzung der Produktionsmengen zu achten.

#### 5. Literaturverzeichnis

- [1] DAFA (2012): Fachforum Nutztiere. Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft – gemeinsam für eine bessere Tierhaltung. Thünen-Institut, Braunschweig. ISBN 978-3-86576-090-6
- [2] BMEL (2017): Nutztierhaltungsstrategie. Zukunftsfähige Tierhaltung in Deutschland. <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Nutztierhaltungsstrategie.html>
- [3] Pryce JE, Wales WJ, de Haas Y, Veerkamp RF, Hayes BJ (2014) : Genomic selection for feed efficiency in dairy cattle. *Animal* 8:1, doi:10.1017/S1751731113001687
- [4] Berry, D.P., Coffey, M., Pryce J.E., de Haas Y, Lovendahl, P., Krattenmacher, N., Crowley, J.J., Wang, Z., Spurlock, D., Weigel, K., Macdonald, K., Veerkamp, R.F. (2014): International genetic evaluations for feed intake in dairy cattle through the collation of data from multiple sources. *J. Dairy Sci.* 97, 3894-3905
- [5] de Haas, Y., Lassen, J. (2015) : METHAGENE - Towards large-scale methane measurements on individual ruminants for genetic evaluations. EAAP Meeting, Warsaw, p90

## 4. Danksagung

Dieser Bericht ist das wissenschaftliche Ergebnis einer Forschungsaufgabe, die von den 15 Kooperationspartnern gestellt und unter der Projektkoordination von Prof. Dr. Hubert Spiekers an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft bearbeitet wurde.

Wir danken allen am Projekt beteiligten Personen für die sehr erfolgreiche und engagierte Durchführung des Vorhabens sowie dem Förderverein-Biotechnologieforschung e.V. (FBF), dem LKV Mecklenburg-Vorpommern, der Rinder Allianz, der TiDaten GmbH, dem Deutschen Verband Tiernahrung e.V. (DVT) und Deutschen Raiffeisenverband e.V. und Zoetis für die Förderung im Rahmen der Wirtschaftsbeteiligung.

Fachlich unterstützt wurde das Projekt durch die Unterauftragnehmer mit den Versuchseinrichtungen in Futterkamp, Iden und Hohenheim. Allen Versuchsanstellern möchten wir für die gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit recht herzlich danken.

Begleitet wurde dieses Vorhaben durch die Tierärztliche Hochschule Hannover, Freie Universität Berlin, Universität Bonn, Technische Universität München, Institut für Tierzucht der LfL, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Ludwig-Maximilians-Universität München sowie Universität Gießen und weitere Einrichtungen aus Forschung, Beratung und Wirtschaft. Diesen projektbegleitenden Einrichtungen gebührt unser Dank für die Unterstützung.

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

Die Förderung des Vorhabens optiKuh 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:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



