



MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEERTES
ÖSTERREICH

HBLFA RAUMBERG - GUMPENSTEIN
LANDWIRTSCHAFT

44. VIEHWIRTSCHAFTLICHE FACHTAGUNG

MILCHMARKT
ZÜCHTUNG
STOFFWECHSEL
UMWELTWIRKUNGEN
GRUNDFUTTERQUALITÄT
KRAFTFUTTEREINSATZ

05. und 06. April 2017
Grimmingsaal
HBLFA Raumberg-Gumpenstein

raumberg-gumpenstein.at

44. Viehwirtschaftliche Fachtagung

Milchmarkt
Züchtung
Stoffwechsel
Umweltwirkungen
Grundfutterqualität
Kraftfuttereinsatz

05. und 06. April 2017
Grimmingsaal
HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Organisiert von:

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt
für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft



Impressum

Herausgeber

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft
Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning-Donnersbachtal
des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft

Direktor

Mag. Dr. Anton Hausleitner

Leiter für Forschung und Innovation

Dipl. ECBHM Dr. Johann Gasteiner

Für den Inhalt verantwortlich

die Autoren

Redaktion

Institut für Nutztierforschung

Satz

Andrea Stuhlpfarrer

Alexandra Eckhart

Lektorat

Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber

Dipl.-Ing. Georg Terler

Druck, Verlag und © 2017

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

ISSN: 1818-7722

ISBN: 978-3-902849-48-9

Diese internationale Tagung wurde vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft, Beratungsabteilung finanziert und gefördert.

Dieser Band wird wie folgt zitiert:

44. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 05.-06. April 2017, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2017

Inhaltsverzeichnis

Betriebswirtschaftliche Aspekte von Strategien für Milchviehbetriebe in Österreich unter volatilen Märkten	1
<i>L. KIRNER</i>	
Bewertung der Früh lactation hochleistender Milchkühe aus züchterischer Sicht	15
<i>W. BRADE</i>	
Effizienz der Milcherzeugung in Abhängigkeit von Genotyp und Lebendmasse.....	23
<i>L. GRUBER und M. LEDINEK</i>	
Primat der Milchleistung – Können Tierernährung und Tiergesundheit noch mithalten?.....	41
<i>F. MENN</i>	
Precision Livestock Farming als neues Instrument des Herdenmanagements am Beispiel der Kalbe- und Brunsterkennung	49
<i>J. GASTEINER, J. WOLFTHALER, C. FASCHING, W. ZOLLITSCH, M. HORN und A. STEINWIDDER</i>	
Praktische Erfahrungen mit sensorbasierter Tierüberwachung.....	53
<i>H. SIMBÜRGER</i>	
Emissionen aus Milchviehherden – ein komplexer Ansatz für ein komplexes Thema	55
<i>U. DÄMMGEN, W. BRADE, H.-D. HAENEL, C. RÖSEMANN, J. DÄMMGEN und U. MEYER</i>	
Einfluss von Silomais-Sorte und -Erntezeitpunkt auf Futterwert, Futteraufnahme und Milchleistung.....	67
<i>G. TERLER, L. GRUBER, S. ORTNER, A. SCHAUER, M. URDL, B. STEINER und F. KASTENHUBER</i>	
Gärfutterqualitäten – Wo stecken die Reserven?	81
<i>R. RESCH</i>	
Mein Weg zu bester Silage-Qualität	95
<i>M. SCHWEIGER</i>	
Netto-Lebensmittelproduktion der Milchviehhaltung und die Verfütterung von industriellen Nebenprodukten als potenzielle Verbesserungsstrategie	97
<i>P. ERTL und W. KNAUS</i>	
Futterwert und Einsatzmöglichkeiten von heimischen Eiweißfuttermitteln.....	101
<i>H. SCHUSTER</i>	

Betriebswirtschaftliche Aspekte von Strategien für Milchviehbetriebe in Österreich unter volatilen Märkten

Economic aspects of strategies for dairy farms in Austria under volatile market conditions

Leopold Kirner^{1*}

Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag analysiert unterschiedliche Entwicklungsoptionen für Milchviehbetriebe in Österreich unter gegenwärtigen Rahmenbedingungen. Auf der Basis von zwei Modellbetrieben werden mögliche strategische Optionen festgelegt, die zwischen Kostenführerschaft, Differenzierung durch Qualität und Nischenstrategie sowie zwischen der Situation ohne und mit Wachstum unterscheiden. Die Modellrechnungen verweisen auf eine hohe Wettbewerbsfähigkeit von Differenzierungs- und Nischenstrategien. Entscheidend dafür ist das Zusammenspiel von Preiszuschlägen und gut dotierten Leistungsabgeltungen im Rahmen des österreichischen Agrarumweltprogramms. Generell belegen die Berechnungen, dass es nicht die ultimative Strategie gibt und dass in erster Linie Managementfähigkeiten bei der operationalen Umsetzung einer strategischen Option über deren Wirtschaftlichkeit entscheiden. Um neue Entwicklungspfade in der österreichischen Milchwirtschaft auch in der Zukunft zu implementieren, braucht es neben unternehmerischen Initiativen auch innovative Ansätze aus Bildung, Forschung und Beratung.

Schlagwörter: Strategien, Wettbewerbsfähigkeit, Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft, Arbeitsverdienst, biologische Milchproduktion

Summary

The article in hand analyses different development options for management practices on dairy farms under current framework conditions. On the basis of two model farms, different development strategies were specified, they differ on the one hand between cost leadership, differentiation by quality and niche strategy and on the other hand among the situation with and without business growth. The empirical calculations reveal a high competitiveness of strategies based on differentiation by quality and/or niche strategy. Price premiums and high compensation payments within the Austrian environmental programme are mostly responsible for that. In general, the calculations prove that no strategy fulfil all economic requirements and indicate a significant relevance of management skills by performing economically. Additionally to entrepreneurial initiatives innovative approaches from education, research and consultancy are necessary to implement new development paths in the Austrian dairy sector in the future.

Keywords: strategies, competitiveness, income of agriculture and forestry, remuneration of labour, organic milk production

1. Einleitung

Im internationalen Vergleich sind österreichische Milchviehbetriebe klein strukturiert und als Folge davon weniger spezialisiert bzw. häufiger diversifiziert. Im Durchschnitt liefern die 30.848 Milchviehbetriebe im Jahr 2015 5.734 kg je Kuh bzw. rund 100 Tonnen je Betrieb an eine Molkerei (BMLFUW 2016a, 156f). Von den Milchviehbetrieben im Jahr 2015 wirtschafteten 6.054 oder knapp 20 Prozent biologisch. Die durchschnittliche Milchlieferrmenge der Biobetriebe betrug rund 80 Tonnen, ihr Anteil an der österreichweiten Milchlieferrmenge knapp 16 Prozent (EBENDA 162). Als weitere Qualitätsnische hat sich die Heumilch in Österreich etabliert. Die Anlieferung stieg im Jahr 2015 auf 327.977 Tonnen bzw. 10,6 Prozent (EBENDA 39).

Die Rahmenbedingungen für die Milchproduktion in Österreich werden unberechenbarer, die Bewirtschaftung eines Milchviehbetriebs komplexer. Seit dem EU-Beitritt Öster-

reichs wurden die institutionellen Preise für die meisten Agrarrohstoffe, darunter auch Milch, durch diverse Reformen der Gemeinsamen Agrarpolitik schrittweise gesenkt, als Ausgleich dafür Direktzahlungen gewährt (vgl. REEH 2015, 25ff). Die Liberalisierung der Agrarmärkte führt zunehmend zu volatilen Produktpreisen, in der jüngsten Reform der EU-Agrarpolitik (GAP bis 2020) kam es zudem zu sinkenden öffentlichen Geldern bei gleichzeitig höheren Umweltauflagen (EP und Rat 2013). Auch gesellschaftliche Ansprüche wirken vermehrt auf die Agrarwirtschaft ein: Konsumentinnen und Konsumenten werfen einen zunehmend kritischeren Blick auf die agrarische Produktion, insbesondere auf jene von größeren und spezialisierten Betrieben (u.a. VIERBOOM et al. 2015). Darüber hinaus wandeln sich die Verhältnisse in den bäuerlichen Familien und deren Betrieben. Die Betriebe werden laufend größer, gleichzeitig nimmt die Anzahl der Arbeitskräfte je Betrieb ständig ab (vgl. BMLFUW 2016a, 65); oder Familienbe-

¹ Hochschule für Agrar- und Umweltpädagogik Wien, Angermayergasse 1, A-1130 Wien

* Ansprechpartner: Hochschul-Prof. Priv.-Doz. Dr. Leopold Kirner, email: leopold.kirner@agrarumweltpaedagogik.ac.at

triebe stoßen zunehmend an Grenzen des Wachstums: die Arbeit lässt sich im Familienverband schwer bewältigen, Pachtflächen in der Region sind rar (vgl. KIRNER et al. 2015).

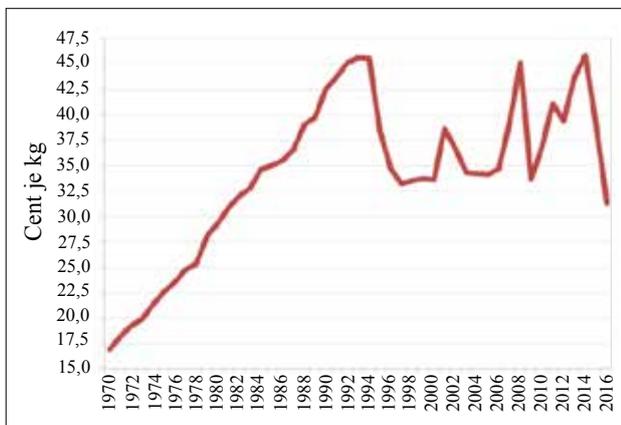
Gerade in Zeiten unsicherer Rahmenbedingungen sind strategische Überlegungen in den Betrieben für eine längerfristig erfolgreiche Betriebsführung notwendig. Strategisches Management im Sinne von GÄLWEILER (2005) bedeutet, dass heutige und vor allem zukünftige Erfolgsfaktoren zu etablieren sind, um wirtschaftlichen Erfolg und die Überlebensfähigkeit des Betriebs für die Zukunft zu sichern. Die Studie von KIRNER und WAGNER (2017) legt jedoch den Schluss nahe, dass das strategische Management unter österreichischen Landwirtinnen und Landwirten noch entwicklungsfähig ist. Nur 7,4 Prozent der untersuchten Betriebe verfügten über ein sehr gut bzw. gut etabliertes strategisches Management; für ein Drittel der Betriebe konnte kein ausreichend etabliertes Management festgestellt werden.

Vor diesem Hintergrund beleuchtet der vorliegende Beitrag die strategischen Optionen heimischer Milchviehbetriebe und bewertet diese nach betriebswirtschaftlichen Kriterien. Aus den Berechnungen werden allgemeine Aussagen zu Strategieoptionen unter verschiedenen Voraussetzungen abgeleitet. Konkrete Empfehlungen für bestimmte Milchviehbetriebe bzw. Regionen können damit naturgemäß nicht gegeben werden; hier braucht es den einzelbetrieblichen Ansatz. Zusätzlich zu den betriebswirtschaftlichen Analysen diskutiert der Beitrag ansatzweise auch humane Faktoren bei der Wahl einer Strategie für den Milchviehbetrieb sowie Ansätze, wie alternative Wege beschritten werden können.

2. Rohmilchpreise in Österreich

2.1 Entwicklungen von 1970 bis 2016

Eine wesentliche Unsicherheit in der Milchproduktion stellt die Entwicklung künftiger Milchpreise dar. Das Phänomen volatiler Märkte (lat. volare = fliegen) ist ein relativ neues in der österreichischen Agrarwirtschaft. Bis in die 90er Jahre wurde der heimische Markt (im Übrigen auch der EU-Markt) durch einen restriktiven Außenschutz, Exporterstattungen und öffentliche Marktpreisstützung vom Weltmarkt abgeschottet. Mit dem EU-Beitritt sank der österreichische



Quelle: Kirner nach AMA; Rohmilchpreis exkl. USt., 4,2 % Fett und 3,4 % Protein
Abbildung 1: Jährlicher Rohmilchpreis in Österreich von 1970 bis 2016

Rohmilchpreis um ca. 30 Prozent auf das deutlich niedrigere EU-Binnenmarktniveau. Mitte der 90er Jahre wurden diese Sicherheitsnetze in der EU Schritt für Schritt aufgeweicht und in den folgenden Reformen vertieft. Zusätzlich zur Liberalisierung der Agrarmärkte kam es Mitte der 2000er Jahre zu einem rasanten Anstieg der Weltmarktpreise für Milch. Zum einen erhöhte sich die weltweite Nachfrage nach Agrarrohstoffen wie Milch und Milchprodukten als Folge der wirtschaftlichen Entwicklung und damit einhergehenden geänderten Ernährungsgewohnheiten in Schwellenländern sowie durch den zunehmenden Handel von Agrarprodukten an den Börsen. Zum anderen verknäpften regionale Wetterbedingungen, wie beispielsweise im Jahr 2012 Kahlfröste in den USA oder Trockenheit in der ehemaligen Sowjetunion das globale Angebot wichtiger Agrarprodukte (BALKHAUSEN und VOGEL 2013, 13). Umgekehrt führten Überschüsse auf den Weltmärkten zu stark sinkenden Produktpreisen in der EU, wie *Abbildung 1* für 2009 oder 2015 - 2016 belegt.

Über alle 22 Jahre seit dem EU-Beitritt im Jahr 1995 errechnet sich ein Rohmilchpreis in Österreich von 37,05 Cent je kg Milch (ohne USt., 4,2 % Fett und 3,4 % Protein). Im Fünfjahreszeitraum 1995 bis 1999 betrug dieser im Schnitt 34,71 Cent/kg, in der darauffolgenden Periode (2000 - 2004) 35,49 Cent/kg. In den beiden folgenden Fünfjahreszeiträumen stieg der durchschnittliche Milchpreis auf 37,35 (2005 - 2009) bzw. auf 41,35 (2010 - 2014) Cent/kg. Im Schnitt der beiden Jahre 2015 - 2016 wurde ein Rohmilchpreis von 35,25 Cent/kg erzielt, im zuletzt verfügbaren Fünfjahreszeitraum von 2012 - 2016 waren es 39,87 Cent/kg (AMA 1995ff).

2.2 Vergleiche mit internationalen Preisen

Als Mitglied der Europäischen Union ist die österreichische Landwirtschaft ebenso am Weltmarkt angekommen, wie *Abbildung 2* für den Milchmarkt illustriert. Der Produktpreis in Österreich folgt mit etwas Verzögerung dem internationalen Trend. Aufgrund der Liberalisierung des Milchmarktes



Quelle: Kirner nach AMA und IFE; Milchpreise exkl. USt., 4,2 % Fett und 3,4 % Protein

Kieler Rohstoffwert: Berechnungsbasis sind die Bruttoerlöse abgeleitet aus den durchschnittlichen Marktpreisen der Notierungsbörse in Kempen für Butter sowie für Magermilchpulver.

Abbildung 2: Rohmilchpreis in Österreich und Kieler Rohstoffwert von 2008 bis Ende 2016

orientiert sich der Produktpreis immer mehr nach Angebot und Nachfrage auf internationalen Märkten. Der Vergleich mit dem Kieler Rohstoffwert, einem Indikator für eine Art Weltmarktpreis (IFE 2017), belegt, dass der Rohmilchpreis in Österreich mit einer Verzögerung von etwa vier bis sechs Monaten diesem mehr oder weniger folgt. Auffällig ist, dass der österreichische Milchpreis nicht die extremen Spitzen und Tiefen des Kieler Rohstoffwertes erreicht, was auf den höheren Veredelungsgrad heimischer Molkereiprodukte schließen lässt.

Der OECD-FAO Agricultural Outlook schätzt jährlich die künftigen Entwicklungen für die wichtigsten Agrarmärkte auf globaler Ebene ein. Laut der jüngsten Ausgabe (OECD/FAO 2016) geht dieser Bericht ausgehend von 2016 von einem im Schnitt leicht nominalen Anstieg der Preise für die lagerfähigen Milchprodukte Käse, Butter, Vollmilch- und Magermilchpulver bis 2025 aus. Demnach werden die Preise jene von vor 2007 übertreffen, jedoch nicht ganz das Niveau von 2013 (außer bei Käse) erreichen.

2.3 Preise für Biomilch und Bio-Heumilch

Der überwiegende Anteil der österreichischen Rohmilch wird als gentechnikfreie Milch ohne weitere Differenzierungen angeliefert. Gerade für diese Milch besteht eine große Abhängigkeit zum Weltmarkt. Etwas anders hat sich die Situation für biologisch produzierte Milch in der jüngsten Vergangenheit entwickelt, denn ab Anfang 2015 hat sich laut AMA Markt- und Preisberichterstattung der Preisabstand zwischen Biomilch und gentechnikfreier Milch deutlich vergrößert. Bis 2014 betrug der Biomilchpreiszuschlag netto zwischen sechs und sieben Cent je kg Milch, Ende 2015 erhöhte sich dieser auf über zwölf Cent je kg. Mit Beginn 2016 differenziert die AMA den österreichischen Milchpreis zusätzlich je nachdem, ob diese als Heumilch vermarktet wird oder nicht. Der Heumilchpreiszuschlag netto lag im Jahr 2016 bei biologischer Wirtschaftsweise bei 5,73 Cent/kg; vor 2014 lag dieser bei unter vier Cent je kg Milch. Somit ergab sich 2016 eine Spreizung zwischen gentechnikfrei produzierter Milch ohne weitere Attribute und biologisch produzierter Heumilch von netto rund 18 Cent je kg Milch (AMA 2014ff).

2.4 Zwischenfazit

Der volatile Milchmarkt ist ein für die österreichischen Milcherzeuger noch junges Phänomen. Spätestens seit 2006 ist die österreichische Milchwirtschaft durch liberalisierte Märkte und globale Entwicklungen am Weltmarkt angekommen. So schwankte der monatliche Milchpreis zwischen 25 und knapp 43 Cent/kg im Beobachtungszeitraum 2006 - 2016. Dies bietet sowohl Chancen in Hochpreisphasen als auch Risiken in Niedrigpreisphasen. Wenn auch der durchschnittliche Milchpreis in Österreich ab 2006 – ausgelöst durch dynamische Entwicklungen auf dem Weltmarkt – höher lag als in den Jahren zuvor, müssen Wirtschaftlichkeit und Liquidität der Betriebe gerade auch in Phasen niedriger Preisen sichergestellt werden. Milcherzeuger müssen Vorkehrungen treffen, um diese Preisrisiken auf ihren Betrieben bestmöglich zu managen. Denn es gibt keine Hinweise darauf, dass die Preisschwankungen auf den Weltmärkten in den kommenden Jahren wieder abnehmen.

3. Theoretische Überlegungen zu Strategien

3.1 Strategieentwicklung in der Landwirtschaft

Der landwirtschaftliche Betrieb ist eingebettet in ein System mit Familie, Haushalt und mit der sie umgebenden Umwelt. In diesem System herrschen vielfältige Wechselbeziehungen: Familienmitglieder arbeiten teilweise oder ausschließlich im Betrieb und werden von diesem entlohnt, Einkommen wird erwirtschaftet und von der Familie verbraucht, Betrieb und Haushalt bilden und benötigen Kapital. Wesentlich geprägt wird dieses System von persönlichen Wünschen, Fähigkeiten und Neigungen der beteiligten Personen. Dieses „interne“ System steht in enger Beziehung zu seinem Umfeld, das bestimmte Möglichkeiten und Grenzen vorgibt und aus dem Maßstäbe gesetzt sowie Ansprüche abgeleitet werden. Bei der Wahl einer Strategie gilt es zu überlegen, ob mit dieser ein – zumindest angenähertes – Gleichgewicht erzielbar ist: Einkommensbedarf und Einkommenslieferung oder Arbeitskapazität und Arbeitsbedarf sollen übereinstimmen. Beim Fehlen dieses Gleichgewichts entstehen Spannungsverhältnisse, die Anstoß zum Handeln und zur Anpassung geben. Die Vernetzung der Wechselbeziehungen gibt einen Hinweis darauf, dass Maßnahmen an einer beabsichtigten Stelle auch Folgewirkungen in anderen Bereichen des Systems haben (vgl. REISCH und KNECHT 1995, 394f).

In größeren Unternehmen werden Strategien von eigens dafür eingerichteten Teams im Rahmen von Strategieentwicklungsprozessen erarbeitet und dann von der Geschäftsführung genehmigt. In bäuerlichen Familienbetrieben dürfte dieser klassische Weg der Strategieentwicklung eher die Ausnahme sein. Die derzeit vorherrschende Strategieentwicklung in landwirtschaftlichen Betrieben folgt am ehesten den von MINTZBERG et al. (1998, 6) als Lern-Schule bezeichneten Prozess. Betriebsaktivitäten oder Betriebszweige entwickeln sich intuitiv und werden durch positive Erfahrungen der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter oder bestimmte Umwelteinflüsse (z.B. Marktpreise) verstärkt oder zurückgenommen. Die Entwicklung einer Strategie folgt also in der Regel nicht einem festgelegten Pfad, sondern stellt einen Prozess dar, welcher laufend durch eigene Ideen, Erfahrungen und Umwelteinflüsse adaptiert wird. Darüber hinaus scheint die Strategieentwicklung in landwirtschaftlichen Betrieben hochgradig pfadabhängig zu sein: Entscheidungen aus der Vergangenheit (z.B. Investition in einen bestimmten Betriebszweig) legen die Grundlage für weitere Überlegungen der Betriebsausrichtung fest. Je weiter ein Pfad bereits besritten worden ist, desto schwieriger wird es, ihn zugunsten eines anderen Pfades zu verlassen (u.a. BRANDES 1995). Nach BALMANN et al. (1996) lassen sich Fälle konstruieren, bei denen eine permanente Pfadabhängigkeit resultiert, wenn etwa Familienarbeitskräfte oder Stallgebäude zu verschiedenen Zeiten zum Ersatz anstehen.

Die Wahl einer Strategie stellt auch bei tiefgreifenden und fundierten Überlegungen immer eine Entscheidung unter Unsicherheit dar, da vollständige Informationen zur Zukunft fehlen. Nach ELLSBERG (1961) werden Strategien und Entscheidungssituationen bevorzugt, in denen bereits Erfahrungen gesammelt wurden, weil die Risiken

subjektiv als steuerbarer und geringer empfunden werden als die Risiken von unbekanntem Entscheidungssituationen. Und selbst dann, wenn die Eintrittswahrscheinlichkeit der unbekanntem Risiken geringer ist als bei den bekannten Risiken. Dieses Entscheidungsverhalten wird als *Ellsberg-Paradoxon* bezeichnet. Neben der Pfadabhängigkeit könnte dieses Paradoxon das hohe Verharrungsvermögen von Landwirtinnen und Landwirten erklären. Um es aufzubrechen, braucht es fundierte Informationen zu alternativen Pfaden und Strategien. Die Beratung kann hier unterstützen, relevante Entscheidungsgrundlagen bereit zu stellen und somit die Vertrautheit für neue Wege zu steigern.

Die hohe Relevanz persönlicher Einstellungen für oder gegen eine bestimmte Entscheidung unterstreicht die Theorie des geplanten Verhaltens nach AJZEN (u.a. 1985). Demnach ist die Verhaltensintention (Voraussetzung für konkretes Verhalten) von drei miteinander wechselwirkender Determinanten beeinflusst: (i) Einstellung zum betreffenden Verhalten und den erwarteten Verhaltenskonsequenzen, (ii) von der subjektiven Norm, die sich aus den Überzeugungen zu sozialen Erwartungen und der Motivation, diese Erwartungen zu erfüllen, zusammensetzt sowie (iii) von der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle, die aus Überzeugungen zu Rahmenbedingungen, verfügbaren Ressourcen und zu erwartenden Hindernissen in Bezug auf das geplante Verhalten resultiert. Zahlreiche verhaltenswissenschaftliche Studien verwendeten diese Theorie als konzeptionellen Rahmen. LARCHER et al. (2015) untersuchten die Intensivierungspläne österreichischer Milcherzeugerinnen und Milcherzeuger im Kontext dieser Theorie. Aus ihrer Empirie folgerten sie, dass in dieser Frage subjektive Wahrnehmungen und Erwartungen der Betriebsleiterinnen und Betriebsleiter über künftige Entwicklungen stärker wiegen als vorhandene betriebliche und familiäre Ressourcen.

3.2 Strategieoptionen für Milcherzeugerinnen und Milcherzeuger

Eine Strategie ist dazu da, um die längerfristige Überlebensfähigkeit eines Betriebs bzw. Unternehmens zu sichern. Konkret geht es darum, die Rentabilität, Stabilität und Liquidität über einen längeren Zeitraum sicherzustellen. In der Literatur existieren zahlreiche Zugänge zur strategischen Ausrichtung von Wirtschaftseinheiten. Im Folgenden werden einige für die Milchproduktion vielversprechende Ansätze kurz charakterisiert.

Wenn es um Strategien und Entwicklungsmuster in österreichischen Milchviehbetrieben geht, muss die Vernetzung von Betrieb und Familie mit bedacht werden. Ein für bäuerliche Familienbetriebe hilfreiches Konzept liefern DAX und OEDL-WIESER (1996) sowie DAX (1993), indem sie unterschiedliche Entwicklungsstrategien für landwirtschaftliche Haushalte ermitteln. Sie unterscheiden zwischen Professionalisierung, Stabilisierung und Marginalisierung. Die Autoren charakterisieren eine grundlegende Veränderung der Produktion auch als Professionalisierung, wie sie beispielsweise die Umstellung auf biologische Milchviehhaltung darstellt.

Ein oft zitiertes Strategiekonzept liefert PORTER (1992), indem er zwischen Kostenführerschaft, Differenzierung durch Qualität und Nischenstrategie unterscheidet (siehe *Abbildung 3*). Die Strategie der *Kostenführerschaft* geht von der Erzeugung von Standardprodukten aus und versucht, diese

mit den niedrigsten Kosten zu produzieren. Diese Strategie bedeutet für die Milchviehhaltung eine Spezialisierung und Ausdehnung der Produktion unter Nutzung des technologischen Fortschritts. Diese Strategie ist in der Beratung gut etabliert und die Milcherzeugerinnen und Milcherzeuger können bestehende Produktionsverfahren ohne Umstellung auf einen alternativen Weg weiterentwickeln und ausdifferenzieren. Das Risiko der Strategie der Kostenführerschaft liegt in der einseitigen Ausrichtung auf die Milchproduktion und der damit einhergehenden Abhängigkeit auf den Weltmarkt. Zudem sinkt die gesellschaftliche Akzeptanz für immer größere Milchviehbetriebe mit hohem Technikeinsatz. Die Strategie der *Differenzierung durch Qualität* und die *Nischenstrategie* zielen auf bestimmte Produkt- und Marktsegmente mit dem Ziel eines höheren Produktpreises und einer entsprechend höheren Wertschöpfung. Entscheidend für den Erfolg der Differenzierungsstrategie ist, dass die aufgebauten Wettbewerbsvorteile auch von den Kunden wahrgenommen werden. Diese Strategien nützen die derzeitigen Programme im Rahmen der ländlichen Entwicklung, insbesondere des Agrarumweltprogramms, bestmöglich aus. Die Frage ist, ob das längerfristige Marktpotenzial für diese Produkte bzw. Märkte sichergestellt ist oder anders formuliert: Wie kann das Alleinstellungsmerkmal besonderer Produkte bzw. Märkte nachhaltig gesichert werden?

	<i>Wettbewerbsvorteil</i>	
	<i>Kosten</i>	<i>Leistungen</i>
<i>Gesamtmarkt</i>	Kostenführerschaft	Differenzierung durch Qualität
<i>Teilmarkt</i>	Konzentration auf Nischen	

Quelle: KIRNER nach PORTER 1992

Abbildung 3: Wettbewerbsstrategien nach Porter

In Bezug auf Marketing lassen sich nach ANSOFF (zitiert in WÜSTERMANN und ÇAĞLAR 2016) folgende vier strategische Optionen beschreiben: *Marktdurchdringung* durch bestehende Produkte in bestehenden Märkten, die *Marktentwicklung* mit bestehenden Produkten in neuen Märkten, die *Produktentwicklung* neuer Produkte in bestehenden Märkten sowie die *Diversifizierung* durch neue Produkte und neue Märkte (siehe *Abbildung 4*).

Bezeichnung	Bestehende Produkte	Neue Produkte
Bestehende Märkte	<i>Marktdurchdringung</i>	<i>Produktentwicklung</i>
Neue Märkte	<i>Marktentwicklung</i>	<i>Diversifizierung</i>

Quelle: KIRNER nach ANSOFF 1965

Abbildung 4: Marketingstrategien im Rahmen der Ansoff-Matrix

Bei Lieferung der Milch an eine Molkerei liegt die Entwicklung neuer Märkte und neuer Produkte Großteils in Händen der Molkereien. Neue Produkte und neue Märkte können aber auch in einer Zusammenarbeit zwischen Milchverarbeitern und Produzentenverbänden entwickelt und bearbeitet werden, wie das Beispiel Heumilch zeigt. Die Marketingstrategien nach Ansoff stehen für Einzelbetriebe insbesondere bei eigener Veredelung und/oder Direktvermarktung offen.

Ein anderes Strategiekonzept orientiert sich nach der Veränderung von Output-Größen und differenziert zwischen Wachstums-, Stabilisierungs- und Schrumpfstategie (vgl. BOKELMANN 2000, 51). Als wirtschaftliche Gründe für Wachstum gelten in erster Linie die möglichen Kosteneinsparungen durch Degressionseffekte. Untersuchungen verschiedener Autoren bestätigen einen nahezu L-förmigen Verlauf der langfristigen Durchschnittskostenkurve bei zunehmender Betriebsgröße (u.a. ISERMEYER 1993), wobei der kostensenkende Effekt mit steigender Größe abnimmt. Bäuerliche Familienbetriebe erreichen bis dato kaum Betriebsgrößen, die das Potenzial der Kostendegression ausschöpfen.

In den Arbeiten von KIRNER (2005a, 91ff) bzw. KIRNER und KRAMMER (2008) wurden vergleichbare Strategien konkret für österreichische Milchviehbetriebe herausgearbeitet: Milchviehbetriebe mit Wachstumsabsicht, Milchviehbetriebe mit mehr oder weniger gleichbleibender Produktion (Strategie der Stabilisierung) sowie Milchviehbetriebe mit Ausstiegsambitionen. PINTER und KIRNER (2014) deckten in ihrer Studie am Beispiel von Milchviehbetrieben im Bezirk Murau auf, dass die Strategie der Stabilisierung (keine größeren Änderungsabsichten) nicht immer per se als solche verfolgt wird. Diese Betriebe befinden sich häufig in einer Warteposition und es ist nicht vorhersehbar, in welche Richtung sich diese entwickeln werden. Ein Grund für diese Warteposition liegt darin begründet, dass die Hofnachfolge in diesen Betrieben häufig noch ungewiss ist. LARCHER und VOGEL (2008, 7) leiteten in ihrer Studie folgende drei Haushaltsstrategien für biologische Milchviehbetriebe ab: Spezialisierung auf Milchproduktion, Spezialisierung auf aktive Vermarktung und Konzentration auf nicht-landwirtschaftliche Tätigkeiten.

Zur Frage konkreter Anpassungsstrategien in der Milchviehhaltung informieren diverse Befragungsstudien. In der Studie von LAVEN et al. (2015) wollte knapp die Hälfte der befragten Milchviehhalterinnen und Milchhalter aus Baden-Württemberg die Produktionskosten als Folge des Milchquotenendes optimieren. Weitere Anpassungsstrategien betrafen die Verbesserung der Arbeitseffizienz (47 %) und die Ausdehnung der Milchproduktion (43 %). Mit knapp 29 % bekundete ein hoher Anteil, aus der Milchproduktion aussteigen zu wollen. In einer ähnlich gelagerten Studie für Österreich (SCHÖNHART et al. 2012) wollten 20 Prozent der befragten Milcherzeugerinnen und Milcherzeuger die Grundfutterleistung erhöhen, weitere jeweils 18 Prozent ihre Kapazitäten erweitern bzw. die Milchleistung steigern. KIRNER et al. (2015) erkundeten die Anpassungsstrategien von österreichischen Milchviehbetrieben mit 50 und mehr Milchkühen. Knapp zwei Drittel der Betriebe wollten zum Befragungssichttag die Nutzungsdauer ihrer Kühe erhöhen, weitere jeweils 59 Prozent die Grund- bzw. Milchleistung steigern sowie mehr Milch an die Molkerei abliefern. Interessant: Jeder fünfte der Befragten plante, fremde Arbeitskräfte auf dem Betrieb einzustellen.

3.3 Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Strategien in der Milchproduktion

Der Grüne Bericht listet alljährlich die Ergebnisse der rund 2.200 Buchführungsbetriebe in Österreich auf (BMLFUW 2016a, 173ff). Darunter finden sich auch Ergebnisse für

die spezialisierten Milchviehbetriebe. Diese Betriebe bewirtschafteten im Schnitt im Jahr 2015 knapp 30 Hektar landwirtschaftlich genutzte Fläche und hielten 18,5 Milchkühe. Für dieses Auswertungsjahr wurden Einkünfte aus der Land- und Forstwirtschaft in Höhe von 22.736 Euro erwirtschaftet; gegenüber 2014 ein deutlicher Rückgang aufgrund des niedrigen Milchpreises im Jahr 2015 (31.617 Euro). Die Streuung der Ergebnisse nach der Betriebsgröße ist beträchtlich. Betriebe mit einem Standardoutput (SO) von 8.000 bis 30.000 Euro (6,0 Milchkühe je Betrieb) erzielten Einkünfte aus der Land- und Forstwirtschaft von 4.061 Euro, jene mit einem SO von 100.000 bis 350.000 Euro (43,1 Milchkühe je Betrieb) 50.514 Euro. Abweichungen zeigen sich auch auf Grund der Wirtschaftsweise: Wegen des gestiegenen Biomilchpreiszuschlags (Abschnitt 2.3) übertrafen die Einkünfte der Bio-Milchviehbetriebe im Jahr 2015 deutlich jene der konventionellen: 29.361 versus 19.972 Euro (Abweichung von 9.389 Euro bzw. 32 Prozent). In den Jahren davor lag die Differenz zu Gunsten der Biobetriebe bei 3.745 Euro (2014), 4.720 Euro (2013) bzw. 7.061 Euro (2012). Auswertungen der Buchführungsbetriebe in Deutschland und der Schweiz verweisen auf uneinheitliche Trends in Bezug auf die Wirtschaftsweise. Je nach Untersuchungsjahr liegen hier mal die biologisch wirtschaftenden, mal die konventionellen Milchviehhalter vorne (STOLZE 2016).

Modellkalkulationen von KIRNER (2012, 27ff) belegen ebenso, dass die Strategie Differenzierung durch Qualität in der österreichischen Milchproduktion ökonomisch zu reüssieren vermag. Das höchste Einkommenspotenzial errechnete sich bei biologischer Heumilchproduktion. Dieses Potenzial könnte jedoch den Kalkulationen zu Folge nur ausgeschöpft werden, wenn ausreichend Flächen und Arbeitskräfte zur Verfügung stehen. Die Studie schlussfolgerte, dass die Vorzüglichkeit einer Strategie wesentlich von der Knappheit fixer Faktoren abhängt und somit eine allgemeine Empfehlung nicht abgegeben werden kann. Darüber hinaus entscheiden laut KIRNER (2005b) Präferenzen, Ziele und Werthaltungen der beteiligten Personen entscheidend über die Wahl einer Strategie. Daraus leitet sich laut dem Autor ab, dass es in der Regel keine allgemein gültigen Empfehlungen für oder gegen bestimmte Entwicklungsschritte bei der Betriebsgestaltung gibt. Menschen bewerten einen zu erwartenden Nutzen unterschiedlich und in jedem Betrieb ist die Ausgangssituation eine andere.

NEUDORFER (2012) analysierte in seiner Diplomarbeit verschiedene Strategieoptionen von Milchviehbetrieben unter volatilen Märkten. Im Schnitt wurde ein etwas höheres Einkommen in der Spezialisierungs- bzw. Wachstumsstrategie ausgewiesen als in der Low-Input-Strategie: kalkulatorisches Betriebsergebnis von -0,4 versus -3,8 Cent/kg. Die Berechnungen bestätigen somit, dass Spezialisierungs- und Wachstumsstrategien das Potenzial für höheres Einkommen bieten, die Einkommen schwanken jedoch auch deutlich stärker in Abhängigkeit von der unterstellten Umweltbedingung (vor allem Milchpreis). Differenzierungs- und Diversifizierungsstrategien hingegen vermindern aufgrund der Risikostreuung die Volatilität beim Familieneinkommen. Im Schweizerischen Projekt Optimilch wurde die Wirtschaftlichkeit der Hochleistungsstrategie mit jener der Vollweidestrategie im Rahmen einer zehnjährigen Begleitforschung verglichen (BLÄTTLER et al. 2015). Die Vollweidebetriebe

konnten im Beobachtungszeitraum die Direktkosten um 25 Prozent und die kalkulatorischen Kosten um 31 Prozent senken. Die Hochleistungsbetriebe konnten durch gesteigerte Arbeitseffizienz die kalkulatorischen Kosten um 41 Prozent verringern. Das kalkulatorische Ergebnis unterschied sich am Ende des zehnjährigen Beobachtungszeitraums so gut wie nicht zwischen den beiden untersuchten Strategien: -0,08 Franken je kg Milch (Hochleistung) versus -0,06 Franken je kg Milch (Vollweide).

KIRNER (2015) analysierte in Modellkalkulationen auf der Basis typisierter Betriebe die Produktionskosten von Hochleistungsbetrieben mit einem Bio-Vollweidebetrieb. Die beiden Hochleistungsbetriebe mit 60 bzw. 120 Milchkühen wiesen mit 61 bzw. 50 Cent/kg Milch die mit Abstand niedrigsten Produktionskosten aus. Letzterer erreichte ein kalkulatorisches Betriebsergebnis von etwa Null, was so viel bedeutet, dass alle eingesetzten eigenen Faktoren zu Marktpreisen entlohnt werden konnten. Für den biologisch wirtschaftenden Vollweidebetrieb errechneten sich Produktionskosten von 73,4 Cent/kg Milch, also deutlich höher als jene in den beiden Hochleistungsbetrieben. Wegen des Biomilchpreiszuschlags und höheren öffentlichen Gelder errechnete sich für den Bio-Vollweidebetrieb jedoch ein positives kalkulatorisches Betriebsergebnis von rund sieben Cent je kg Milch. Auch im österreichischen Projekt zu Vollweidesystemen in der Milchproduktion erwies sich die Vollweidestrategie als wirtschaftliche Alternative zur Hochleistungsstrategie (KIRNER 2008).

Neben betrieblichen Einflussfaktoren wie Größe oder Wirtschaftsweise sind es vor allem die Managementfähigkeiten, die über Erfolg oder Misserfolg entscheiden. Die Ergebnisse von Betriebszweigabrechnungen belegen dies deutlich. So erzielten die Betriebe des oberen Viertels im Rahmen der bayerischen Vollkostenauswertung im Milchreport 2014/15 ein kalkulatorisches Betriebszweigergebnis von 4,2 Cent/kg Milch. Im unteren Viertel lag der entsprechende Wert bei -13,6 Cent/kg. Die Spannweite betrug somit fast 18 Cent/kg. Ein Teil davon ist aber auch auf die Betriebsgröße zurückzuführen (102 versus 63 Milchkühe je Betrieb). Interessant: Die Milchleistung hatte keinen statistisch signifikanten Einfluss auf das kalkulatorische Betriebszweigergebnis (DORFNER und HOFFMANN 2015). Ähnliche Tendenzen zeigen sich in der Betriebszweigabrechnung der österreichischen Arbeitskreisbetriebe, wobei hier nur eine Teilkostenrechnung vorliegt (BMLFUW 2016b).

4. Material und Methoden

4.1 Grundsätzliches

Die soeben beschriebenen Wirtschaftlichkeitsrechnungen aus diversen Studien geben erste Einblicke in die Wettbewerbsfähigkeit unterschiedlicher Strategien in der Milchproduktion. Nachfolgend werden eigene Überlegungen und Berechnungen angestellt mit dem Ziel, die Wirtschaftlichkeit strategischer Optionen im Kontext gegenwärtiger Rahmenbedingungen und Produktionssysteme in Österreich umfassend zu analysieren und zu diskutieren. Für die Operationalisierung dienen zwei Modellbetriebe, die auf der Weise konzipiert wurden, dass sie typische Produktionssysteme in der österreichischen Milchviehhaltung abbilden. Unterschieden wird zwischen Entwicklungspfaden ohne

und mit Wachstum, um auch die Wirkung der Veränderung von Output-Größen rechnerisch herauszuarbeiten. Die analysierten Entwicklungspfade betreffen die zurzeit wesentlichen Strategieoptionen innerhalb der österreichischen Milchproduktion laut PORTER (1992): Kostenführerschaft, Differenzierung durch Qualität und Nischenproduktion.

4.2 Modellbetriebe

Der Modellbetrieb mit 15 Milchkühen (im Folgenden auch als kleiner Betrieb bezeichnet) wirtschaftet konventionell und stellt einen Bergbauernbetrieb mit größerer natürlicher Erschwernis (165 Erschwernispunkte) dar. In der Ausgangssituation werden 6.500 kg Milch je Kuh und Jahr produziert, davon 6.000 kg an die Molkerei geliefert. Das Grünland wird dreimal pro Jahr genutzt, je nach Konservierungsart werden zwischen 6,1 und 6,4 Tonnen Trockenmasse je Hektar geerntet. Die Forstwirtschaft stellt für diesen Betrieb neben der Milchproduktion eine wichtige Einnahmequelle dar. Der Modellbetrieb mit 35 Milchkühen (größerer Betrieb) wirtschaftet in der Ausgangssituation ebenso konventionell und repräsentiert einen größeren und überdurchschnittlich organisierten Betrieb in der Gunstlage des Berggebiets (56 Erschwernispunkte). Je Kuh und Jahr werden in der Ausgangssituation 8.500 kg Milch produziert, in Summe knapp 285 Tonnen an die Molkerei verkauft. Der Silageertrag liegt bei knapp 8 Tonnen Trockenmasse je Hektar und Jahr (Tabelle 1).

Tabelle 1: Eckdaten der beiden Modellbetriebe

Bezeichnung	Einheit	Betrieb mit 15 Milchkühen	Betrieb mit 35 Milchkühen
Grünland	ha	18,5	34,0
Pachtland	ha	3,5	4,0
Milchkühe	St.	15	35
Produzierte Milch	kg/Kuh	6.500	8.500
Milchverkauf	kg	90.000	284.305
Wald	ha	15,4	10,2
Erschwernispunkte	Punkte	165	56

Für beide Betriebe gilt: Die weibliche Nachzucht wird zur Gänze auf dem Betrieb aufgezogen, überschüssige Kalbinnen werden verkauft. Die männlichen Kälber werden mit ca. 100 kg zur Gänze vermarktet. Die Milchviehställe sind bei beiden Betrieben Großteils abgeschrieben, sie können aber noch einige Jahre als solche betrieben werden. Mittel- bis längerfristig sind bauliche Adaptionen notwendig.

4.3 Analyisierte Varianten

Folgende strategische Optionen, nachfolgend als Varianten bezeichnet, werden untersucht. Neben der Ausgangssituation eine Variante mit Intensivierung der konventionellen Milchproduktion und drei Varianten mit Umstellung auf die biologische Wirtschaftsweise. Folgende Kürzel und Merkmale kennzeichnen diese fünf Varianten:

BASIS: Ausgangssituation

INT: Intensivierung in Form einer Steigerung der Milchleistung je Kuh und Jahr

BIO: Umstellung auf die biologische Wirtschaftsweise

BIO-LI: Umstellung auf die biologische Wirtschaftsweise bei gleichzeitiger Umsetzung der Low-Input-Strategie

BIO-HEU: Umstellung auf die biologische Wirtschaftsweise und gleichzeitige Implementierung der Heumilchproduktion

Obige Kürzel betreffen die Varianten ohne Ausdehnung der Milchproduktion. Bei den Varianten mit Wachstum wird zur jeweiligen Abkürzung ein + hinzugefügt. So steht BIO+ für die Umstellung auf biologische Wirtschaftsweise bei gleichzeitiger Ausdehnung der Flächen und Tiere. Somit ergeben sich insgesamt neun Varianten: Eine Basisvariante, vier ohne und vier mit Wachstum. Die zentralen Berechnungsgrundlagen zu den untersuchten Varianten für die beiden Modellbetriebe präsentieren die *Tabellen 2* und *3*.

4.4 Berechnungsgrundlagen

Basis der Wirtschaftlichkeitsberechnung ist der Deckungsbeitrag, der mit Hilfe des Internet-Deckungsbeitrags der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft für die verschiedenen Varianten ermittelt wird (www.awi.bmlfuw.gv.at/idb/). Die Anzahl der Milchkühe wird durch die Bilanzierung aus Grundfutterlieferung des Grünlands (Silage, Heu, Weidegras) und dem Grundfutterbedarf der Milchkühe (jeweils in MJ NEL) einschließlich weiblicher Nachzucht errechnet. Die Flächenausstattung ist innerhalb der Option mit oder ohne Wachstum für jede Variante gleich (z.B. 18,5 Hektar für den kleinen Milchkuhbetrieb). Als Pachtkosten wurden 250 Euro (kleiner Milchkuhbetrieb) bzw. 400 Euro (größerer Milchkuhbetrieb) angesetzt.

Bei biologischer Wirtschaftsweise sind etwa zehn Prozent niedrigere Grünlanderträge berücksichtigt, daher werden weniger Kühe bei biologischer im Vergleich zur konventionellen Wirtschaftsweise bei gleicher Fläche ausgewiesen. Die wesentlichen Parameter in der Milchproduktion wurden auf die jeweiligen Varianten bzw. Produktionssysteme abgestimmt. Beispielsweise wird bei der Intensivierung mit einer höheren Milchleistung oder bei der Low-Input-Strategie mit einem höheren Weideanteil und Kurzrasenweide gerechnet. Bei Heumilchproduktion wird warmbelüftetes Heu produ-

ziert, die Energiekonzentration dieses Heus erreicht jene von Silage. Als zusätzliche Energiekosten werden 15 Euro pro Tonne Trockenmasse laut KITTL (2017) veranschlagt. Auch die Arbeitszeit je Kuh und Jahr oder die Nutzungsdauer der Kühe sind für das jeweilige Produktionssystem abgestimmt.

Die Ansätze zum Milchpreis, Kraftfüttereinsatz, Kraftfutterpreis und allen weiteren Parametern für die Deckungsbeitragsrechnung sind ebenso im Wesentlichen dem Internet-Deckungsbeitrag der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft entnommen. Die Werte dafür entsprechen dem Durchschnitt der vergangenen fünf Jahre. So weicht der Biomilchpreis in diesem Zeitraum um 9,20 Cent/kg vom konventionellen Milchpreis ab (8,14 Cent/kg netto). Für die Low-Input Strategie wurde wegen der etwas niedrigeren Inhaltsstoffe ein geringfügiger Abschlag unterstellt. Als Heumilchzuschlag wurden 5,38 Cent/kg veranschlagt (4,76 Cent/kg netto). Dieser Zuschlag errechnet sich aus dem Fünfjahresmittel 2012 - 2016; einbezogen wurden die wichtigsten Molkereien mit Heumilchvermarktung in Österreich (vgl. LINDNER 2017). Als Kraftfutterpreise brutto werden laut Fünfjahreschnitt im Internet-Deckungsbeitrag 33,68 Cent/kg (konventionell) bzw. 47,92 Cent/kg (biologisch) in Rechnung gestellt. Die Kraftfuttermenge je Kuh und Jahr ist bis auf die Variante Intensivierung (INT, INT+) ebenso dem Internet-Deckungsbeitrag entnommen. Bei der Variante Intensivierung im Modellbetrieb mit 35 Milchkühen in der Ausgangssituation wurde der Kraftfüttereinsatz auf der Basis der Arbeitskreisbetriebe in Österreich (vgl. WÖCKINGER 2017) mit 280 Gramm je kg Milch angesetzt. Bei sehr hohen Milchleistungen erscheint der Kraftfüttereinsatz im Internet-Deckungsbeitrag zu hoch bemessen zu sein (bei 9.500 kg sind es über 360 g/kg Milch, was einem Kraftfüttereinsatz von 3.368 kg je Kuh und Jahr entspräche).

Die hinterlegten Investitionen reichen von einfachen Adaptierungen bis hin zu Erweiterungen oder Installierung einer Heutrocknungsanlage. Bei der Umstellung auf die biologische Wirtschaftsweise ohne Wachstum wird die

Table 2: Berechnungsgrundlagen je nach Variante für den kleinen Milchviehbetrieb (15 Milchkühe in der Ausgangssituation)

Bezeichnung	Einheit	Basis	INT	BIO	BIO-LI	BIO-HEU	INT+	BIO+	BIO-LI+	BIO-HEU+
Grünland	ha	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	30,0	30,0	30,0	30,0
davon Silage	%	80	80	60	40	80	80	60	40	
davon Heu	%	20	20	20	20	70	20	20	20	70
davon Weide	%			20	40	30		20	40	30
Milchkühe	St.	15,0	15,0	13,5	13,8	14,0	25,0	22,7	22,9	23,2
Milchverkauf je Kuh, Jahr	t	6,00	7,50	6,00	5,00	6,00	7,50	6,00	5,00	6,00
Milchverkauf gesamt	t	90	113	81	70	85	188	135	114	138
Arbeitszeit je Kuh, Jahr	AKh	100	105	110	90	110	85	90	80	90
Nutzungsdauer Kühe	Jahre	3,6	3,4	3,6	3,8	3,6	3,4	3,6	3,8	3,6
Kraftfutter je Kuh, Jahr	kg	1.431	2.431	1.431	765	1.431	2.431	1.431	765	1.431
Kraftfutтереffizienz	dag/kg	22	30	22	14	22	30	22	14	22
Milchpreis	Cent/kg	38,94	38,94	48,14	47,54	53,52	38,94	48,14	47,54	53,52
Investition Gebäude ¹	Tsd. Euro			15,0	15,0	122,0	112,5	113,5	103,1	249,8
darunter Heutrocknung	Tsd. Euro					107,0				133,8
Investition Technik ²	Tsd. Euro					80,8	25,0	25,0	25,0	105,8
darunter Warmbelüftung	Tsd. Euro					50,8				50,8
darunter Hallenkran	Tsd. Euro					30,0				30,0

Varianten: Basis = Ausgangssituation, INT = Intensivierung, BIO-LI = Bio-Low-Input, BIO-HEU = BIO-Heumilchproduktion; das + kennzeichnet die Varianten mit Wachstum: Flächenausweitung auf 30 Hektar, die Anzahl der Kühe errechnet sich aus der Bilanzierung von Grundfutterlieferung der Fläche und Grundfutterbedarf der Tiere.

¹ Die Differenz aus Gebäude und Heutrocknung ergibt die Kosten für den Stallumbau bei BIO-HEU(+).

² Die Differenz aus Technik und Warmbelüftung bzw. Hallenkran ergibt die Kosten für die Melktechnik bei BIO-HEU(+).

Tabelle 3: Berechnungsgrundlagen je nach Variante für den größeren Milchviehbetrieb (35 Milchkühe in der Ausgangssituation)

Bezeichnung	Einheit	Basis	INT	BIO	BIO-LI	BIO-HEU	INT+	BIO+	BIO-LI+	BIO-HEU+
Grünland	ha	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	57,5	57,5	57,5	57,5
davon Silage	%	90	90	60	40		90	60	40	
davon Heu	%	10	10	20	15	70	10	20	15	70
davon Weide	%			20	45	30		20	45	30
Milchkühe	St.	35,0	35,0	30,9	32,0	30,8	60,0	53,0	54,5	52,7
Milchverkauf je Kuh, Jahr	t	8,12	9,12	7,00	5,00	7,00	9,12	7,00	5,00	7,00
Milchverkauf gesamt	t	284	319	221	160	214	547	374	276	366
Arbeitszeit je Kuh, Jahr	AKh	75	80	80	65	70	50	70	60	65
Nutzungsdauer Kühe	Jahre	3,5	3,2	3,5	3,8	3,5	3,2	3,5	3,8	3,5
Krafftutter je Kuh, Jahr	kg	2.380	2.660	2.098	765	2.098	2.660	2.098	765	2.098
Krafftutтереffizienz	dag/kg	28	28	28	14	28	28	28	14	28
Milchpreis	Cent/kg	38,94	38,94	48,14	47,54	53,52	38,94	48,14	47,54	53,52
Investition Gebäude ¹	Tsd. Euro			35,0	35,0	273,4	450,0	424,0	381,5	719,5
darunter Heutrocknung	Tsd. Euro					238,4				297,9
Investition Technik ²	Tsd. Euro					139,9	165,0	35,0	35,0	174,9
darunter Warmbelüftung	Tsd. Euro					91,9				91,9
darunter Hallenkran	Tsd. Euro					48,0				48,0

Beschreibung der Varianten und Fußnoten siehe *Tabelle 2*

Investition eines Lauffhofes unterstellt. Bei Erweiterung auf 30 Hektar Grünland beim kleineren Milchviehbetrieb (15 Milchkühe in der Ausgangssituation) wird unterstellt, dass das vorhandene Gebäude im Zuge eines Umbaus weiterhin genutzt und erweitert wird. Die Investitionskosten ohne Technik belaufen sich je nach Variante auf 4.500 bis 5.000 Euro je Kuhstandplatz (etwas höhere Kosten bei Umstellung auf die biologische Wirtschaftsweise, Ausnahme Low-Input Strategie). Die Investitionskosten für die Heutrocknung (Gebäudehülle, Trocknungsboxen inkl. Lüfterkammer und Dachabsaugung, Kran sowie Technik für die Warmbelüftung inkl. Luftentfeuchter) leiten sich aus Berechnungen von KITTL (2017) ab, die extra für die beiden hier analysierten Modellbetriebe umgesetzt wurden.

Beim größeren Milchkuhbetrieb (35 Milchkühe in der Ausgangssituation) wird von einem völligen Neubau des Stallgebäudes ausgegangen. Die Investitionskosten ohne Technik schwanken je nach Variante von 7.000 bis 8.000 Euro je Kuhstandplatz (etwas höhere Werte wieder für die biologische Wirtschaftsweise, Ausnahme Low-Input Strategie). Für INT+ wurde ein Automatisches Melksystem mit einem Anschaffungswert von 150.000 Euro unterstellt. Höhere Wartungskosten sind in den aufwandsgleichen Fixkosten eingerechnet.

Zur Berechnung der Abschreibungen aller berechneten Investitionen werden Gebäude auf 25 Jahre, technische Einrichtungen auf 15 Jahre abgeschrieben. Als Zinssatz sind drei Prozent veranschlagt, die Berechnung der Zinskosten wird mittels Annuitätenrechnung ermittelt. Es wird unterstellt, dass technische Einrichtungen mit Eigenkapital, Gebäude und bauliche Anlagen mit Fremdkapital (aufwandswirksam) finanziert werden. Investitionszuschüsse von rund 20 Prozent sind berücksichtigt. Ergänzende aufwandsgleiche Fixkosten (u.a. Instandhaltung der Gebäude, Betriebssteuern, Sachversicherungen, allgemeine Wirtschaftskosten) leiten sich aus ähnlich gelagerten Milchviehbetrieben im Rahmen des Netzes der freiwillig buchführenden Betriebe ab (LBG 2016); Mehrkosten bei den aufwandsgleichen Fixkosten als Folge der Flächen- und Herdenausdehnung sind berücksichtigt.

Neben der Milchproduktion werden noch Erträge aus der Forstwirtschaft und aus öffentlichen Geldern erwirtschaftet. Je Hektar Wald wird ein Deckungsbeitrag von 400 Euro (15 Milchkühe in der Ausgangssituation) bzw. 300 Euro (35 Milchkühe in der Ausgangssituation) angesetzt. Die öffentlichen Gelder werden auf der Basis der Gemeinsamen Agrarpolitik bis 2020 errechnet. Die Regionalprämie im Rahmen der ersten Säule wird mit 290 Euro je Hektar festgelegt. Unter konventioneller Wirtschaftsweise wird an der ÖPUL-Maßnahme UBB (Umweltgerechte und biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung) teilgenommen, je Hektar werden dafür 45 Euro gewährt. Bei biologischer Wirtschaftsweise (inkl. Low-Input Strategie) werden zusätzlich die Gelder aus der Maßnahme biologische Wirtschaftsweise (225 Euro/ha) und der Weidemaßnahme im Rahmen des Tierwohls (55 Euro/RGVE) lukriert. Bei der Bio-Heumilchproduktion werden darüber hinaus 150 Euro/ha für die Maßnahme Silageverzicht veranschlagt. Die Ausgleichszulage für benachteiligte Gebiete errechnet sich auf der Basis des dafür entwickelten Algorithmus unter Berücksichtigung der jeweiligen Erschwernispunkte (siehe BMLFUW 2014).

4.5 Kennzahlen

Die Betriebsrechnung weist für alle Varianten die wesentlichen Kennzahlen der Rentabilität, Stabilität und Liquidität aus. In den folgenden Ergebnissen werden vier Kennzahlen grafisch aufbereitet, diese werden nachfolgend kurz erläutert.

Deckungsbeitrag je Kuh und Jahr

Grundlage ist der jeweilige Deckungsbeitrag je Kuh und Jahr laut Internet-Deckungsbeitrag der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft. Auf Betriebsebene wird dieser Deckungsbeitrag (für die jeweilige Anzahl an Milchkühen) mit den variablen Kosten der weiblichen Nachzucht, den Verkaufserlösen der überzähligen Kalbinnen sowie mit den variablen Kosten der Grundfutteraktivitäten aggregiert. Er stellt somit

einen Deckungsbeitrag inklusive weibliche Nachzucht und Grundfutter, gerechnet pro Kuh, dar.

Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft

Zum aggregierten Deckungsbeitrag der Milchviehhaltung inkl. Grundfutter werden der Deckungsbeitrag aus der Forstwirtschaft sowie die öffentlichen Gelder hinzugerechnet, als Ergebnis der Gesamtdckungsbeitrag ausgewiesen. Davon werden die aufwandsgleichen Fixkosten (u.a. Instandhaltungskosten Gebäude, Abschreibungen für bisherige Anlagen, Abschreibungen für berücksichtigte Investitionen, Betriebssteuern, Sachversicherungen, Pachtkosten) abgezogen. Die Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft stellen das Entgelt für die im land- und forstwirtschaftlichen Betrieb geleistete Arbeit der nicht entlohnten Arbeitskräfte für die unternehmerische Tätigkeit und für den Einsatz des Eigenkapitals dar. Durch die Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft sind noch die Beiträge zur gesetzlichen Sozialversicherung und die Einkommenssteuer abzudecken (BMLFUW 2016a, 237).

Arbeitsverdienst je Arbeitskraftstunde

Ausgehend von den Einkünften aus Land- und Forstwirtschaft wird der Zinsansatz für das im Betrieb gebundene Eigenkapital (Zinssatz von drei Prozent) und der Pacht-

ansatz für die im Eigentum befindliche Fläche (abgeleitet vom jeweiligen Pachtmarkt) abgezogen. Der verbliebene Betrag wird durch die geleistete Arbeit dividiert und stellt die Entlohnung des Faktors Arbeit je Stunde dar. Achtung: Dieser Wert liegt deutlich niedriger als die Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft je Arbeitskraftstunde, da hier weder Eigenkapitaleinsatz noch die Eigenfläche monetär bewertet sind.

Investitionskosten

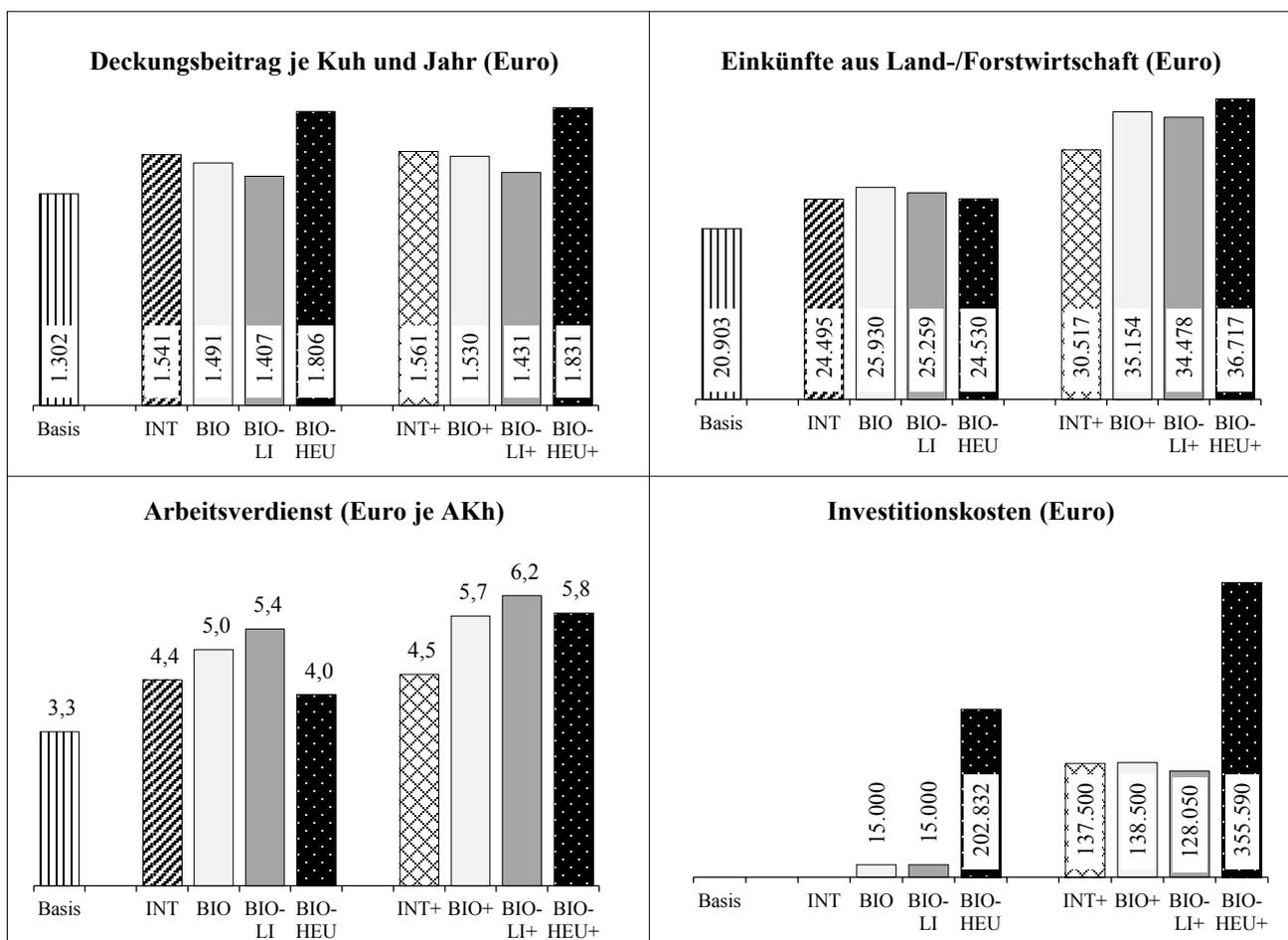
Als Maßzahl für Risiko und Fremdkapitaleinsatz wird die Investitionssumme herangezogen. Alle Anschaffungen im Zuge einer gewählten Strategie sind hier vor Abzug des Investitionszuschusses aufsummiert.

5. Ergebnisse der Modellrechnungen

Die Ergebnisse zu den vier untersuchten Kennzahlen aus den Modellrechnungen sind den *Abbildungen 5* und *6* zu entnehmen.

5.1 Deckungsbeitrag je Kuh und Jahr

Der Deckungsbeitrag je Kuh und Jahr steigt bei allen hier unterstellten Varianten gegenüber der Ausgangssituation,



Varianten: Basis = Ausgangssituation, INT = Intensivierung, BIO-LI = Bio-Low-Input, BIO-HEU = BIO-Heumilchproduktion; das + kennzeichnet die Varianten mit Wachstum: Flächenausweitung auf 30 Hektar, die Anzahl der Kühe errechnet sich aus der Bilanzierung von Grundfutterlieferung der Fläche und Grundfutterbedarf der Tiere.

Weiterführende Informationen zu den Berechnungsgrundlagen liefern Abschnitt 4.3 und 4.4.

Abbildung 5: Deckungsbeitrag, Einkommen, Arbeitsverdienst und Investitionskosten je nach Variante für den kleineren Milchviehbetrieb (15 Kühe in der Ausgangssituation)

er weicht jedoch markant zwischen diesen Varianten ab. Der höchste Deckungsbeitrag errechnet sich für die Bio-Heumilchproduktion: +38 Prozent (kleiner Milchviehbetrieb) bzw. +26 Prozent (größerer Milchviehbetrieb) gegenüber der Ausgangssituation Basis. Mit etwas Abstand folgt der Deckungsbeitrag für die Variante Intensivierung. Der niedrigste Wert wird für die Low-Input Strategie bei biologischer Wirtschaftsweise ermittelt. Die berechneten Deckungsbeiträge liegen beim größeren Milchviehbetrieb als Folge der höheren Milchleistung signifikant höher als beim kleineren Betrieb.

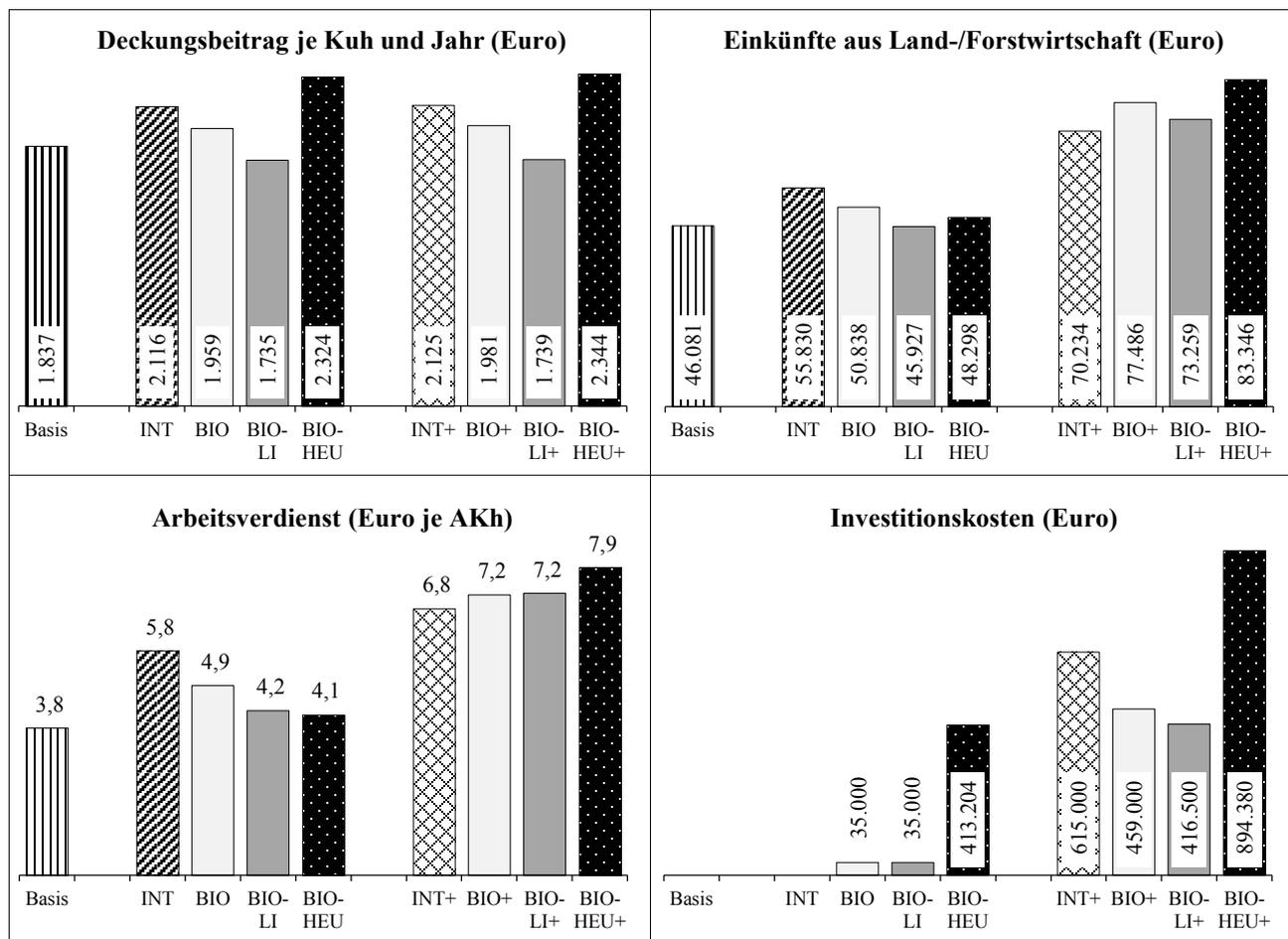
5.2 Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft

In der Situation ohne Wachstum differiert die Entwicklung des Einkommens zwischen den beiden Modellbetrieben etwas voneinander: Beim kleineren Milchviehbetrieb weichen die Einkünfte aus Landwirt- und Forstwirtschaft wenig zwischen den untersuchten Varianten ab. Sowohl bei Intensivierung in der konventionellen Wirtschaftsweise (INT) als auch bei der Bio-Heumilchproduktion (BIO-HEU) werden Einkünfte in Höhe von rund 24.500 Euro errechnet. Anders die Situation beim größeren Milchviehbetrieb. Hier liegt das Einkommen bei Intensivierung in der konventionellen Wirtschaftsweise deutlich höher als bei den Varianten mit biologischer Wirtschaftsweise: +10 Prozent gegenüber BIO, +16 Prozent im Vergleich zur Bio-Heumilchproduktion

(BIO-HEU) sowie +22 Prozent gegenüber der Bio-Low-Input Strategie (BIO-LI).

Bei Erweiterung der Fläche bzw. Herde zeigen sich zum Teil völlig andere Verhältnisse. Die Intensivierung bei konventioneller Wirtschaftsweise (INT+) erzielt bei beiden Modellbetrieben die niedrigsten Einkünfte aus der Land- und Forstwirtschaft unter den hier untersuchten Varianten (mit Ausnahme der Ausgangssituation). Die höchsten Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft werden für die Bio-Heumilchproduktion (BIO-HEU+) kalkuliert, sie übertreffen jene der Intensivierung (INT+) um rund ein Fünftel. Zwischen diesen beiden Polen bewegen sich die beiden anderen Bio-Varianten, wobei die biologische Wirtschaftsweise (BIO+) etwas höhere Einkünfte ausweist als die Bio-Low-Input Strategie (BIO-LI+).

Für beide Betriebe und alle Varianten gilt: Das Wachstum in Fläche und Kühe führt zu höheren Einkünften aus der Land- und Forstwirtschaft. Bei INT+ um rund ein Viertel, bei BIO+ je nach Betrieb zwischen 36 und 52 Prozent, bei BIO-LI+ zwischen 37 und 60 Prozent und bei BIO-HEU+ zwischen 53 und 70 Prozent (höhere Zuwächse beim größeren Betrieb). Zu berücksichtigen gilt natürlich, dass mit der Erweiterung ein deutlich höherer Bedarf an die fixen Faktoren Arbeit, Boden und Kapital einhergeht. Die kalkulierte Arbeitszeit für alle Varianten beider Betriebe listet *Tabelle 4* auf.



Beschreibung der Varianten siehe Abschnitt 4.3 sowie *Abbildung 5*

Abbildung 6: Deckungsbeitrag, Einkommen, Arbeitsverdienst und Investitionskosten je nach Variante für den größeren Milchviehbetrieb (Kühe in der Ausgangssituation)

Tabelle 4: Errechneter Arbeitszeitbedarf in Arbeitskraftstunden je Betrieb und Variante

Modellbetrieb	Basis	INT	BIO	BIO-LI	BIO-HEU	INT+	BIO+	BIO-LI+	BIO-HEU+
Kleiner Betrieb (Basis 15 Kühe)	2.813	2.927	2.838	2.487	2.892	4.116	4.039	3.644	4.074
Größerer Betrieb (Basis 35 Kühe)	4.407	4.582	4.399	3.909	4.124	5.631	6.605	5.986	6.524

Beschreibung der Varianten siehe Abschnitt 4.3 sowie Tabelle 2

5.3 Arbeitsverdienst je Arbeitskraftstunde

Vergleichbar wie bei den Einkünften aus Land- und Forstwirtschaft unterscheidet sich der Arbeitsverdienst zwischen den Varianten markant je nachdem, ob Flächen bzw. Tiere aufgestockt wurden oder nicht. Ohne Wachstum weisen beim kleineren Betrieb die Bio-Varianten mit Ausnahme der Bio-Heumilchproduktion (BIO-HEU) höhere Arbeitsverdienste aus als die Intensivierungs-Variante (INT). Der niedrigere Arbeitsverdienst bei BIO-HEU erklärt sich aus dem Zinsansatz für die Investition in die Heutrocknungstechnik, welche mit Eigenkapital finanziert wurde (ohne Zinsansatz läge der Arbeitszeitverdienst bei 5,9 anstelle von 4,0 Euro je AKh). Beim größeren Betrieb erzielt die Variante INT mit 5,8 Euro je AKh den mit Abstand höchsten Arbeitszeitverdienst, gefolgt von BIO mit 4,9 Euro je AKh. Die beiden anderen Bio-Varianten erzielten etwas über vier Euro je Arbeitskraftstunde. Bei den Varianten mit Ausdehnung der Fläche bzw. Kühe kehren sich die Verhältnisse zum Teil um. Die Varianten mit biologischer Wirtschaftsweise übertreffen jene mit Intensivierung (INT+), und zwar vor allem beim kleineren Modellbetrieb (beim größeren Modellbetrieb führt das AMS zu größeren Einsparungen bei der Arbeitszeit). Die Bio-Heumilchproduktion schneidet hier deutlich besser ab, weil sich die Investitionskosten je Einheit deutlich reduzieren, vor allem die Technikkosten. Auch die Bio-Low-Input Strategie (BIO-LI+) weist deutlich überdurchschnittliche Arbeitszeitverdienste aus, weil hier die Potenziale dieser Strategie bei Investitionen noch besser ausgenutzt werden können (weniger Bergeräume etc.).

5.4 Investitionskosten

Ohne Wachstum fallen bis auf die Bio-Heumilchproduktion (BIO-HEU) kaum Investitionen an. Bei Umstellung auf die biologische Wirtschaftsweise sind kleinere Adaptierungen (Laufhof) berücksichtigt. Bei BIO-HEU werden daher die mit Abstand höchsten Investitionskosten aufgrund der Implementierung einer Heutrocknungsanlage ausgewiesen. Bei Wachstum erhöhen sich die Investitionskosten naturgemäß markant. Beim kleineren Betrieb fallen für die Varianten ohne BIO-HEU+ vergleichbare Anschaffungskosten an. Beim größeren Betrieb verursacht die Anschaffung eines Melkroboters deutlich höhere Investitionskosten bei Intensivierung (INT+) im Vergleich zu BIO+ und BIO-LI+. Die höchsten Investitionskosten werden naturgemäß auch hier für BIO-HEU ausgewiesen. Sie übertreffen jene von INT+ um 36 Prozent.

5.5 Wirtschaftlichkeit bei geänderten Szenarien

Die bisherigen Berechnungen basierten auf den zuvor beschriebenen Berechnungsgrundlagen, welche typische und durchschnittliche Verhältnisse in den untersuchten

Varianten widerspiegeln. Um die Wirkung geänderter Rahmenbedingungen bzw. Managementfähigkeiten je nach Variante einzuschätzen, wird nachfolgend *ceteris paribus* (es wird immer nur eine Änderung isoliert untersucht) an vier Schrauben gedreht: Milchpreis, Biomilchpreiszuschlag, Heumilchpreiszuschlag, Kraftfuttermittel und Zinssatz.

Milchpreis

Bei einem hohen Milchpreis (über alle Qualitäten) profitieren die Varianten Intensivierung (INT bzw. INT+) bzw. Bio-Heumilchproduktion (BIO-HEU bzw. BIO-HEU+). Bei einem um sechs Cent je kg höheren Milchpreisniveau (knapp 45 Cent/kg) lägen die Variante INT(+) gleichauf mit BIO(+) und BIO-LI(+). BIO-HEU(+) würden den Abstand zu den anderen Varianten noch ausbauen. Genau umgekehrt verhält es sich bei einem niedrigeren Milchpreisniveau. Bei 32 Cent/kg lägen BIO(+) und BIO-LI(+) deutlich vor den anderen beiden Varianten.

Biomilchpreiszuschlag

In den bisherigen Berechnungen wurde ein Biomilchpreiszuschlag von 9,2 Cent/kg brutto auf Basis des Internet-Deckungsbeitrags der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft veranschlagt. Würde dieser auf 6,5 Cent je kg Milch reduziert (Situation bis vor 2015), resultiert folgendes Bild: Das Einkommen in der Variante INT+ würde beim kleineren Milchviehbetrieb mit den Bio-Varianten auf ungefähr gleicher Ebene liegen. Beim größeren Betrieb überträte das Einkommen von INT+ geringfügig jenes der Bio-Varianten.

Heumilchpreiszuschlag

In diesem Szenario wird der Heumilchpreiszuschlag brutto von 5,38 auf 3,50 Cent/kg Milch herabgesetzt. Unter dieser Bedingung reduziert sich auch beim betrieblichen Wachstum die Vorzüglichkeit der Bio-Heumilchproduktion, was die Einkünfte aus der Land- und Forstwirtschaft betrifft. Beim kleineren Betrieb läge das Einkommen nur noch auf der Höhe der anderen beiden Bio-Varianten, aber immer noch um zwölf Prozent höher als bei der konventionellen Intensivierung (INT+). Ähnlich die Situation beim größeren Modellbetrieb: der Abstand zu INT+ belief sich hier auf neun Prozent.

Kraftfuttermittel

Durch das Management kann der Kraftfuttermittelverbrauch je kg produzierte Milch verringert werden. Ausgehend von der Kraftfuttermittelverwertung laut Tabelle 2 und 3 wird nachfolgend mit einer Verringerung um 20 Prozent Kraftfuttermittelverbrauch je kg produzierte Milch kalkuliert. Beispielsweise bedeutet dies bei einer bisherigen Kraftfuttermittelverwertung von 280 Gramm eine Reduktion auf 224 Gramm. Das Einkommen erhöht sich signifikant. Die Auswirkungen für die Intensivierung bei konventioneller Produktion und die Bio-Heumilchproduktion sind der Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 5: Erhöhung der Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft in Euro je Betrieb bei einer um 20 Prozent höheren Kraftfuttermehrfacheffizienz

Modellbetrieb	INT	BIO-HEU	INT+	BIO-HEU+
Kleiner Betrieb (Basis 15 Kühe)	2.581	2.000	4.303	3.190
Größerer Betrieb (Basis 35 Kühe)	6.719	6.612	11.519	11.314

Beschreibung der Varianten siehe Abschnitt 4.3 sowie *Tabelle 2*

Tabelle 6: Veränderung der Einkünfte aus Land- und Forstwirtschaft in Euro je Betrieb bei geändertem Zinssatz

Modellbetrieb	Kleiner Betrieb (Basis 15 Kühe)				Größerer Betr. (Basis 35 Kühe)			
	INT	BIO-HEU	INT+	BIO-HEU+	INT	BIO-HEU	INT+	BIO-HEU+
Zinssatz von 1 %	0	1.174	1.082	2.402	0	2.628	4.328	6.920
Zinssatz von 5 %	0	-1.320	-1.217	-2.703	0	-2.957	-4.869	-7.784

Beschreibung der Varianten siehe Abschnitt 4.3 sowie *Tabelle 2*

An den Relationen zwischen den Varianten ändert sich wenig, da bei allen die Kraftfuttermehrfacheffizienz gleichermaßen erhöht wurde. Einzig die Bio-Low-Input Strategie verliert hier etwas an Wettbewerbsfähigkeit, weil das Einsparungspotenzial an Kraftfutter bei einem niedrigeren Ausgangsniveau beschränkt ist.

Zinssatz

Abschließend wird der Einfluss des Zinssatzes auf das Einkommen geprüft (ursprünglich wurde mit drei Prozent kalkuliert). Vereinfacht gilt: Je höher der Fremdkapitaleinsatz, desto höher die Auswirkung eines geänderten Zinssatzes. Bei der Bio-Heumilchproduktion hat daher der Zinssatz den größten Hebel unter allen Varianten, wie aus *Tabelle 6* zu entnehmen ist.

6. Diskussion der Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Auf der Grundlage von zwei Betrieben mit jeweils neun Varianten lässt sich die Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Strategien in der Milchproduktion naturgemäß nicht abschließend bewerten. Denn die Vielfalt an betrieblichen bzw. familiären Situationen und volatiler Rahmenbedingungen erlaubt keine allgemeingültige Aussage für oder gegen die Vorzüglichkeit einer bestimmten Betriebsausrichtung. Außerdem gründen die vorliegenden Berechnungen auf Preis- und Kostenverhältnisse der vergangenen fünf Jahre; diese können nicht automatisch für die kommenden Jahre herangezogen werden. Trotzdem lassen sich einige allgemeine Tendenzen aus dieser Arbeit für die Zukunft ableiten, die zum Weiterdenken animieren können.

Die vorliegenden Berechnungen unterstreichen die hohe Wettbewerbsfähigkeit der biologischen Milchviehhaltung in Österreich unter den Rahmenbedingungen der letzten fünf Jahre. Bei gleicher Flächenausdehnung errechnete sich im Schnitt für die biologische Wirtschaftsweise ein höheres Einkommen und ein höherer Arbeitsverdienst als für intensive konventionelle Milcherzeugung. Und dies trotz geringerer Anzahl an Milchkühen und deutlich niedrigerer Milchverkaufsmenge; bei der Bio-Low-Input Strategie wurde nur die Hälfte der Milch verkauft als bei konventioneller Wirtschaftsweise. Somit können Indizien für die hohe Wettbewerbsfähigkeit der Strategie Differenzierung durch Qualität aus der Literatur (u.a. BMLFUW

2016a, BLÄTTLER et al. 2015, KIRNER 2012, KIRNER 2015) verifiziert werden. Eine Erklärung dafür liegt in den stark gestiegenen Preiszuschlägen für Biomilch und Heumilch (wobei die deutlich höheren Preiszuschläge von 2015 - 2016 durch den Fünfjahresschnitt relativiert wurden) begründet. Wesentlich für den wirtschaftlichen Erfolg der Biomilchproduktion sind zudem die öffentlichen Gelder aus dem Agrarumweltprogramm: Bei biologischer Wirtschaftsweise wurden rund 80 (kleinerer Betrieb) bzw. rund 50 (größerer Betrieb) Prozent höhere öffentliche

Gelder im Vergleich zur konventionellen Variante ermittelt. Bei Bio-Heumilch lag die Differenz noch höher. Für die künftige Wettbewerbsfähigkeit von Differenzierungs- und Nischenstrategien ist daher das Zusammenspiel von Markt und Agrarpolitik entscheidend.

In Bezug auf Risiko erscheinen die biologische Wirtschaftsweise und die Bio-Low-Input Strategie unter den hier untersuchten Varianten am robustesten zu sein. Bei niedrigem Milchpreisniveau erzielten diese beiden Varianten die mit Abstand höchsten Einkommen. Intensivierung und Bio-Heumilchproduktion sind hier anfälliger, weil mit deutlich größeren Investitionen verbunden. Auch bei steigenden Zinssätzen sind Letztere dadurch verwundbarer. Bei strategischen Entscheidungen unter volatilen Rahmenbedingungen sollte diesem Umstand Rechnung getragen werden.

Die ökonomische Konkurrenzfähigkeit der konventionellen Milchproduktion liegt in jener Option besonders hoch, bei der ohne Wachstum die Produktion intensiviert wird. Unter dieser Prämisse ist sie den Varianten mit Umstellung auf biologische Milchproduktion wirtschaftlich überlegen. Nach einer erfolgten Intensivierung sind jedoch Differenzierungs- oder Nischenstrategien schwieriger einzurichten, da die Kosten einer Umstellung überproportional steigen. Diese Pfadabhängigkeit könnte ein Beleg dafür sein, warum die Strategie der Kostenführerschaft nicht nur in Österreich am weitesten verbreitet ist, wie mehrere weiter oben zitierte Studien bestätigen.

Für die Analyse der Wirtschaftlichkeit ist immer die Zusammenschau mehrerer Kennzahlen erforderlich, um zu einer umfassenden Einschätzung zu gelangen. Das Zusammenspiel von Einkommen und Arbeitsverdienst (hier sind auch kalkulatorische Größen einbezogen) hat sich für Systemvergleiche bewährt. Um auch die Haushaltssituation zu beurteilen, sind weiterführende Berechnungen bis hin zur Eigenkapitalveränderung notwendig. Denn durch die Ausdehnung der Produktion ändern sich in der Regel auch die außerbetrieblichen Einkommensmöglichkeiten und die Sozialversicherungsbeiträge. Der Deckungsbeitrag eignet sich definitiv nicht als wirtschaftliche Kennzahl für Systemvergleiche dieser Art, wie die Berechnungen belegen. Im Gegenteil: Bei alleiniger Betrachtung kann er zu Fehlschlüssen führen, da die Ansprüche an fixen Faktoren in den einzelnen strategischen Optionen zum Teil sehr stark voneinander abweichen.

Persönliche Fähigkeiten beeinflussen zudem die Wirtschaftlichkeit einer Strategie, wie Ergebnisse der Quartilsauswertungen in Arbeitskreis- oder Buchführungsbetrieben bestätigen. Aus der Arbeit verdichten sich die Hinweise, dass Abweichungen innerhalb einer Strategie als Folge divergenter Managementfähigkeiten größer sein könnten als zwischen den Strategien. Schließlich ist die Entscheidung für oder gegen eine bestimmte Strategie wesentlich von persönlichen, familiären und sozialen Verhältnissen geprägt wie Studien zur Anwendung der Theorie des geplanten Verhaltens nahelegen (u.a. LARCHER et al. 2015). Aufgrund der hohen Wettbewerbsfähigkeit von Differenzierungs- und Nischenstrategien gilt es zu hinterfragen, wie Landwirtinnen und Landwirte bei einer beabsichtigten Umstellung auf alternative Strategien unterstützt werden können. Oder anders gefragt: Wie lässt sich das Ellsberg-Paradoxon (ELLSBERG 1961) bei Entscheidungen für alternative Pfade zumindest teilweise entschärfen oder aufbrechen? Wissenschaft, Ausbildung und Beratung haben diesbezüglich eine zentrale Funktion. Denn eine ökonomisch nachhaltige Milchproduktion in Österreich unter volatilen Rahmenbedingungen lässt sich vor allem durch eine Vielfalt an Produktionssystemen sicherstellen. Eine einseitige Ausrichtung führt laut evolutorischer Ökonomie (u.a. BRANDES 2000, 288) zur Gefahr einer geringeren Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Umweltbedingungen.

7. Literatur

- AGRARMARKT AUSTRIA – AMA, 1995ff: Marktinformation Milch und Milchprodukte. URL: <https://www.ama.at/Marktinformationen/Milch-und-Milchprodukte/Marktbericht> [17.02.2017]
- AJZEN, I., 1985: From intentions to actions. A theory of planned behavior. In: KUHL, J. and J. BECKMAN (eds.): Action-control: From cognition to behavior. Springer, Heidelberg, 11-39.
- BALKHAUSEN, O. und S. VOGEL, 2013: Der Markt für Getreide, Ölsaaten und pflanzliche Öle. GJAE 62 (2013), 12-22.
- BALMANN, A., M. ODENING, H.P. WEIKARD und W. BRANDES, 1996: Path-dependence without increasing returns to scale and network externalities. Journal of Economic Behavior and Organization 29, 159-172.
- BLÄTTLER, T., B. DURGIAI, L. KNAPP und T. HALLER, 2015: Projekt Optimilch: Wirtschaftlichkeit der Vollweidestrategie – Ergebnisse 2000 bis 2010. Agrarforschung Schweiz 6, 345-361.
- BMLFUW, 2014: Programm für die ländliche Entwicklung in Österreich 2014-2020. Wien. 31.03.2014.
- BMLFUW, 2016a: Grüner Bericht 2016. Wien.
- BMLFUW, 2016b: Milchproduktion 2015: Ergebnisse und Konsequenzen der Betriebszweigabrechnung aus den Arbeitskreisen in Österreich. Wien.
- BOKELMANN, W., 2000: Strategische Unternehmensführung. In: Odening, M. und W. Bokelmann (Hrsg.): Agrarmanagement. Landwirtschaft, Gartenbau. Eugen Ulmer, Stuttgart, 32-62.
- BRANDES, W., 1995: Pfadabhängigkeit: Ein auch für die Agrarökonomik fruchtbares Forschungsprogramm? Agrarwirtschaft 44 (8/9), 277-279.
- BRANDES, W., 2000: Wettbewerb in der Landwirtschaft aus Sicht der evolutorischen Ökonomie. Agrarwirtschaft 49 (8), 279-290.
- DAX, T., 1993: Erwerbskombination im regionalen Kontext. Zur Entwicklung landwirtschaftlicher Haushalte in Österreich. Der Förderungsdienst 41 (11/1993), 309-313.
- DAX, T. und T. OEDL-WIESER, 1996: Bäuerliche Verhaltensmuster im Wandel. LBL Berater-Information 4, 20-22.
- DORFNER, G. und G. HOFFMANN, 2015: Milchreport Bayern 2015. Ergebnisse der Betriebszweigabrechnung Milchproduktion 2014/15. URL: <https://www.lfl.bayern.de/iba/tier/020223/index.php>. [8. Februar 2017].
- ELLSBERG, D., 1961: Risk, Ambiguity and the Savage Axioms. Quarterly Journal of Economics, Nr. 75, Wien.
- EU PARLAMENT und RAT, 2013: Verordnung (EU) Nr. 1307/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Dezember 2013. Brüssel. Amtsblatt der EU.
- GÄLWEILER, A., 2005: Strategische Unternehmensführung, 3. Aufl. Frankfurt, New York, Campus Verlag.
- INSTITUT FÜR ERNÄHRUNGSWIRTSCHAFT, 2017: Kieler Rohstoffwert. URL: <http://www.ife-ev.de/index.php/ife-rohstoffwerte/kieler-rohstoffwert-milch> [17.02.2017].
- ISERMEYER, F., 1993: Chancen und Risiken der Milchproduktion in unterschiedlich großen Beständen. Arbeitsbericht 1/93 der FAL Braunschweig-Völkenrode.
- KIRNER, L., 2005a: Sozioökonomische Aspekte der Milchviehhaltung in Österreich. Studien zur Wettbewerbsfähigkeit, Entwicklungstendenzen und Agrarreform. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, Nr. 95, Wien.
- KIRNER, L., 2005b: Optionen der Betriebsentwicklung für Milchviehhalter in Österreich betriebswirtschaftlich beleuchtet. 32. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 13.-14. April 2005, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 55-60.
- KIRNER, L., 2008: Ökonomie. 4. Fachtagung für biologische Landwirtschaft, 12.-13. November 2008, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 59-76.
- KIRNER, L. und M. KRAMMER, 2008: Strategien zur Betriebsentwicklung nach Umsetzung der GAP-Reform 2003. Befragung von Bauern und Bäuerinnen mit Milchvieh-, Mutterkuh- und Marktfruchtbetrieben. Agrarpolitischer Arbeitsbehef Nr. 26 der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft. Wien.
- KIRNER, L., 2012: Vollerwerb in Zeiten nicht geschützter Märkte – Modellkalkulationen für Milchviehbetriebe. 39. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. April 2012, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 27-33.
- KIRNER, L., 2015: Milch: So hoch sind die Kosten wirklich. Top agrar Österreich, 10/2015, 12-15.
- KIRNER, L., M. HEDEGGER und S. LUDHAMMER, 2015: Milchviehbetriebe 50+. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 1-7.
- KIRNER, L. und W. WAGNER, 2017: Analyse des strategischen Managements in landwirtschaftlichen Betrieben in Österreich. Jahrbuch der österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie, 2017. Wien, im Druck.
- KITTL, M., 2017: Kalkulationen zu den Investitionskosten für Heutrocknungsanlagen in Österreich. Unveröffentlichte Arbeitsunterlage. Salzburg.
- LARCHER, M. und S. VOGEL, 2008: Haushaltsstrategien biologisch wirtschaftender Familienbetriebe in Österreich – Ergebnisse einer qualitativen Längsschnittuntersuchung. Diskussionspapier DP-37-2008 am Institut für nachhaltige Wirtschaftsentwicklung, Universität für Bodenkultur Wien.
- LARCHER, M., M. SCHÖNHART, E. SCHMID und S. VOGEL, 2015: Intensivierungspläne österreichischer MilchproduzentInnen angesichts

- der auslaufenden Milchquotenregelung 2015 – ein empirisches Modell zur Erklärung von Verhaltensintentionen. *GJAE* 64, Nr. 3, 148-162.
- LAVÈN, P., C. JANAS und R. DOLUSCHITZ, 2015: Anpassungsstrategien baden-württembergischer Milchviehbetriebe auf das Auslaufen der Milchquotenregelung. In: Hambrusch et al. (Hrsg.). *Jahrbuch der österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie*, Band 24, 29-38.
- LBG, 2016: Betriebswirtschaftliche Auswertung der Aufzeichnungen freiwillig buchführender Betriebe in Österreich 2015. Wien.
- LINDNER, G., 2017: Heumichpreiszuschläge relevanter Molkereien in Österreich. Unveröffentlichte Arbeitsunterlage. Salzburg.
- MINTZBERG, H., B. AHLSTRAND und J. LAMPEL, 1998: *Strategy Safari. A guided tour through the wilds of strategic management*. The Free Press, New York.
- NEUDORFER, T., 2012: Analyse verschiedener Strategieoptionen von Milchkuhbetrieben unter volatilen Marktbedingungen. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.
- OECD/FAO, 2016: *OECD/FAO Agricultural Outlook 2016-2025*, OECD Publishing Paris. URL: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-en [17.02.2017].
- PINTER, M. und L. KIRNER, 2014: Strategies of particularly disadvantaged mountain dairy farmers as indicators of agricultural structural change: a case study of Murau, Austria. *Land Use Policy* 38, 441-453.
- PORTER, M.E., 1992: *Wettbewerbsstrategie (Competitive Strategy)*, 7. Aufl., Campus Verlag, Frankfurt/M., New York.
- REEH, M., 2015: Entwicklung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) mit Schwerpunkt Märkte und Direktzahlungen. In: EGARTNER S. und T. RESL (Hrsg.): *Einblicke in Österreichs Landwirtschaft seit dem EU-Beitritt*. Schriftenreihe Nr. 108 der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, 121-154.
- REISCH, E. und G. KNECHT, 1995: *Betriebslehre. Landwirtschaftliches Lehrbuch*. Stuttgart, Ulmer.
- SCHÖNHART, M., M. LARCHER, E. SCHMID und C. STIGLBAUER, 2012: Perspektiven und Pläne österreichischer MilchproduzentInnen zum Auslaufen der Milchquotenregelung im Jahr 2015. *Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie* 2015, Band 21(1), 85-94.
- STOLZE, M., 2016: Betriebswirtschaft. In: Freyer (Hrsg.): *Ökologischer Landbau: Grundlagen, Wissensstand und Herausforderungen*. Bern, Haupt-Verlag, 242-261.
- VIERBOOM, C., I. HÄRLEN und J. SIMONS, 2015: Kommunikation im Perspektivenwechsel – Eine Analyse der Chancen zum Dialog zwischen Landwirten und Verbrauchern. In: *Schriftenreihe der Rentenbank (Hrsg.): Die Landwirtschaft im Spiegel von Verbrauchern und Gesellschaft*, 97-134.
- WÖCKINGER, M., 2017: Kraftfuttereffizienz von Milchviehbetrieben mit hoher Milchleistung im Rahmen der bundesweiten Arbeitskreisberatung. Mündliche Mitteilung vom 8. Februar 2017.

Bewertung der Frühlaktation hochleistender Milchkühe aus züchterischer Sicht

Evaluation of the early lactation of high-yielding dairy cows from a breeding perspective

Wilfried Brade^{1*}

Zusammenfassung

Kurz vor der Kalbung und mit beginnender Laktation befindet sich die hochleistende Milchkühe in einer negativen Energiebilanz (NEB). In dieser Phase sind Milchkühe in der Lage, Körperfett- und Körperproteinreserven für die Milchbildung heranzuziehen.

Diese Eigenschaft ist keineswegs pathologisch, sondern eine genetisch determinierte Strategie, mit deren Hilfe die Stoffwechselleistung laktierender Muttertiere gesteigert werden kann. Die Strategie bleibt jedoch nicht ohne Risiko für die Hochleistungskühe, da sich leicht auch Störungen – vor allem des Lipidstoffwechsels – bei einer sehr intensiven NEB einstellen können.

Das Vermeiden unerwünschter Entwicklungen als Folge der NEB in der Frühlaktation – sowohl im Hinblick auf Ausmaß als auch Dauer – erfordert deshalb eine *konsequente Beachtung dieses Merkmals* bereits im Zuchtziel, speziell bei Holsteins. Leider ist die direkte tierindividuelle Ermittlung der vorliegenden Energiebilanz (EB) in praxi noch nicht routinemäßig gegeben.

Das postpartale Energiedefizit spiegelt sich in einem postpartalen Verlust an Körpermasse wider. Für die Beurteilung von Körperfettreserven von Milchkühen hat sich die Vergabe von Körperkonditionsnoten, dem Body Condition Score (BCS), bewährt.

Die Bewertung der Körperreserven in der Frühlaktation mittels BCS-Zuchtwerten ist ein bisher nicht genutzter Ansatz, zusätzliche indirekte Informationen über die Energiebilanz (EB) und das Wohlbefinden hochleistender Milchkühe aus der Blickrichtung der Züchtung zu erhalten.

Schlagwörter: Züchtung, postpartale Energiebilanz (EB), Körperkonditionsnoten (BCS), Tierschutz

Summary

Shortly before calving and with starting lactation, the high-yielding dairy cow is in a negative energy balance (NEB). In this phase, dairy cows are able to use body fat and body protein reserves for milk production.

This property is by no means pathological, but a genetically determined strategy that can be used to increase the metabolic rate of lactating mothers. However, the strategy is not without risk for the high-yielding cow, since disturbances – especially the lipid metabolism – can easily occur in the case of a very intensive NEB.

The avoidance of unwanted developments as a result of the NEB in the early lactation – both in terms of its extent and its duration – therefore requires a consequent consideration of this feature in breeding, especially in Holsteins. Unfortunately, the direct animal-specific determination of the present energy balance (EB) is not yet routinely given in practice.

The postpartum energy deficit is reflected in a postpartum loss of body mass. For the evaluation of body fat reserves of dairy cows, the evaluation of body condition scores, the Body Condition Score (BCS), has proven itself.

The evaluation of the body reserves in early lactation by means of BCS breeding values is a hitherto unused approach to obtain additional indirect information about the energy balance (EB) and the well-being of high-yielding milk cows from the perspective of breeding.

Keywords: Breeding, post partal energy balance (EB), body condition score (BCS), animal welfare

1. Einleitung

Die Tierwohldebatte hat längst weite Bereiche der Gesellschaft erreicht; beginnend bei der Eier- und Geflügel- sowie bei der Schweinefleischerzeugung.

Zwischenzeitlich steht auch die sehr intensive Milcherzeugung, speziell mit Holstein-Rindern, in der öffentlichen Kritik.

In der wissenschaftlichen Literatur zur Thematik ‚*Negative Energiebilanz (NEB) bei hochleistenden Holstein-Kühen*‘ findet man sehr widersprüchliche Aussagen; vor allem in neueren Publikationen.

Die Ergebnisse und Ansichten der Autoren könnten unterschiedlicher kaum sein.

Hier bedarf es einer Stellungnahme einschließlich der Kritik an fehlenden bzw. unzureichenden Auswertungen sowie simplifizierten Schlussfolgerungen.

¹ Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo), Bünteweg 17p, D-30559 Hannover

* Ansprechpartner: Prof. Dr. Wilfried Brade, email: wilfried.brade@t-online.de

2. Antagonistische Beziehungen in der Zuchtzielsetzung bei Milchrindern

Die Leistungen der Milchkühe sind in Deutschland – speziell in den zurückliegenden Jahren – aufgrund einer intensiven Selektion auf höhere Milchleistung bei gleichzeitig verbesserter Fütterung, Haltung und tierärztlicher Betreuung rasant gestiegen. Mittlere Herdenleistungen von über 12.500 kg Milch/Kuh/Jahr sind heute keine Seltenheit mehr. Vor allem die Holstein-Rinder wurden in den letzten Jahrzehnten konsequent auf hohe Einsatzleistung gezüchtet; verbunden mit einem zunehmenden Energiedefizit in der Frühlaktation.

Hohe Zwangsmerzungen bei Milchkühen sind derzeit vor allem auf enorme Fruchtbarkeitsprobleme, metabolischen Stress sowie Erkrankungen des Euters, des Bewegungsapparates bzw. der weiblichen Geschlechtsorgane zurückzuführen. Bereits in der Frühlaktation erstlaktierende Kühe gehen überproportional viele Kühe ab (BRADE et al. 2008).

MARTENS (2015) nennt in diesem Zusammenhang regelmäßige Erkrankungsrate von bis zu 60 % der Kühe im Laktationsverlauf, ein vorzeitiger Abgang von ca. 20 % aller Kühe pro Jahr und vermehrte Todesfälle (ca. 5 % pro Laktation).

Dies stimmt mit detaillierten Untersuchungen von RUDOLPHI et al. (2012) in zahlreichen Testherden in Mecklenburg-Vorpommern gut überein.

Einige der bestehenden Zusammenhänge bei hochleistenden Milchkühen, speziell in der Frühlaktation, sind nachfolgend vereinfacht schematisch aufgezeigt (Abbildung 1).

Gut bekannt sind in diesem Zusammenhang auch solche Ernährungs- und Managementstrategien wie eine limitierte Energieversorgung der Milchkühe in der Trockenstehzeit, die Verbesserung der Energieaufnahme in der frühen Laktation oder die diätetische Unterstützung des Fett- oder Kohlenhydratstoffwechsels.

Der Erfolg der verschiedenen Strategien bleibt jedoch begrenzt, wenn seitens der Züchtung nach wie vor eine schnelle weitere Steigerung der Einsatzleistung in der Zuchttierbewertung hoch bewertet wird.

Eine moderne Zuchttierbewertung und Milchkühhaltung hat notwendigerweise das Tierwohl zu berücksichtigen; speziell vor dem Hintergrund bestehender Merkmalsantagonismen im Zuchtziel.

Beim Holstein-Rind sind ungünstige Zusammenhänge zwischen der NEB und Fruchtbarkeit oder der NEB und erhöhter Lahmheit in der Frühlaktation gut beschrieben (COLLARD et al. 2000, HANSEN et al. 2002, ZWALD et al. 2004, BRADE 2006, BOICHARD et al. 2015, CHESNAIS et al. 2016).

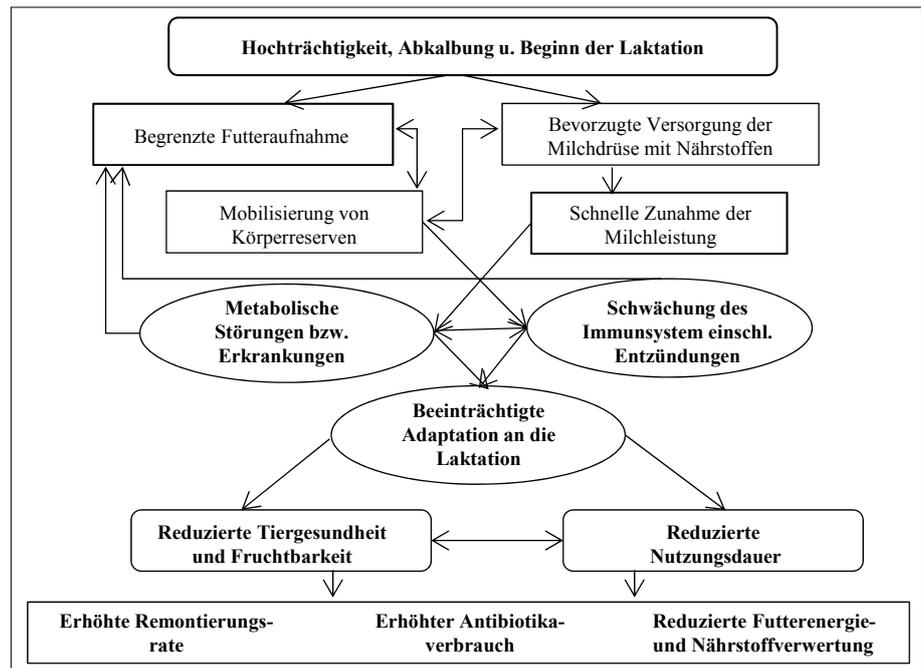


Abbildung 1: Vereinfachtes Schema bestehender Zusammenhänge bei hochleistenden Milchkühen in der Frühlaktation

Prinzipiell sollten folgende Zusammenhänge anerkannt werden:

- generell höhere Stoffwechselbelastung bei höherer Leistung;
- Abhängigkeit der Erkrankungshäufigkeit vom Laktationsstadium und Alter der Kuh (der Transit-Periode kommt eine besondere Bedeutung zu);
- deutliche Zunahme der NEB in der Frühlaktation mit zunehmender Leistungshöhe;
- spezifische Vorerkrankungen haben z.T. weitere Folgeerscheinungen *innerhalb* der Laktation;
- Vorerkrankungen in der vorangegangenen Laktation können die Erkrankungshäufigkeit in der *Folgelaktation* zusätzlich beeinflussen.

3. Korrekte Interpretation bestehender Merkmalsbeziehungen

Die phänotypische Varianz (s^2_p) beschreibt die Gesamtheit der genetischen Variabilität (s^2_g) und der hinzukommenden Umwelteinflüsse (s^2_u).

Für ein Merkmal (hier: x) ist – bei fehlenden Genotyp-Umwelt-Korrelationen (bzw. Interaktion, GUI) – folgende Beziehung zu nennen:

$$s^2_{p(x)} = s^2_{g(x)} + s^2_{u(x)} \quad (1)$$

In der Tierzucht müssen oft mehrere Merkmale gleichzeitig betrachtet werden. Dies entspricht dem Ansatz, dass Organismen nicht primär aus einer ‚Sammlung‘ von unabhängigen Merkmalen bestehen, sondern die Merkmale miteinander ein funktionierendes ‚Ganzes‘ bilden.

Betrachtet man die phänotypischen Merkmalswerte von zwei Merkmalen (x, y) gleichzeitig, so resultiert auch die phänotypische Kovarianz $COV_p(xy)$ aus der geneti-

schen Kovarianz (COV g(xy)) und der Umweltkovarianz (COV u(xy)).

Die phänotypische Korrelation zwischen den beiden Merkmalen ($r_{p(xy)}$) kann somit zerlegt werden in:

$$r_{p(xy)} = \frac{\text{COV } p(xy)}{\sqrt{s^2_{p(x)} * s^2_{p(y)}}} = \frac{\text{COV } g(xy) + \text{COV } u(xy)}{\sqrt{(s^2_{g(x)} + s^2_{u(x)}) * (s^2_{g(y)} + s^2_{u(y)})}} \quad (2)$$

Die Zusammenhänge sind in der *Abbildung 2* für ein praxisbezogenes Merkmalspaar (vereinfacht) schematisch dargestellt.

Die phänotypische Korrelation lässt sich nun unter Berücksichtigung oben genannter Beziehungen auch wie folgt charakterisieren:

$$r_{p(xy)} = h_x h_y r_g(xy) + \sqrt{(1 - h^2_x) * (1 - h^2_y)} * r_{u(xy)} \quad (3)$$

Aus Gleichung (3) folgt, dass die beobachtbare Korrelation (r_p) zwischen zwei Merkmalen (x, y) von mehreren Einflussgrößen gleichzeitig abhängt:

1. Heritabilitäten (h^2) der beiden Merkmale,
2. genetische (= tierseitige) Korrelation (r_g),
3. vorhandene Umweltkorrelation (r_u).

Es kann nun aufbauend auf Gleichung (3) leicht gezeigt werden, dass bereits das Vorhandensein einer sehr niedrigen Heritabilität in nur einem Merkmal die beobachtbare Beziehung (r_p) regelmäßig geringer als die zugehörige genetische Assoziation ist. Dies kann auch graphisch gut veranschaulicht werden (*Abbildung 3*).

So beträgt, trotz einer bestehenden deutlichen tierseitigen Korrelation ($r_g = 0,40$), die (zu erwartende) phänotypische Korrelation (r_p) zwischen den beiden Merkmalen nur $r_p = 0,06$, falls die Heritabilität des 2. Merkmals gering ($h^2 = 0,10$) ist.

In der bisherigen Darstellung wurde stillschweigend vorausgesetzt, dass es keine Genotyp-Umwelt-Korrelation bezüg-

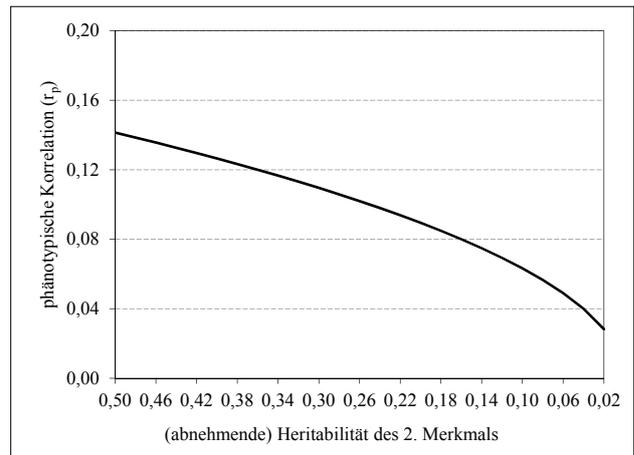


Abbildung 3: Beispiel: phänotypische Korrelationen (r_p) zwischen zwei Merkmalen mit abnehmender Heritabilität im 2. Merkmal; Bedingungen: h^2 des 1. Merkmals: 0,25; genetische Korrelation $r_g = 0,40$ (konstant); fehlende umweltbedingte Korrelation; Heritabilität des 2. Merkmals: abnehmend

lich eines speziellen (Einzel-)Merkmals (z.B. Milchleistung) gibt. Dies entspricht nicht immer der Realität.

In der Nutztierhaltung werden häufig den besseren Genotypen bessere Umweltbedingungen geboten (z.B. höhere Kraftfuttergabe an die besten Kühe).

Ein derartiger Effekt beeinflusst die phänotypische Varianz (s^2_p) des betreffenden Merkmals (hier: Milchleistung) zusätzlich. Eine Erweiterung der Zusammenhänge ist angezeigt (*Abbildung 4*).

Bei einer zusätzlich vorhandenen Korrelation zwischen Genotyp und Umwelt ($r_{g,u}$) im Merkmal x ist die zugehörige phänotypische Varianz wie folgt zusammengesetzt:

$$s^2_{p(x)} = s^2_{g(x)} + s^2_{u(x)} + 2 * r_{g,u(x)} * s_{g(x)} * s_{u(x)} \quad (4)$$

$$s^2_{p(x)} = s^2_{g(x)} + s^2_{u(x)} + 2 * \text{COV}(g,u)_x$$

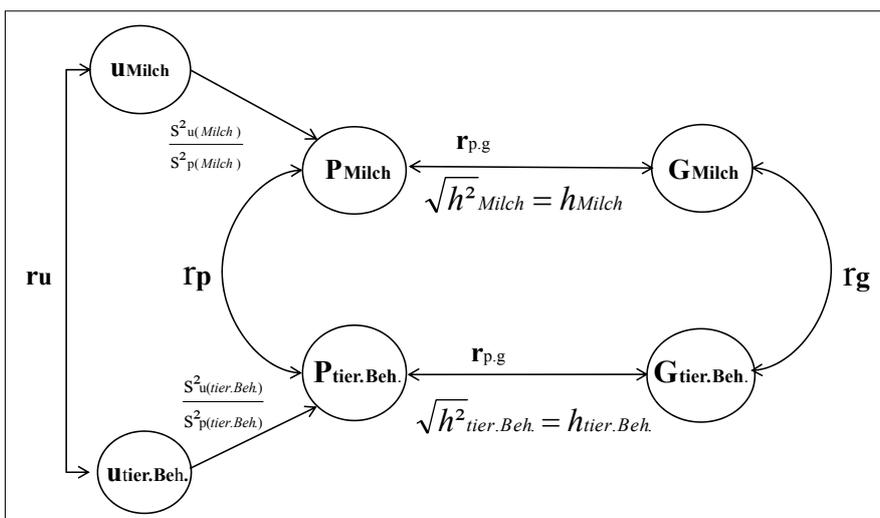


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Genotyp-Phänotyp-Beziehungen für korrelierte Merkmale (z.B. ‚Milchleistung‘ und ‚Zahl d. tierärztlichen Behandlungen‘)

Anm.: P = Phänotyp, G = Genotyp (Tierkomponente), u = Umwelteffekt, h^2 = Heritabilität, r_g = genetische Korrelation; r_p = phänotypische Korrelation, r_u = umweltbedingte Korrelation, s^2_u = umweltbedingte Varianz; s^2_p = phänotypische Varianz; Doppelpfeil: Korrelationen; Einfachpfeil: Pfadkoeffizienten

Mit anderen Worten: eine positive Genotyp-Umwelt-Korrelation erhöht die beobachtbare Varianz beispielsweise im Merkmal x zusätzlich.

Für die züchterische Praxis sind die phänotypischen Zusammenhänge (r_p) zwischen der Milchleistung und der Krankheitsinzidenz vergleichsweise gegenüber den tierseitigen Korrelationen (r_g) von besonderem Interesse (*Tabelle 1*).

Wie theoretisch aufgezeigt, sind die tierseitigen (= genetischen) Beziehungen (r_g) in der Regel wesentlich enger als die beobachteten Korrelationen (r_p).

Während die phänotypischen Beziehungen nur wenig um Null schwanken, sind die tierseitigen Merkmalszusammenhänge (r_g) beispielsweise zwischen Milchleistung und Fruchtbarkeit oder

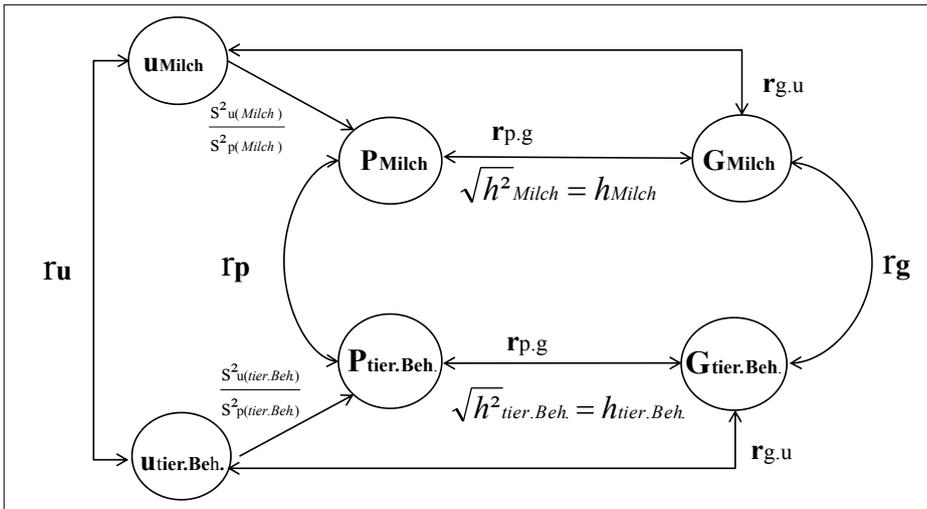


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Genotyp-Phänotyp-Beziehungen für die korrelierten Merkmale ‚Milchleistung‘ und ‚Zahl d. tierärztlichen Behandlungen‘ mit Einbeziehung von merkmalspezifischen Genotyp-Umwelt-Korrelationen

Anm.: P = Phänotyp, G = Genotyp (Tierkomponente), u = Umwelteffekt, h^2 = Heritabilität, r_g = genetische Korrelation; r_p = phänotypische Korrelation, r_u = umweltbedingte Korrelation, $r_{p.g}$ = Korrelation zwischen Phänotyp und Genotyp; $r_{g.u}$ = Korrelation zwischen Genotyp und Umwelt, s^2_u = umweltbedingte Varianz; s^2_p = phänotypische Varianz; Doppelpfeil: Korrelationen; Einfachpfeil: Pfadkoeffizienten

Tabelle 1: Phänotypische und genetische Korrelationen zwischen Leistungsmerkmalen und ausgewählten Erkrankungshäufigkeiten (unter besonderer Berücksichtigung der Mastitis) – Literaturstudie

Merkmalskombination (Leistung zu Inzidenz)	Korrelationen		Referenzquelle
	genetische (r_g)	phänotyp. (r_p) bzw. sonstige	
Eiw.-kg: Mastitis (klin. + subkl.)	0,29	-0,10	GERNAND et al. 2012
Eiw.-kg: zystische Ovarien	0,57	0,20	
Eiw.-kg (305): klinische Mastitis	0,29	-0,11	CARLÉN et al. 2004
Milch-kg (305): klinische Mastitis	0,32	-0,13	
Eiw.-kg (305): klinische Mastitis	0,41	-0,05	RUPP und BOICHARD 1999
Milch-kg (305): Mastitis	0,15	0,02	VAN DORP et al. 1998
Milch-kg (305): zyst. Ovarien	0,23	0,01	
Milch-kg (305): Mastitis	0,18	-0,04	LYONS et al. 1991
Milch-kg (305): MilCHFieber	0,33	0,03	(gekürzt)
Milch-kg (305): Ketose	0,26	0,02	
Milch-kg (305): Eutererletzungen	0,30	0,00	
Eiw.-kg: Anzahl erkrankter Viertel**	0,21	-0,09	DUDA und PIRCHNER 1989
Milch-kg: Anzahl erkrankter Viertel	0,16	-0,14	(stark gekürzt)
Eiw.-kg (305): klinische Mastitis	0,33	$r_{res} = -0,07^*$	HANSEN et al. 2002
Eiw.-kg (305): klinische Mastitis	0,34	$r_{res} = -0,01^*$	HOLTSMARK et al. 2008
Milch-kg 1. Lakt.: Verzögerungszeit	0,59	0,05	SEELAND und HENZE 2003
Milch-kg 2. Lakt.: Verzögerungszeit	0,50	0,06	(gekürzt)
Milch-kg 1. Lakt.: ZKZ	0,64	0,05	

* Anm.: Residuen sind vorrangig als diejenigen umweltbedingten (zufälligen) Resteffekte definiert, die nicht im Modell systematisch erfasst werden konnten;

** hier: Anzahl Viertel mit bakteriologisch positivem Befund

Milchleistung und Eutererkrankungen in einem deutlichen Antagonismus stehend (Tabelle 1).

Neuere Studien mit fehlenden phänotypischen Zusammenhängen (r_p) zwischen Leistung und Krankheitsrisiken sind, wie oben dargestellt, kritisch zu hinterfragen, wenn daraus zusätzlich weiterführende tierseitige Aussagen zum Tierwohl abgeleitet werden (z.B. WÄNGLER und HARMS 2009, RÖMER 2015 und 2016, BOLDT 2016).

Diesbezüglich widersprüchliche Aussagen in der Literatur können durch folgende Sachverhalte leicht erklärt werden:

- fehlende Repräsentativität der ausgewerteten Herden;
- die zu beobachtende Krankheitsinzidenz ist deutlich vom Herdenmanagement und der tierärztlichen Betreuung abhängig; geringere Krankheitsinzidenz in besseren Umwelten/Management;
- eine Klassifizierung der Milchkühe nach ihrer Leistungshöhe (= Phänotyp) innerhalb der Herde führt zu einem regelmäßigen **Confounding**, da zahlreiche Erkrankungen zu Leistungsminderungen führen (z.B. Mastitis, Lahmheit);
- falsche statistische Modellannahmen.

4. Modellierung des aktuellen deutschen Holstein-Zuchtprogramms

Nach wie vor ist der Komplex ‚Milchleistung‘ im Rahmen der Bildung des relativen Gesamtzuchtwertes (RZG) in der deutschen Holsteinzucht dominierend. Eine systematische Berücksichtigung der NEB in der Frühlaktation erfolgt nicht (Abbildung 5).

Zur Überprüfung der Effekte der aktuellen Selektionspraxis – basierend auf dem deutschen Gesamtzuchtwert (RZG) – wurde die populationsgenetisch begründete Selektionstheorie genutzt (BRADE 2016).

Der gültige RZG wurde gleichzeitig um die Merkmale „Milch in den ersten 90 Tagen“, „Futtermittelaufnahme in der ersten 90 Tagen“, „mittlere Körpermassee“ und „Kreuzbeinhöhe am 90. Tag p.p.“ erweitert.

Eigene genetische Berechnungen zeigen, dass die drei ersten Milchproben (= energiekorrigierte Milch, ECM) außerordentlich eng mit der Gesamtlaktationsleistung verbunden sind. Demgegenüber zeigen zahlreiche aktuelle Untersuchungen bezüglich des genetischen Zusammenhanges der Futtermittelaufnahme und der Milchleistung in der Frühlaktation nur sehr lose Beziehungen (HÜTTMANN et al. 2009,

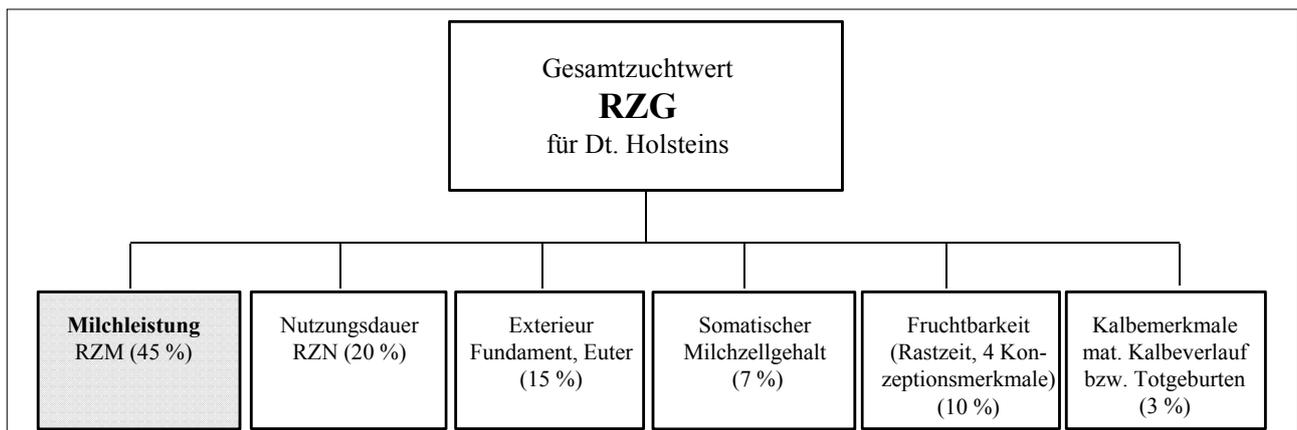


Abbildung 5: Struktur des Deutschen Gesamtzuchtwertes (RZG); Stand: Dezember 2016 – eigene Darstellung (in Klammern: relativer Anteil an der Gesamtbewertung)

VALLIMONT et al. 2010, SPURLOCK et al. 2012, BERRY et al. 2013, TETENS et al. 2013, MANZANILLA-PECH et al. 2016).

Da die moderne Selektionstheorie Kenntnisse zur Matrizenrechnung voraussetzt, sollen an dieser Stelle keine weiteren Details zur Indextheorie beschrieben werden (CUNNINGHAM 1975).

Ermittelt man die Auswirkungen der aktuellen Zuchttierbewertung nach RZG auf den möglichen Zuchtfortschritt in einer konventionellen Milchproduktionsherde, der durch alleinige intensive Selektion der eingesetzten KB-Bullen erreicht wird, so zeigt sich folgendes Bild: alle in *Abbildung 5* genannten Merkmale (= aktuelle Kriterien des RZG), mit Ausnahme der Fruchtbarkeit, reagieren positiv und in erwünschter Richtung.

Doch wie reagiert der metabolische Stress bzw. die zugehörige NEB – speziell in der Früh lactation – auf diese Selektionsprozedur?

In der *Tabelle 2* sind die zu erwartenden Zuchtfortschritte bei gezielter Auslese der Vatertiere nach dem RZG zusammengestellt.

Erwartungsgemäß führt eine unterschiedliche Ausleseintensität (= Selektionsschärfe) der zur Kuhbestandsreproduktion genutzten Bullen zu unterschiedlich hohen Zuchterfolgen (= höhere Zuchtfortschritte für die Milchmenge bei schärferer Vatertierauslese).

Zu erkennen ist auch, dass der jährliche Zuchtfortschritt in der Gesamt-Milchmenge mit etwa 1 % (gemessen am ak-

tuellen Ausgangsniveau von 8.650 kg ECM) bei Jungkühen in der 1. Laktation angegeben werden kann (*Tabelle 2*).

Die aktuelle RZG-Bewertung führt gleichzeitig zu einer schnellen weiteren Steigerung der Einsatzleistung, da sehr enge genetische Beziehungen zwischen der Einsatz- und Gesamtmilchleistung bestehen (BRADE 2013).

Die Auslese der (potenziellen) Vatertiere nach RZG verbessert aber nur sehr *begrenzt* die Futteraufnahme der Kühe in der Früh lactation. Der zugehörige Zuchtfortschritt ist unvergleichlich geringer als die zugehörige Milchleistungssteigerung im ersten Laktationsstadium (*Tabelle 2*).

Die Folge ist, dass durch diese aktuelle Selektionspraxis das Ausmaß der NEB in der Früh lactation kontinuierlich im Generationsverlauf weiter zunimmt; mit allen bereits oben genannten Folgen. Gleichzeitig führt eine weitere Selektion nach dem aktuellen RZG dazu, dass die Tiere zusätzlich größer werden. Damit steigen die Ansprüche der Kühe auch an die Haltungsumwelt weiter.

Bereits aktuell befinden sich die hochleistenden Milchkühe praktisch im gesamten ersten Laktationsdrittel im Energiedefizit.

Eine einfache und kurzfristige Möglichkeit, diese unerwünschte Entwicklung zu stoppen, wäre die systematische Berücksichtigung der Körperkondition (in der Früh lactation) bei deutlicher Absenkung des Gewichtsanteils für die Milchmenge und weiterer Erhöhung der Gewichtung der funktionellen bzw. speziellen Gesundheitsmerkmale im gültigen Gesamtzuchtwert (RZG) bei deutschen Holstein-Rindern.

Tabelle 2: Jährlicher Zuchtfortschritt (in %); gemessen an den mittleren Leistungen in der 1. Laktation bei unterschiedlicher Intensität der Vatertierauslese nach RZG

Merkmal	Mittelwert (= Ausgangssituation)	jährlicher relativer Zuchtfortschritt in der Töchtergruppe (bei unterschiedlich intensiver Vatertierauslese nach RZG)		
		Ausleseanteil: 7,5 %	Ausleseanteil: 5 %	Ausleseanteil: 4 %
Milchmenge (ECM) in der Gesamtlaktation	8.650 kg	+ 0,96 %	+ 1,05 %	+ 1,10 %
Milchmenge (ECM) in den ersten 90 Tagen nach Abkalbung	2.920 kg	+ 0,76 %	+ 0,83 %	+ 0,87 %
Mittlere Futteraufnahme (TM) in den ersten 90 Tagen nach Abkalbung	20,1 kg TM/d	+ 0,13 %	+ 0,14 %	+ 0,15 %
Körpermasse am 90. Tag p.p.	580 kg	+ 0,20 %	+ 0,22 %	+ 0,23 %
Kreuzbeinhöhe am 90. Tag p.p.	145,2 cm	+ 0,05 %	+ 0,06 %	+ 0,06 %

5. Diskussion

Das richtige Management der Körperreserven ist entscheidend für die strenggenommen antagonistischen Ziele einer hohen Milchproduktion sowie einer hohen Fruchtbarkeit und Tiergesundheit.

Eine extreme und schnelle Erschöpfung der Körperreserven in der Frühlaktation hochleistender Holstein-Kühe ist sehr häufig mit Stoffwechsel- (Ketose) und Fruchtbarkeitsstörungen (Umrindern, Eierstockzysten, Gebärmutterentzündungen) sowie Lahmheit verbunden. Deshalb ist es wichtig, ein angemessenes Gleichgewicht zwischen der Aufnahme und Abgabe an Nährstoffen und Energie einschließlich der zeitlich befristeten Abnahme der Körperkondition im Laktationsverlauf zu erreichen. Im Mittel sollte die Körperkondition bei frischlaktierenden Kühen nicht mehr als 0,5 BCS-Punkte (5-Noten-Skala) in der Frühlaktation abnehmen (DRACKLEY 2016).

Gleichzeitig existiert eine genetische Komponente für die Körperkondition (BCS) im Laktationsverlauf, die züchterisch genutzt werden kann.

Nach wie vor ist jedoch der Komplex ‚Milchleistung‘ im Rahmen der Bildung des relativen Gesamtzuchtwert (RZG) in der deutschen Holsteinzucht dominierend.

Eine Berücksichtigung der BCS-Zuchtwerte erfolgt bisher nicht.

Die indirekte Bewertung der Körperreserven in der Frühlaktation von Bullennachzuchten mittels BCS-Zuchtwerten ist eine Informationsquelle, die vorhandene Konditionsdifferenzen zwischen verschiedenen Töchtergruppen systematisch erfasst (Abbildung 6).

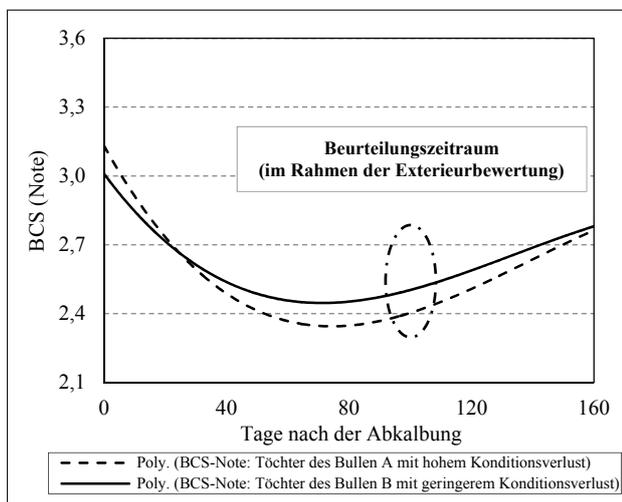


Abbildung 6: Bewertung des BCS bei zwei Töchtergruppen in der Frühlaktation (eigene Grafik; vereinfacht auf Basis der im Herdenmanagement üblichen BCS-Skala von 1 bis 5 dargestellt)

Die zukünftige Berücksichtigung der BCS-Zuchtwerte im Rahmen der Gesamtbewertung von KB-Bullen könnte einen Beitrag zur weiteren Verbesserung der Tiergesundheit hochleistender Milchkühe und damit des Tierwohls leisten.

Und das Beste daran: zusätzliche Kosten entstehen nicht, denn die BCS-Zuchtwerte werden seit Jahren im Rahmen der Ermittlung der Exterieurvererbung von KB-Bullen routinemäßig berechnet.

6. Literatur

- BERRY, D.P., M.P. COFFEY, J.E. PRYCE, Y. DE HAAS, P. LOVENDAHN, N. KRATTENMACHER, J.J. CROWLEY, Z. WANG, D. SPURLOCK, K. WEIGEL, K. MACDONALD und R.F. VEERKAMP, 2013: International genetic evaluations for feed intake in dairy cattle. Interbull Bulletin No. 47, Nantes, France, 23-25 August 2013, 52-57.
- BOICHARD, D., V. DUCROCQ und S. FRITZ, 2015: Sustainable dairy cattle selection in the genomic era, Journal of Animal Breeding and Genetics 132, 135-143.
- BOLDT, A., 2016: Tierwohl aus Sicht der Gesundheit von Milchkühen in MV. Vortrag Güstrow 12.02.2016 (Tierwohltagung MV) http://www.lkv-mv.de/downloads/Boldt_TWT20160212.pdf (Zugriff 12.04.2016)
- BRADE, W., 2006: Gleichzeitige Selektion auf Milchleistung, Nutzungsdauer und Exterieur bei Holsteins – Möglichkeiten und Grenzen. Tierärztl. Umschau 61, 181-186.
- BRADE, W., 2013: Die Energiebilanz hoch leistender Milchkühe aus der Sicht der Züchtung und des Tierschutzes. Prakt. Tierarzt 94, 536-544.
- BRADE, W., 2016: Zuchtzielsetzung bei Holstein-Rindern – *quo vadis?* Vortrag, 16. AVA-Haupttagung, 18.03.2016 in Göttingen.
- BRADE, W., H. HAMANN, E. BRADE und O. DISTL, 2008: Untersuchungen zum Verlustgeschehen von Erstkalbinnen in Sachsen. Züchtungskunde 80, 127-136.
- CARLÉN, E., E. STRANDBERG und A. ROTH, 2004: Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score and production in the first three lactations of Swedish Holstein cows. J. Dairy Sci. 87, 3062-3070.
- CHESNAIS, J.P., T.A. COOPER, G.R. WIGGANS, M. SARGOLZAEI, J.E. PRYCE und F. MIGLIOR, 2016: Using genomics to enhance selection of novel traits in North American dairy cattle. J. Dairy Sci. 99, 2413-2427.
- COLLARD, B.L., P.J. BOETTCHER, J.C.M. DEKKERS, D. PETITCLERC und L.R. SCHEFFER, 2000: Relationships between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation. J. Dairy Sci. 83, 2683-2690.
- CUNNINGHAM, E.P., 1975: Multi-stage index selection. Theoret. Appl. Genetics 46, 55-62.
- DRACKLEY, J.K., 2016: The importance of BCS management to cow welfare, performance and fertility. WCDS Advances in Dairy Technology 28, 195-206.
- GERNAND E., P. REHBEIN, U. VON BORSTEL und S. KÖNIG, 2012: Incidences of and genetic parameters for mastitis, claw disorders, and common health traits recorded in dairy cattle contract herds. J. Dairy Sci. 95, 2144-2156.
- DUDA, J. und F. PIRCHNER, 1989: Schätzung genetischer Parameter für Merkmale der Mastitisanfälligkeit in Oberbayrischen Kuhherden. Züchtungskunde 61, 334-346.
- HANSEN, M., M. LUND, M.K. SØRENSEN und L.G. CHRISTENSEN, 2002: Genetic parameters of dairy character, protein yield, clinical mastitis and other diseases in the Danish Holstein Cattle. J. Dairy Sci. 85, 445-452.
- HOLTSMARK, M., B. HERINGSTAD, P. MADSEN und J. ØDEGÅRD, 2008: Genetic relationship between culling, milk production, fertility and health traits in Norwegian Red cows. J. Dairy Sci. 91, 4006-4012.
- HÜTTMANN H., E. STAMER, W. JUNGE, G. THALLER und E. KALM, 2009: Analysis of feed intake and energy balance of high-yielding first

- lactating Holstein cows with fixed and random regression models. *Animal* 3, 181-188.
- LYONS, D.T., A.E. FREEMAN und A.L. KUCK, 1991: Genetics of health traits in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 74, 1092-1100.
- MANZANILLA-PECH, C.I.V., R.F. VEERKAMP, R.J. TEMPELMAN, M.L. VAN PELT, K.A. WEIGEL, M. VANDEHAAR, T.J. LAWLOR, D.M. SPURLOCK, L.E. ARMENTANO, C.R. STAPELS, M. HANIGAN und Y. DE HAAS, 2016: Genetic parameters between feed-intake-related traits and conformation in 2 separate dairy populations – the Netherlands and United States. *J. Dairy Sci.* 99, 443-457.
- MARTENS, H., 2015: Stoffwechselbelastungen und Gesundheitsrisiken der Milchkühe in der frühen Laktation. *Tierärztl. Umschau* 70, 496-504.
- RÖMER, A., 2015: Was macht ein Tier glücklich? Aktueller Stand der Wissenschaft zu Tierwohlkriterien und Zukunftsperspektiven. Vortrag, Güstrow, 13. Oktober 2015
http://www.lkv-mv.de/downloads/Vortrag_Tierwohl_Guestrow.pdf (Zugriff: 12.04.2016)
- RÖMER, A., 2016: Die Milchkuhherde der Zukunft: Leistungsstark, aber auch gesund und langlebig? Vortrag, 05.01.2016 in Götz (Tag des Milchrindhalters).
http://www.rinderzucht-bb.de/fileadmin/user_upload/pdf/milchrindtag/2015/06_Roemer_Milchkuhherde_der_Zukunft.pdf (Zugriff: 12.04.2016)
- RUDOLPHI, B., J. HARMS, E. BLUM und J. FLOR, 2012: Verbesserung der Gesundheit, Nutzungsdauer und Lebensleistung von Milchkühen durch Einbeziehung zusätzlicher funktionaler Merkmale in die Selektion. *Forschungsbericht* (2/26), Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei M-V., 45 S.
http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Tierproduktion/Milcherzeugung/FoBericht_Rudolphi/funktionale_Merkmale_Rudolphi.pdf (Zugriff am 12.04.2016)
- RUPP, P. und D. BOICHARD, 1999: Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, production, udder type traits and milking ease in first lactation Holsteins. *J. Dairy Sci.* 82, 2198-2204.
- SEELAND, G. und C. HENZE, 2003: Beziehungen zwischen Milchleistung und Fruchtbarkeit in einer Schwarzbuntpopulation nach intensiver Steigerung der Milchleistung. *Arch. Tierz.* 46, 103-112.
- SPURLOCK, D.M., J.C.M. DEKKERS, R. FERNANDO, D.A. KOLTES und A. WOLC, 2012: Genetic parameters for energy balance, feed efficiency and related traits in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 95, 5393-5402.
- TETENS, J., G. THALLER und N. KRATTENMACHER, 2013: Genetic and genomic dissection of dry matter intake at different lactation stages in primiparous Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 97, 520-531.
- VALLIMONT, J.E., C.D. DECHOW, J.M. DAUBERT, M.W. DEKLEVA, J.W. BLUM, C.M. BARLIEB, W. LIU, G.A. VARGA, A.J. HEINRICHS und C.R. BAUMRUCKER, 2010: Genetic parameters of feed intake, production, body weight, body condition score, and selected type traits of Holstein cows in commercial tie-stall barns. *J. Dairy Sci.* 93, 4892-4901.
- VAN DORP, T.E., J.C.M. DEKKERS, S.W. MARTIN und J.P.T.M. NOORDHUIZEN, 1998: Genetic parameters of health disorders, and relationships with 305-day milk yield and conformation traits of registered Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 81, 2264-2270.
- WANGLER, A. und J. HARMS, 2009: Werden Hochleistungskühe häufiger krank?
http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/Betriebswirtschaft/Archiv_Verfahrensoekonomie/_Dateien/leistung_gesundheit_kuehe.pdf (Zugriff am 12.09.2011)
- ZWALD, N.R., K.A. WEIGEL, Y.M. CHANG, R.D. WELPER und J.S. CLAY, 2004: Genetic selection for health traits using producer recorded data. II. Genetic correlations, disease probabilities, and relationships with existing traits. *J. Dairy Sci.* 87, 4295-4302.

Effizienz der Milcherzeugung in Abhängigkeit von Genotyp und Lebendmasse

Efficiency of milk production depending on genotype and live weight

Leonhard Gruber^{1*} und Maria Ledinek²

Zusammenfassung

Die Milchleistung der Kühe erfährt global eine kontinuierliche Steigerung, sowohl durch züchterische Maßnahmen als auch durch Verbesserung der Fütterung sowie durch tiergerechtere Haltungsbedingungen. Durch die genomische Selektion wird das Leistungsniveau noch stärker und rascher erhöht werden. Dies bedeutet, dass sich die Problematik der nicht ausreichenden Energieversorgung in der Früh lactation noch weiter verschärfen wird. Die alleinige Betrachtung der Milchleistung zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung ist allerdings nicht ausreichend und zielführend, da zusätzlich zum Output auch der dazu erforderliche Input in Rechnung zu stellen ist. Aus diesem Grund gewinnt die sog. Effizienz immer mehr an Interesse und Bedeutung. Darunter ist die Relation von Output zu Input (Effizienz = Output/Input) zu verstehen. Ein weiterer kritischer Aspekt steigender Milchleistungen liegt darin begründet, dass zwischen Milchleistung und anderen relevanten Parametern (Lebendmasse, Zuwachs, Fitnessmerkmale etc.) vielfältige und zum Teil auch unerwünschte genetische Wechselbeziehungen bestehen, welche den positiven Auswirkungen steigender Milchleistung auf Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung entgegenwirken. Besonders auf die intensive Stoffwechselbelastung der Kühe durch hohe Milchleistungen ist hier hinzuweisen. In der vorliegenden Arbeit wird auf die Beziehung zwischen Milchleistung und Lebendmasse näher eingegangen. Auf Grund der positiven genetischen Korrelation zwischen Milchleistung und Lebendmasse (und der z.T. direkten Zucht auf Körpergröße) hat sich die Lebendmasse der Kuhpopulationen in den vergangenen Jahrzehnten um etwa 100–150 kg erhöht. Dies ist bei der Effizienz der Kühe in Rechnung zu stellen, da sich mit steigender Lebendmasse der Erhaltungsbedarf erhöht. Berechnungen auf Basis von Nährstoffbedarfsempfehlungen ergeben, dass Kühe um 832 kg ECM mehr leisten müssen, wenn ihre Lebendmasse um 100 kg ansteigt, um die gleiche Nährstoff-Effizienz zu erreichen.

Für die vorliegenden Untersuchungen wurden umfangreiche Daten mit großem Streubereich hinsichtlich wichtiger tier- und futterspezifischer Parameter aus dem Projekt "Efficient Cow" (LEDINEK et al. 2017; n = 33.024) sowie aus dem Projekt zur Ableitung der "Fut-

Summary

Worldwide the milk yield of cows is experiencing a continuous increase both by breeders' measures and by the improvement of feeding as well as by welfare oriented animal husbandry. By genomic selection the level of performance will even stronger and faster be raised. This means that the problem of an inadequate energy supply in early lactation will intensify, furthermore. Indeed, the exclusive consideration of milk yield in order to assess profitability and environmental effects is not sufficient and constructive, because additionally to the output there is also the necessary input to be taken into account. Therefore, the so called efficiency gains in interest and importance, more and more. This means the relation efficiency = output/input. A further critical aspect of increasing milk yield is caused by the fact that there are manifold and partially unrequested genetic interactions between milk yield and other relevant parameters (live weight, growth, features of fitness etc.), which counteract the positive impact of increasing milk yield on profitability and environmental effects. In this context especially the intensive metabolic stress of the cows caused by high milk yields has to be pointed out.

The present work concentrates on the relation between milk yield and live weight. Because of the positive genetic correlation between milk yield and live weight (and the partially direct breeding in terms of body size), during the last decades live weight of cow populations has been increasing by about 100–150 kg. This is to be brought into account at the efficiency of cows, because their maintenance requirement rises with increasing live weight. Calculations on the basis of nutrition recommendations show that cows – if their live weight rises by 100 kg – will have to provide a plus of 832 kg ECM in order to achieve the same nutrient efficiency.

For the present investigation comprehensive data with a large range of variation in terms of important animal- and feed-specific parameters from the project "Efficient Cow" (LEDINEK et al. 2017; n = 33,024) as well as from the project "Feed intake Prediction" (GRUBER et al. 2004; n = 18,638) were used. The results show clear trends in terms of differences between the breeds (Simmental, Brown Swiss and Holstein) as well as in

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

² Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

* Ansprechpartner: Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber, email: leonhard.gruber@raumberg-gumpenstein.at

teraufnahme-Schätzformel“ (GRUBER et al. 2004; n = 18.638) herangezogen. Die Ergebnisse zeigen eindeutige Trends sowohl hinsichtlich der Unterschiede zwischen den Rassen (Fleckvieh, Brown Swiss und Holstein) als auch bezüglich des Einflusses der Lebendmasse auf die Lebendmasse- und Energie-Effizienz.

Die höchste Effizienz einer Population wird bei mittlerer Lebendmasse erreicht. Wie zu erwarten, sind milchbetonte Kühe effizienter in der Milcherzeugung, deren Nachteile in der Mastleistung sind natürlich in Rechnung zu stellen. Die Effizienz von Fleckvieh ist in geringerem Maß von der Lebendmasse beeinflusst als jene von Holstein. Lebendmasse- und Futter-Effizienz sind nicht identisch und haben ein unterschiedliches Optimum. Die Berücksichtigung der Lebendmasse-Veränderung bzw. Energiebilanz bei der Kalkulation der Effizienz-Kriterien beeinflusst die Effizienzwerte, und zwar für die Rassen und Lebendmasse-Bereiche sowie die einzelnen Effizienz-Parameter in unterschiedlichem Ausmaß. Aus den Ergebnissen ist der Schluss zu ziehen, dass die Lebendmasse in der Rinderzucht berücksichtigt oder zumindest beachtet werden sollte.

Schlagwörter: Effizienz, Milchleistung, Rassen, Lebendmasse, Futtermittelaufnahme, Energieversorgung

terms of the influence of live weight on live weight and energy efficiency.

The highest efficiency of a population is achieved with medium live weight. As expected, special dairy cows are more efficient in milk production than dual-purpose cows – their disadvantages in fattening are therefore to be taken into account. Efficiency of Simmental is lower influenced by live weight than the one of Holstein. Live weight and feed efficiency are not identical and have a different optimum. The consideration of live weight change and energy balance in calculation of efficiency criteria differently influences the values concerning efficiency, namely for the domains of breeds and live weight as well as the distinct parameters of efficiency. From the results we come to the conclusion that in cattle breeding live weight has to be considered or at least to be borne in mind.

Keywords: Efficiency, milk yield, breeds, liveweight, feed intake, energy supply

1. Einleitung

Die Milchleistung der Kühe erfährt global eine kontinuierliche Steigerung, sowohl durch züchterische Maßnahmen (Selektion und Kreuzung) als auch durch Verbesserung der Fütterung (Kraftfutterniveau und Grundfutterqualität) sowie durch tiergerechtere Haltungsbedingungen (Laufstall, Stallklima, Kuhkomfort etc.). Durch die genomische Selektion wird das Leistungsniveau noch stärker und rascher erhöht werden (HAYES et al. 2009, BENNEWITZ 2016). Die Notwendigkeit der Milchleistungssteigerung wird vor allem ökonomisch begründet, weil der Nährstoffaufwand pro kg Milch mit steigender Milchleistung abnimmt (Aufteilung des „unproduktiven“ Erhaltungsbedarfs auf eine größere Produktmenge). Die Wirtschaftlichkeit wird durch höhere Leistungen umso stärker verbessert, je höher der Milchpreis und je niedriger die Kraftfutterkosten sind (BMLFUW 2008). Auch bezüglich Umweltwirkung der tierischen Produktion ist auf ähnliche Weise zu argumentieren, weil bei höheren Leistungen die Umweltbelastung pro Produkteinheit (z.B. Methan, Carbon footprint) geringer wird (FLACHOWSKY 2000).

In *Tabelle 1* sowie den *Abbildungen 1* und *2* ist die Höhe und Entwicklung der Milchleistung verschiedener Länder im internationalen Vergleich in den Jahren 2001 bis 2016 sowie einige Daten zur Struktur der Milcherzeugung in diesen Ländern angeführt (nach ICAR). Das Leistungsniveau der Milchproduktion unterscheidet sich global gesehen sehr stark. So weisen die ausgesprochenen Milchexportländer Neuseeland (NZ) und Australien (AUS) eine relativ niedrige Leistung von 5.580 bzw. 6.550 kg ECM (Standardlaktation der Kontrollkühe aus LS-Means 2001–2016) auf, weil die Fütterung vorwiegend auf Grundfutter (Weide) beruht und die sog. Holsteinisierung (d.h. Holstein-Typen aus nordamerikanischer Zuchttrichtung; HARRIS und KOLVER 2001)

noch nicht so weit fortgeschritten ist. Auch in Mitteleuropa (z.B. Österreich (Ö) und Schweiz (CH)) ist das Leistungsniveau im globalen Maßstab nicht allzu hoch, was vor allem auf den hohen Anteil kombinierter Zweinutzungsrunder und die relativ hohen Kraftfutterkosten zurückzuführen ist (6.890 bzw. 7.030 kg ECM). Dagegen werden in Nord- und Westeuropa wesentlich höhere Milchleistungen erzielt. Als Beispiel werden Schweden (S), England (E), Deutschland (D) und Holland (NL) angeführt, in denen die Milchleistung der Kontrollkühe im Durchschnitt der Jahre 2001–2016 7.800, 7.830, 7.880 sowie 9.040 kg ECM (Standardlaktation 305 Tage) beträgt. Dies ist auf einen hohen Anteil von Holstein und weiteren milchbetonten Rassen sowie auf einen hohen Kraftfutteraufwand zurückzuführen. Bekanntermaßen ist – im internationalen Vergleich – die Milchleistung der Kühe in Kanada (CAN), in den Vereinigten Staaten (USA) und ganz besonders in Israel (ISR) am höchsten (9.280, 9.550 und 10.440 kg ECM Standardlaktation der Kontrollkühe).

Aus *Tabelle 1* sowie *Abbildung 2* geht weiters klar hervor, dass die Milchleistung pro Kuh in den angeführten Jahren 2001–2016 (frühere Jahre sind bei ICAR nicht verfügbar) kontinuierlich ansteigt, und zwar im Mittel aller dargestellten 11 Länder um 77,3 kg ECM pro Standardlaktation der Kontrollkühe. Allerdings bestehen zwischen den Ländern beträchtliche Unterschiede. Je höher das Leistungsniveau in einem Land, desto höher ist auch der jährliche Anstieg der Milchleistung (Ausnahme Kanada mit nur 57 kg ECM Anstieg). So erhöht sich die Milchleistung in den USA und Israel jährlich um 101 bzw. 120 kg ECM, in NZ und AUS nur um 36 bzw. 61 kg ECM. In vielen europäischen Ländern liegt die jährliche Steigerung der Milchleistung zwischen diesen Werten (81, 75, 53, 59 und 87 kg ECM in Ö, CH, S, E und D), nur Holland liegt mit der Steigerung von 121 kg ECM gleich den Hochleistungsländern USA und

Tabelle 1: Milchleistung und Betriebsstruktur in verschiedenen Ländern der Erde (nach ICAR)

	Milchleistung der Kontrollkühe (kg ECM pro Laktation, 305 Tage)			Milchproduktion aller Kühe (kg ECM pro Jahr, 365 Tage)			Anzahl an Kühen je Land (in Tsd.)			Anzahl an Betrieben je Land (in Tsd.)			Anzahl an Kühen je Betrieb							
	2003	2014	LS- Mean pro Jahr ¹⁾	2003	2014	LS- Mean pro Jahr ¹⁾	2003	2014	LS- Mean pro Jahr ¹⁾	2003	2014	LS- Mean pro Jahr ¹⁾	2003	2014	LS- Mean pro Jahr ¹⁾					
	2003	2014	LS- Anstieg pro Jahr ¹⁾	2003	2014	LS- Anstieg pro Jahr ¹⁾	2003	2014	LS- Veränderung pro Jahr ¹⁾	2003	2014	LS- Veränderung pro Jahr ¹⁾	2003	2014	LS- Anstieg pro Jahr ¹⁾					
Neuseeland	5.395	5.893	5.581	36,2	4.250	4.901	4.420	51,7	3.851	5.018	4.199	105.558	12.751	11.970	10.847	-114	302,0	419,2	354,5	11,6
Australien	6.011	6.810	6.552	60,6	4.920	5.478	5.356	63,7	2.095	1.690	1.789	-37.632	10.654	6.314	9.363	-352	196,6	267,7	228,9	5,7
Österreich	6.451	7.336	6.887	81,3	5.703	6.598	6.106	83,1	583	534	548	-3.869	65.965	31.500	49.974	-3.135	8,8	17,0	14,3	0,7
Schweiz	6.591	7.378	7.026	74,8	5.484	5.821	5.799	33,6	703	586	695	-8.885	44.234	22.597	37.428	-1.730	15,9	25,9	25,1	0,8
Schweden	7.434	8.077	7.800	53,1	8.217	8.721	8.440	59,0	403	344	377	-6.245	9.853	4.300	7.122	-521	40,9	80,0	59,3	3,2
England	7.447	8.108	7.829	58,6	7.537	8.285	7.861	68,2	80	231	161	13.533	662	1.239	989	56	120,6	186,4	156,2	5,5
Deutschland	7.312	8.262	7.876	87,2	6.665	7.571	7.068	87,3	4.338	4.296	4.244	-7.559	121.500	76.469	99.457	-4.086	35,7	56,2	46,6	1,7
Niederlande	8.541	9.559	9.043	120,8	7.879	8.734	8.333	109,1	1.478	1.439	1.404	-13.509	25.004	15.941	19.635	-1.025	59,1	90,3	76,0	2,9
Kanada	9.060	9.644	9.277	57,2	7.278	8.862	8.093	138,9	1.065	959	1.020	-11.115	17.931	11.962	14.212	-587	59,4	80,2	74,1	1,9
USA	9.021	10.242	9.551	100,8	7.944	9.555	8.713	138,5	9.084	9.257	9.177	16.710	70.410	45.344	57.789	-2.266	129,0	204,2	165,8	6,8
Israel	9.597	11.058	10.443	120,0	9.597	11.403	10.582	145,4	115	112	111	-302	1.100	578	807	-46	104,5	193,4	144,9	7,2
Mittelwert	7.533	8.397	7.988	77,3	6.861	7.812	7.343	88,9	2.163	2.224	2.157	4.244	34.551	20.747	27.966	-1.255	97,5	147,3	122,3	4,4

¹⁾ Errechnet aus den Daten 2001–2016 mit linearer Regression y = Land·Jahr(Land); Daten in den Statistiken von ICAR nicht vollständig (nicht alle Jahre zu 100 % vorhanden)

Israel (wie bei der Milchleistung selbst). Das bedeutet, dass sich die ohnehin hohen Leistungen dieser Länder noch weiter nach oben entwickeln und sich die Unterschiede zwischen den Ländern verdeutlichen werden. Es bedeutet allerdings auch, dass sich die Problematik der nicht ausreichenden Energieversorgung in der Früh-laktation gerade in diesen Fällen noch weiter verschärfen wird.

Auch die betriebliche Struktur der Betriebe und deren Veränderung im Zeitverlauf sind zwischen den angeführten Ländern sehr unterschiedlich. Neuseeland und Australien weisen mit 355 bzw. 229 die höchsten Kuhzahlen pro Betrieb auf, auch in England, USA und Israel finden sich Milchviehbetriebe mit hoher Tieranzahl (156, 166, 145). In Schweden, Deutschland, NL und Kanada liegt die Betriebsgröße zwischen knapp 50 und 80 Kühen. Die kleinsten Milchviehbetriebe finden sich in Österreich und der Schweiz (14 und 25 Kühe). Analog der Entwicklung der Milchleistung wachsen auch hinsichtlich der Bestandesgröße die Betriebe in jenen Ländern am stärksten, welche die größten Betriebe aufweisen. Daraus ist der Schluss zu ziehen, dass sich in Zukunft sowohl die Milchleistung als auch die Betriebsgröße stärker entwickeln werden, es also zu einer (noch) intensiveren Milchproduktion kommt, wobei in solchen Systemen auf Grund der Größe und dem produktionstechnischen Level (v.a. Ausbildung der Betriebsführer) neues Know-how rascher in die Praxis umgesetzt werden wird.

Die alleinige Betrachtung der Milchleistung zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung ist allerdings nicht ausreichend und zielführend, da zusätzlich zum Output auch der dazu erforderliche Input in Rechnung zu stellen ist (THOMET et al. 2002). Aus diesem Grund gewinnt die sog. Effizienz immer mehr an Interesse und Bedeutung. Darunter ist die Relation von Output zu Input (Effizienz = Output/Input) zu verstehen (BERRY und PRYCE 2014).

Dies ist besonders im Zusammenhang mit der Leistungssteigerung in der tierischen Produktion (auch der Milcherzeugung) zu beachten, weil der Aufwand für höhere Leistung nicht linear sondern progressiv ansteigt (z.B. durch die höheren Kosten der Nährstoffeinheit im Kraftfutter, durch intensivere Tierbetreuung, steigende Tierarztkosten etc.). In den USA finden sich Untersuchungen zu diesem Thema schon seit den 1970er Jahren (HOOVEN et al. 1968, MILLER und HOOVEN 1969, DICKINSON et al. 1969, BLAKE et al. 1986). In den letzten Jahren wurden zu dieser Thematik umfangreiche Untersuchungen auch in Neuseeland (ROCHE et al. 2006, MACDONALD et al. 2008) Irland (BUCKLEY et al. 2000, DILLON et al. 2003, KENNEDY et al. 2003, COLEMAN et al. 2010) und in der Schweiz durchgeführt (PICCAND et al. 2013). Ein weiterer kritischer Aspekt steigender Milchleistungen liegt darin begründet, dass zwischen Milchleistung und anderen relevanten Parametern (Lebendmasse, Zuwachs, Fitnessmerkmale etc.) vielfältige und zum Teil auch unerwünschte genetische Wechselbeziehungen bestehen, welche den positiven Auswirkungen steigender Milchleistung auf Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung entgegenwirken. Besonders auf die intensive Stoffwechselbelastung der Kühe durch hohe Milchleistungen ist hier hinzuweisen (HANSEN 2000, LUCY 2001, HERINGSTAD et al. 2007, OLTENACU und BROOM 2010).

Nach MARTENS (2012) erhöhte die intensive Zucht auf hohe Milchleistung die negative Energiebilanz im 1. Laktationsdrittel um das 3- bis 4-fache, verglichen mit den 5–6 l Milch für den Bedarf des Kalbes. Die hohen Krankheitsrisiken sind demnach eine Folge der Stoffwechselbelastung durch die Milcherzeugung, was die positiven Korrelationen zu Mastitis, Ketose und Klauenerkrankungen (FLEISCHER et al. 2001) sowie die negative Korrelation zur Futteraufnahme erklärt. Jene Tiere, welche im Optimum der Effizienz liegen, weisen meistens auch die geringste, wenn auch gerade noch positive Energiebilanz auf, besonders die hochleistenden HF-Kühe (MARTENS 2015). Bei nordamerikanischen HF dauert diese sogenannte Entkopplung der somatotropen Achse länger als bei neuseeländischen HF. Die nordamerikanischen HF geben mehr Milch, verlieren auch mehr BCS, selbst bei verbessertem Futterangebot (LUCY et al. 2009).

Trotz vieler Diskussionen bzw. Meinungsverschiedenheiten (BELLO et al. 2012) über die Auswirkungen hoher Milchleistungen auf die unzureichende Energieversorgung und damit in Zusammenhang stehende Phänomene wie Immunstatus, Reproduktionsleistung, Stoffwechselsituation und Fitness im weiteren Sinn zeigt sich ein eindeutiger Rückgang der Nutzungsdauer der Milchkühe in vielen Ländern in den vergangenen Jahrzehnten (KNAUS 2009). Dies kann als starker Hinweis auf die negativen Beziehungen zwischen Milchleistung und Fitness angesehen werden. (Näheres zur Thematik in der AVA-Tagung 2016 “Wir wollen alle nur Eines: Gesunde Kühe“).

In der vorliegenden Arbeit soll auf die Beziehung zwischen Milchleistung und Lebendmasse näher eingegangen werden. Obwohl auch die positive genetische Korrelation zwischen Milchleistung und Lebendmasse in Fachkreisen nicht eindeutig gesichert erscheint, zeigen schon frühe englische sowie amerikanische Arbeiten einen positiven genetischen Zusammenhang (z.B. MASON et al. 1957, HOOVEN et al. 1968); ebenso eine umfangreiche Review von VEERKAMP (1998). Dieser Autor führt auch Gründe an, warum sich zum Teil negative Beziehungen ergeben, nämlich vor allem der Gewichtsverlust durch Mobilisation und die meistens geringe Häufigkeit der Lebendmasse-

Feststellung. Aus physiologischer Sicht ist allerdings zu erwarten, dass schwerere und größere Tiere zu einer höheren Milchleistung fähig sind (größerer Verdauungsraum und dadurch höhere Futteraufnahme-Kapazität, größere Organe incl. Euter, höheres Blutvolumen, höhere Kapazität des Herz-Kreislaufsystems). Und nicht zuletzt zeigen aktuelle Lebendmassedaten von im Durchschnitt >700–750 kg LM (GRUBER und STEGFELLNER 2015, LEDINEK et al. 2017), dass die Kühe um 100–150 kg schwerer sind, als noch vor einigen Jahrzehnten in den gängigen Lehr- und Fachbüchern angegeben worden ist (NEHRING 1963, KIRCHGESSNER 1970; BECKER 1971, SPIEKERS und POTTHAST 2003). In einer umfangreichen Analyse (6 Versuchsherden in USA und CAN mit insgesamt 1.344 Laktationen) von CLARK und TOUCHBERRY (1962) stieg die Milchleistung um 400 kg pro 100 kg Lebendmasse an.

Die entscheidende Frage ist nun, in welchem Ausmaß sich die Lebendmasse mit der Milchleistung erhöht, weil damit auch eine entsprechende Zunahme des Erhaltungsbedarfes verbunden ist. GRUBER (2013) kalkulierte auf Basis der Nährstoffbedarfsempfehlungen der GfE (2001), dass Kühe im Durchschnitt um 832 kg ECM mehr leisten müssen, wenn ihre Lebendmasse um 100 kg ansteigt, um die gleiche Nährstoff-Effizienz zu erreichen (4,75 MJ NEL pro kg ECM). Nach Modellrechnungen von STEINWIDDER (2009) mit Abschätzung der Futteraufnahme und Einbeziehung der Trockenstehzeit muss eine 850 kg schwere Kuh 8.100 kg Milch pro Jahr produzieren, um die gleiche Futter-Effizienz wie eine 550 kg schwere Kuh mit 5.900 kg Milch zu erreichen, wobei zusätzlich der Kraftfutteranteil von 18 auf 27 % ansteigen muss, um zu einer gleichen Energieversorgung zu kommen. Dies würde eine erforderliche Mehrleistung von 733 kg Milch pro 100 kg Lebendmasse bedeuten.

In der vorliegenden Arbeit werden daher die Zusammenhänge zwischen Lebendmasse und den Produktionsdaten (Futteraufnahme und Milchleistung) einerseits sowie zwischen Lebendmasse und Effizienz (Lebendmasse-, Futter- und Energie-Effizienz) andererseits analysiert, um zu objektiven Aussagen über die optimale Lebendmasse bezüglich Nährstoff-Effizienz und damit auch hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung zu kommen.

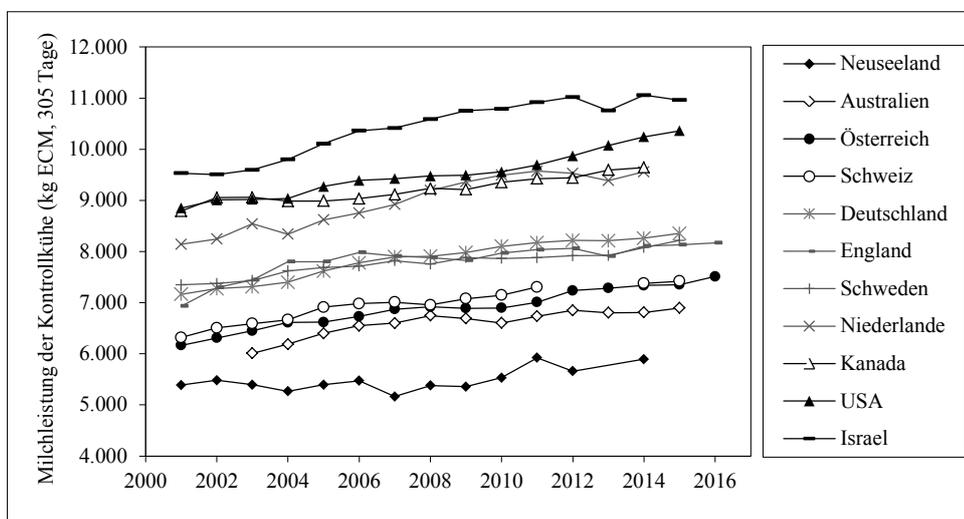


Abbildung 1: Entwicklung der Milchleistung in Ländern verschiedener Produktionsintensität in den Jahren 2001 bis 2016 (nach ICAR)

2. Material und Methoden

Für die vorliegenden Untersuchungen wurden Daten aus zwei umfangreichen Projekten herangezogen, nämlich Datenmaterial aus dem Projekt “Efficient Cow“ (LEDINEK et al. 2017) sowie aus dem Projekt zur Ableitung der “Futteraufnahme-Schätzformel“ (GRUBER et al. 2004). Beide Datenquellen zeichnen sich durch eine große Streubreite hinsichtlich wichtiger tier- und futterspezifischer Parameter aus (Tabelle 2 und 3).

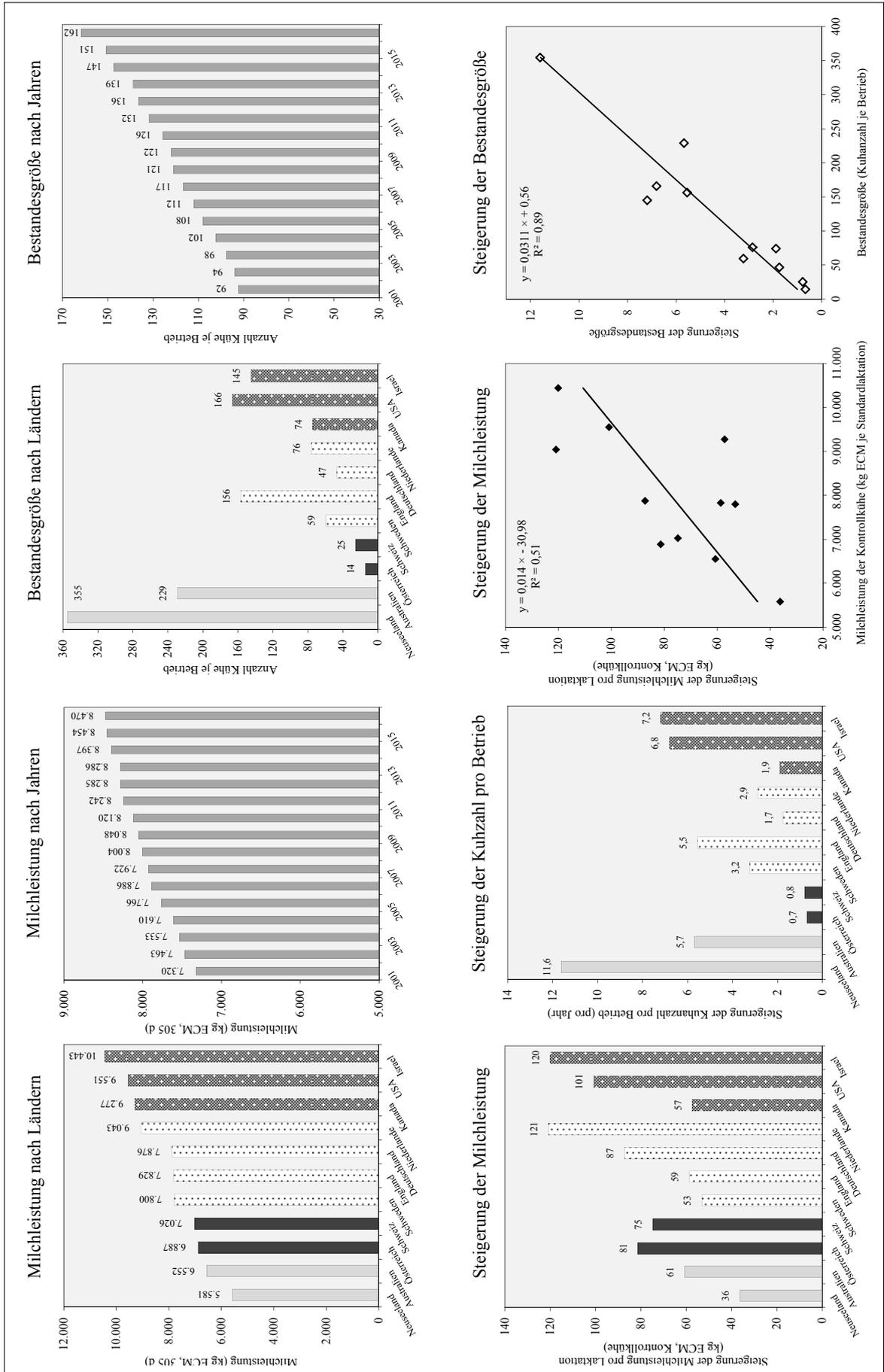


Abbildung 2: Milchleistung und Betriebsstruktur in Ländern verschiedener Produktionsintensität von 2001–2016 sowie deren jährliche Veränderung (nach ICAR)

Tabelle 2: Kriterien der Versuchstiere (Daten aus "Efficient Cow"; LEDINEK et al. 2017)

Parameter	Einheit	Brown Swiss	Fleckvieh	FV_RH 25 ¹⁾	FV_RH 5075 ²⁾	Holstein	Mittel	± s	Min	Max
Anzahl Datensätze	n	10.238	11.040	2.569	2.388	6.789	33.024	-	-	-
Anzahl Tiere	n	1.444	1.577	404	349	1.037	4.811	-	-	-
Lebendmasse und BCS										
Lebendmasse	kg	660	741	741	714	670	700	92,4	431	975
BCS	Punkte	3,10	3,34	3,27	3,08	2,90	3,15	0,61	1,00	5,00
Futteraufnahme und Rationskriterien										
Futteraufnahme	kg TM/Tag	19,0	19,3	20,4	20,7	21,0	19,8	3,7	8,3	35,4
Krafftutteranteil	% der TM	25,0	26,4	30,4	29,5	29,8	27,2	14,5	0,0	61,5
NEL-Gehalt	MJ/kg TM	6,49	6,49	6,56	6,59	6,63	6,53	0,36	4,09	7,41
NEL-Bilanz	MJ/Tag	3,6	1,1	1,0	1,2	3,3	2,3	17,0	-140,8	71,4
Milchleistung										
Milchleistung	kg	26,1	26,9	29,2	30,6	32,6	28,3	9,1	2,0	76,8
Milchleistung (ECM)	kg	26,8	27,2	29,7	31,1	32,2	28,6	8,7	1,9	86,5
Fett	%	4,22	4,17	4,20	4,26	4,08	4,18	0,74	1,54	8,86
Protein	%	3,56	3,52	3,51	3,45	3,35	3,49	0,38	1,90	5,96
Laktose	%	4,75	4,74	4,76	4,75	4,77	4,75	0,20	2,56	5,47
Effizienz										
Lebendmasse-Effizienz	kg ECM/kg LM ^{0,75}	0,209	0,194	0,212	0,229	0,248	0,214	0,065	0,012	0,647
Futter-Effizienz	kg ECM/kg DMI	1,34	1,34	1,39	1,43	1,45	1,37	0,29	0,12	3,24
Energie-Effizienz	kg ECM/MJ NEL	0,205	0,204	0,211	0,215	0,217	0,208	0,043	0,016	0,486
Energie-Effizienz	MJ LE/MJ NEL	0,66	0,65	0,67	0,69	0,69	0,67	0,14	0,05	1,56

¹⁾ FV_RH25 = Fleckvieh × Red Holstein (25 %), ²⁾ FV_RH5075 = Fleckvieh × Red Holstein (68 %)

Tabelle 3: Kriterien der Versuchstiere (Daten aus "Futteraufnahme-Schätzformel"; GRUBER et al. 2004)

Parameter	Einheit	Fleckvieh	Holstein	Mittel	± s	Min	Max
Anzahl Datensätze	n	3.636	15.001	18.637	-	-	-
Anzahl Tiere	n	337	1.263	1.600	-	-	-
Lebendmasse							
Lebendmasse	kg	657	628	634	60	525	775
Δ Lebendmasse	g/Tag	136	236	216	471	-1.497	1.500
Futteraufnahme und Rationskriterien							
Futteraufnahme	kg TM/Tag	16,3	19,2	18,7	3,3	8,8	30,6
Krafftutteranteil	% der TM	23,4	36,3	33,8	14,9	0,0	80,3
NEL-Gehalt	MJ/kg TM	6,17	6,65	6,56	0,55	4,11	7,69
NEL-Bilanz	MJ/Tag	-1,8	2,7	1,8	15,9	-50,0	49,9
Milchleistung							
Milchleistung	kg	19,4	26,3	25,0	7,8	2,5	53,6
Milchleistung (ECM)	kg	19,7	26,8	25,4	7,7	2,8	56,1
Fett	%	4,18	4,27	4,25	0,65	2,50	6,50
Protein	%	3,39	3,38	3,38	0,36	1,39	4,87
Laktose	%	4,81	4,79	4,79	0,18	3,52	5,47
Effizienz							
Lebendmasse-Effizienz	kg ECM/kg LM ^{0,75}	0,151	0,215	0,203	0,062	0,023	0,467
Futter-Effizienz	kg ECM/kg DMI	1,19	1,39	1,35	0,30	0,19	2,58
Energie-Effizienz	kg ECM/MJ NEL	0,192	0,209	0,205	0,039	0,037	0,408
Energie-Effizienz	MJ LE/MJ NEL	0,61	0,67	0,66	0,13	0,12	1,31

Die Daten von LEDINEK et al. (2017) entstammen einer Felduntersuchung mit geschätzter Futteraufnahme (Futteraufnahmehmodell von GRUBER et al. 2004) und davon abgeleiteter Parameter. Die Daten von GRUBER et al. (2004) kommen aus Versuchsergebnissen von 8 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands und Österreichs mit exakter täglicher Erfassung der Futteraufnahme und Milchleistung sowie entsprechender durchgehender Analysen von Futter und Milch. Das in dieser Arbeit dargestellte Datenmaterial "Efficient Cow" besteht aus 33.024 Datensätzen (4.811 Tiere) und das Datenmaterial "Futteraufnahme-Schätzformel" aus 18.637 Datensätzen (1.600 Tiere). Die Fleckvieh-Daten von "Efficient Cow" wurden in reines Fleckvieh (100 %, FV) und Kreuzungen mit unterschied-

lichem Red Holstein-Anteil untergliedert. Mit steigendem RH-Anteil gehen Lebendmasse und BCS zurück und steigen (geschätzte) Futteraufnahme, Milchleistung sowie Effizienz an. Brown Swiss ist in der Lebendmasse den Holstein ähnlich, in der Milchleistung sowie Effizienz allerdings deutlich niedriger und vergleichbar dem reinen Fleckvieh. Allerdings war mit steigendem Holstein-Anteil auch der Krafftutteranteil der Ration höher, was in der statistischen Auswertung als Kovariable berücksichtigt wurde. Die ursprünglich in den Daten von GRUBER et al. (2004) enthaltenen Werte für Brown Swiss reichten nicht für eine verlässliche Abschätzung der Effizienz in Abhängigkeit von der Lebendmasse aus. Im Gegensatz zu "Efficient Cow" ist der Anteil von Holstein im Datenmaterial der

“Futtermittel-Schätzformel“ auf Grund der Herkunft der Daten auch aus Deutschland wesentlich höher. Auch diese Daten spiegeln die typischen Rassenunterschiede zwischen Fleckvieh und Holstein wider. Fleckvieh weist eine höhere Lebendmasse auf, zeigt andererseits eine geringere Futtermittelaufnahme, Milchleistung und auch Effizienz; allerdings bei deutlich niedrigerem Kraftfutteranteil. Das gegenüber “Efficient Cow“ niedrigere Milchleistungsniveau beruht zum einem auf dem geringeren Kraftfutterniveau und zum anderen auf der Tatsache, dass diese Daten älter sind, wie auch aus der geringeren Lebendmasse hervorgeht. Das hohe Leistungsniveau von “Efficient Cow“ zeigt allerdings auch, dass die Kühe dieses Projektes deutlich über dem Populationschnitt liegen (ZAR 2015).

Die verschiedenen Effizienz-Kriterien wurden nach BERRY und PRYCE (2014) berechnet (siehe *Tabelle 2* und *3*). Es handelt sich um einfache Output/Input-Beziehungen, wobei der Input im Nenner den Namen bestimmt (Lebendmasse, Futtermittelaufnahme, Energieaufnahme). Als Output dient die Milchleistung bzw. davon abgeleitete Parameter (ECM, Menge an Milchinhaltsstoffen, Milchenergie etc.)

$$\begin{aligned} \text{Lebendmasse-Effizienz} &= \text{ECM (kg)/LM}^{0,75} \text{ (kg) bzw.} \\ &\quad \text{ECM (kg)/LM (kg)} \\ \text{Futter-Effizienz} &= \text{ECM (kg)/DMI (kg)} \\ \text{Energie-Effizienz} &= \text{ECM (kg)/NEL (MJ) bzw.} \\ &\quad \text{LE (MJ)/NEL (MJ)} \end{aligned}$$

Im Datenmaterial “Futtermittel-Schätzformel“ konnte zusätzlich auch die Lebendmasseveränderung (Δ LM) bzw. die Energiebilanz (NELBil) berücksichtigt werden. Dies ist insofern von Bedeutung, als die Abnahme an Lebendmasse bzw. eine negative Energiebilanz eine scheinbar höhere Effizienz ergibt und die Zunahme an Lebendmasse bzw. eine positive Energiebilanz eine scheinbar niedrigere. Das ist bei der Interpretation der Effizienzparameter bezüglich Futtermittelverwertung und Vergleich von Genotypen zu beachten.

BERRY und PRYCE (2014) schlagen daher vor, eine eventuell auftretende Zunahme an LM im Zähler als Output zusätzlich zur Milch zu berücksichtigen und eine Abnahme im Nenner als Abzug vom Input (in *Abbildung 6* und *7* als „LMV-korrigiert“ bezeichnet). Eine Auswertung am Datenmaterial “Futtermittel-

aufnahme-Schätzformel“ (GRUBER et al. 2007) hat allerdings eine nur geringe Übereinstimmung zwischen Δ LM und errechneter Energiebilanz (NELBil) ergeben ($R^2 = 10,3\%$, $r = 0,032$, $RMSE = 16,1$ MJ NEL). Daher wurde in der vorliegenden Auswertung diese errechnete Energiebilanz selbst als Korrektur von Output im Zähler bzw. Input im Nenner verwendet (in *Abbildung 6* und *7* als „NELBil-korrigiert“ bezeichnet). Da allerdings die errechnete Energiebilanz (aus NEL-Aufnahme minus NEL-Bedarf für Erhaltung, Milchleistung und Trächtigkeit) alle Versuchsfehler beinhaltet und zwischen den Tieren gewisse tierindividuelle Unterschiede in der Energieverwertung bestehen, ist diese ebenfalls nur mit Vorsicht anzuwenden. Daher wurden in einem dritten Auswertungsschritt die Energiebilanz und auch Δ LM nicht direkt in die Berechnungen zur Effizienz einbezogen (wie von BERRY und PRYCE 2014 vorgeschlagen), sondern im statistischen Modell als Kovariable berücksichtigt. Dies hat den Vorteil, dass zwar eine unterschiedliche Lebendmasse-Veränderung bzw. Energiebilanz zwischen den Tieren berücksichtigt wird, aber deren absoluter Wert keine Rolle spielt, weil er für alle Tiere in gleicher Weise gilt. Der Begriff LMV-Covariable2 bedeutet, dass – im Gegensatz zu LMV-Covariable1 – im Falle von negativer Lebendmasse-Veränderung (d.h. Abnahme an LM) eine Verwertung von 82,5 % (laut GfE 2001) unterstellt wird, was jedoch bei BERRY und PRYCE (2014) unberücksichtigt bleibt (siehe statistisches Modell “Futtermittel-Schätzformel“).

Statistisches Modell für die Daten “Efficient Cow“:

$$Y_{ijkl} = \mu + R \cdot LM_i + L_j + M_k + b_{NELGF} \times NEL_{GF} + b_{KF\%} \times KF\% + B_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Y_{ijkl}	= Beobachtungswert des abhängigen Parameters
μ	= Intercept
$R \cdot LM_i$	= fixer Effekt der Rasse-Lebendmasseklasse i (i = 1–93)
L_j	= fixer Effekt der Laktationszahl j (j = 1, 2, 3+4, ≥ 5)
M_k	= fixer Effekt des Laktationsmonats (k = 1, 2, ..., 11, 12)
$b_{NELGF} \times NEL_{GF}$	= Regressionskoeffizient b für Energiegehalt Grundfutter
$b_{KF\%} \times KF\%$	= Regressionskoeffizient b für Kraftfutteranteil
B_l	= zufälliger Effekt Betrieb (l = 1–161)
ε_{ijkl}	= Restkomponente

Statistisches Modell für die Daten “Futtermittel-Schätzformel“:

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + LM_j + L_k + M_l + (R \times LM)_{ij} + (R \times L)_{ik} + (R \times M)_{il} + T(R)_{mi} + b_{KF\%} \times KF\% + b_{NELGF} \times NEL_{GF} + [b_{LMV} \times LMV]^1 + [b_{NELBil} \times NELBil]^1 + \varepsilon_{ijklm}$$

Y_{ijklm}	= Beobachtungswert des abhängigen Parameters
μ	= Intercept
R_i	= fixer Effekt der Rasse i (i = FV, HF)
LM_j	= fixer Effekt der LM-Gruppe j (j = 525, 575, 625, 675, 725, 775)
L_k	= fixer Effekt der Laktationszahl k (k = 1, 2, 3+4, ≥ 5)
M_l	= fixer Effekt des Laktationsmonats l (l = 1, 2, ..., 9, 10)
$(R \times LM)_{ij}$	= Wechselwirkung zwischen Rasse i und LM-Gruppe j
$(R \times L)_{ik}$	= Wechselwirkung zwischen Rasse i und Laktationszahl k
$(R \times M)_{il}$	= Wechselwirkung zwischen Rasse i und Laktationsmonat l
$T(R)_{mi}$	= zufälliger Effekt Tier m innerhalb Rasse i (i = 1–1600)
$b_{KF\%} \times KF\%$	= Regressionskoeffizient b für Kraftfutteranteil
$b_{NELGF} \times NEL_{GF}$	= Regressionskoeffizient b für Energiegehalt Grundfutter
$[b_{LMV} \times LMV]$	= Covariable b für Lebendmasse-Veränderung ¹⁾
$[b_{NELBil} \times NELBil]$	= Covariable b für errechnete Energiebilanz ¹⁾
ε_{ijklm}	= Restkomponente

¹⁾ siehe Text

Für die statistische Auswertung wurden Lebendmasse-Klassen im 50-kg-Abstand gebildet (siehe *Abbildungen 3 bis 7*). Im statistischen Modell wurden Rasse, Lebendmasse-Klasse, Laktationszahl, Laktationsmonat als fixe Effekte sowie signifikante Wechselwirkungen berücksichtigt, außerdem der Betrieb ("Efficient Cow") bzw. das Tier innerhalb Rasse als zufälliger Effekt ("Futteraufnahme-Schätzformel") sowie die Kovariablen Kraftfutteranteil und NEL-Gehalt im Grundfutter. Die Daten wurden mit dem Programm SAS 9.4 (SAS-Institute Inc., Cary, NC, USA) unter Verwendung von Procedure Mixed ausgewertet.

3. Ergebnisse

3.1 Futteraufnahme und Milchleistung

Die Ergebnisse zeigen eindeutige Trends sowohl hinsichtlich der Unterschiede zwischen den Rassen (Fleckvieh, Brown Swiss und Holstein) als auch bezüglich des Einflusses der Lebendmasse (*Abbildung 3 bis 5*). Bei allen Rassen bzw. Genotypen steigt die Futteraufnahme mit zunehmender Lebendmasse in beiden Datenquellen an, allerdings in degressiver Form. Dieser Rückgang ist bei den milchbetonten Tieren stärker ausgeprägt. Wird die Futteraufnahme auf die metabolische Lebendmasse bezogen („relative Futteraufnahme“), ergibt sich ein unterschiedliches Bild. In den Daten "Efficient Cow" geht die relative Futteraufnahme mit steigender Lebendmasse kontinuierlich zurück, dagegen zeigt sich in den Daten "Futteraufnahme-Schätzformel" bis 650 kg LM noch ein leichter Anstieg der relativen Futteraufnahme, um im höheren Bereich der Lebendmasse ebenfalls signifikant zurückzugehen, und zwar wieder deutlicher ausgeprägt bei den milchbetonten Genotypen. Dies gilt auch für den Animal Production Level (Vielfaches des Erhaltungsbedarfes). D.h. die absolute Futteraufnahme steigt zwar mit zunehmender Lebendmasse an, aber relativ zur Lebendmasse geht sie zurück.

Eine noch deutlichere Beziehung zur Lebendmasse tritt bei der Milchleistung auf, wobei – im Vergleich zur Futteraufnahme – die Unterschiede zwischen den Rassen bzw. Genotypen sowohl in der absoluten Differenz als auch im Verlauf stärker ausgeprägt sind. Wie bei der Futteraufnahme ist auch die Milchleistung bei den milchbetonten Genotypen in stärkerem Maße von der Lebendmasse beeinflusst, d.h. sie nimmt im oberen Drittel des Lebendmasse-Bereiches sogar deutlich ab. In den Daten "Efficient Cow" geht die Milchleistung von Fleckvieh (100 %) im oberen Bereich der Lebendmasse ebenfalls – jedoch in schwächerer Form – zurück, während sie in den Daten "Futteraufnahme-Schätzformel" nicht abnimmt, sondern gleich bleibt. Somit zeigt die Milchleistung in Abhängigkeit von der Lebendmasse einen typisch kurvilinearen Verlauf, der gekennzeichnet ist durch einen signifikanten Anstieg im unteren Bereich der Lebendmasse einer Population und einen Rückgang im oberen Bereich der Lebendmasse, wobei dieser Rückgang bei den milchbetonten Tieren stärker ausfällt als bei den eher kombinierten Typen. Im Datenmaterial "Futteraufnahme-Schätzformel" liegen auch die Kriterien Lebendmasse-Veränderung (Δ LM) und Energiebilanz (NELBil) vor. Mit steigender Lebendmasse nehmen die täglichen Zunahmen zu, bei Fleckvieh

in ausgeprägterer Form als bei Holstein. Hinsichtlich Energiebilanz unterscheiden sich die Rassen sowohl im Niveau als auch im Verlauf. Fleckvieh weist bei niedriger Lebendmasse eine deutlich positive Energiebilanz auf, die mit steigender Lebendmasse zurückgeht. Bei Holstein nimmt die Energiebilanz mit steigender Lebendmasse zu (*Abbildung 4*).

Aus der Gegenüberstellung dieser nun diskutierten Produktionsdaten (Lebendmasse, Futteraufnahme, Milchleistung) ergeben sich die Effizienz-Parameter (*Abbildung 3 und 5*). Beide Datenquellen zeigen, dass die Effizienz hinsichtlich Milchleistung – wie zu erwarten – zunimmt, je milchbetonter die Genotypen sind. Es ist darauf hinzuweisen, dass für eine objektive Betrachtung der Rassen die Mastleistung der Nachkommen sowie der Altkuh-Erlös ebenfalls in Rechnung zu stellen sind. Es fällt auf, dass die Unterschiede in der Effizienz zwischen den Genotypen mit steigender Lebendmasse abnehmen, und zwar in beiden Datenquellen.

Da die Ergebnisse hinsichtlich Effizienz zwischen den Datenquellen doch gewisse Unterschiede aufweisen und auch der untersuchte Lebendmasse-Bereich nicht ganz vergleichbar ist, werden sie gesondert diskutiert. Die Datenquelle "Efficient Cow" deckt einen wesentlich größeren Bereich an Lebendmasse ab (450–950 kg LM) als "Futteraufnahme-Schätzformel" (525–775 kg LM). Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten und beeinflusst den optischen Eindruck der Kurven besonders im Bereich hoher Lebendmasse.

3.2 Lebendmasse-Effizienz

Im Datenmaterial "Efficient Cow" ändert sich die Lebendmasse-Effizienz – mit gewissen Unterschieden zwischen den Genotypen – innerhalb der Rassen von 450 bis 600 kg Lebendmasse nur relativ wenig und geht bis 900 bzw. 950 kg LM in zunehmendem Maße zurück. Im Datenmaterial "Futteraufnahme-Schätzformel" steigt die Lebendmasse-Effizienz bis 625 kg LM demgegenüber leicht an. Während Holstein im höheren Lebendmasse-Bereich (> 650 bis 775 kg LM) in der Lebendmasse-Effizienz deutlich abnimmt, geht diese bei Fleckvieh nur leicht zurück. Allerdings deuten die Ergebnisse aus dem Datenmaterial "Efficient Cow" darauf hin, dass bei allen Rassen bzw. Genotypen ab 750 kg LM mit einem starken Rückgang der Lebendmasse-Effizienz zu rechnen ist.

3.3 Futter- und Energie-Effizienz

Im Gegensatz dazu steigt die Futter- und Energie-Effizienz im Datenmaterial "Efficient Cow" bis 600–650 kg LM bei allen Genotypen an und fällt in gleicher Weise wie die Lebendmasse-Effizienz bis 900 bzw. 950 kg LM in zunehmendem Maße ab. Im Datenmaterial "Futteraufnahme-Schätzformel" erhöht sich die Futter- und Energie-Effizienz bis 625 kg LM und sinkt danach zunehmend bis 775 kg ab, und zwar Holstein in stärkerem Ausmaß als Fleckvieh. Die Optima unterscheiden sich zwischen Fleckvieh und Holstein nur unwesentlich (HF etwa 25–50 kg niedriger als FV). Auch Futter- und Energie-Effizienz gehen bei allen Rassen bzw. Genotypen ab 750 kg LM stark zurück, was in der Züchtung beachtet werden sollte.

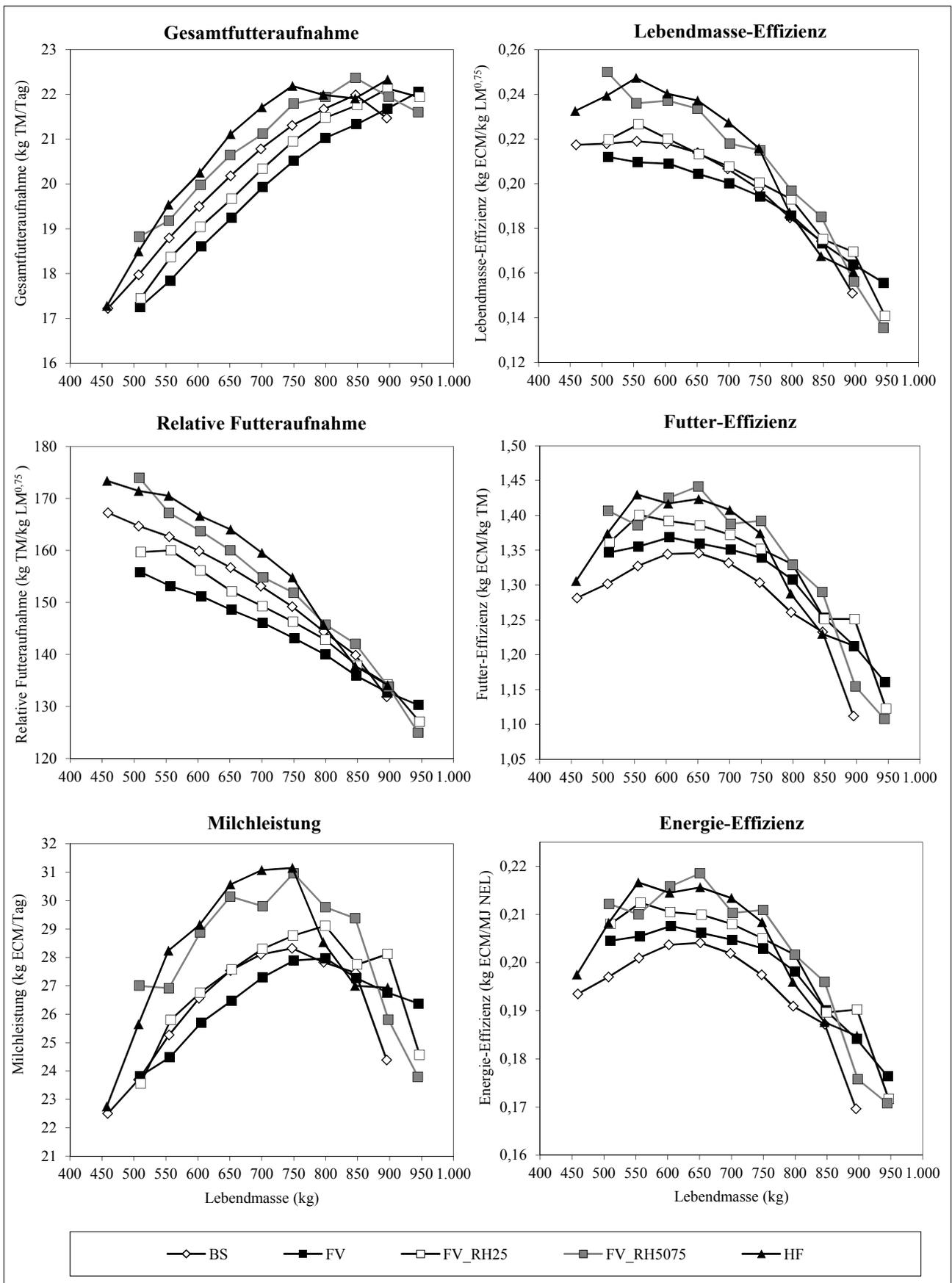


Abbildung 3: Futtermittelaufnahme, Milchleistung und Effizienz von Milchkühen der Rassen Fleckvieh, Brown Swiss und Holstein bei unterschiedlicher Lebendmasse (Datenmaterial "Efficient Cow"; LEDINEK et al. 2017)

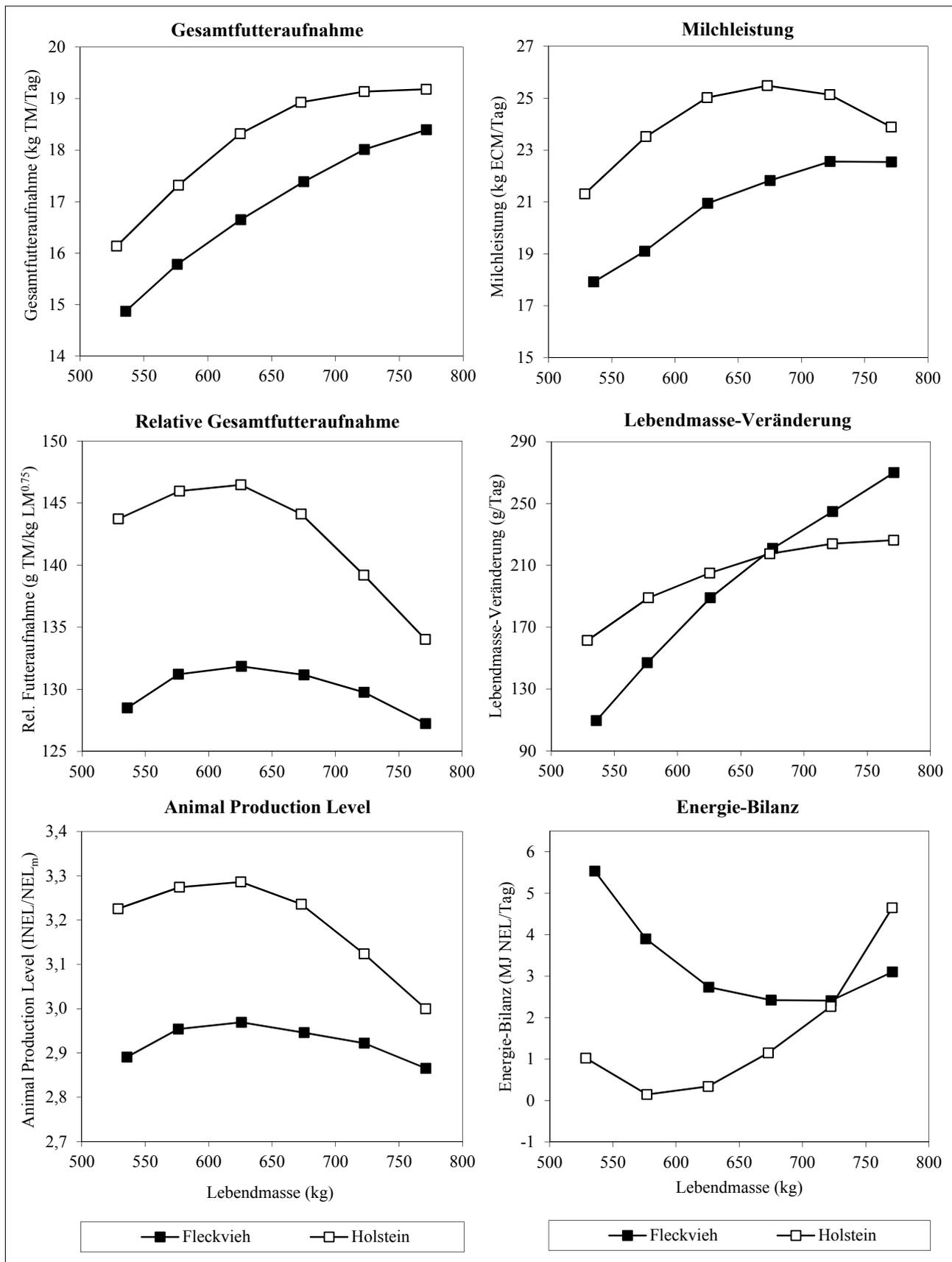


Abbildung 4: Produktionsdaten (Futteraufnahme, Milchleistung, Lebendmasse-Veränderung und Energiebilanz) von Milchkühen der Rassen Fleckvieh und Holstein bei unterschiedlicher Lebendmasse (Datenmaterial "Futteraufnahme-Schätzformel"; GRUBER et al. 2004)

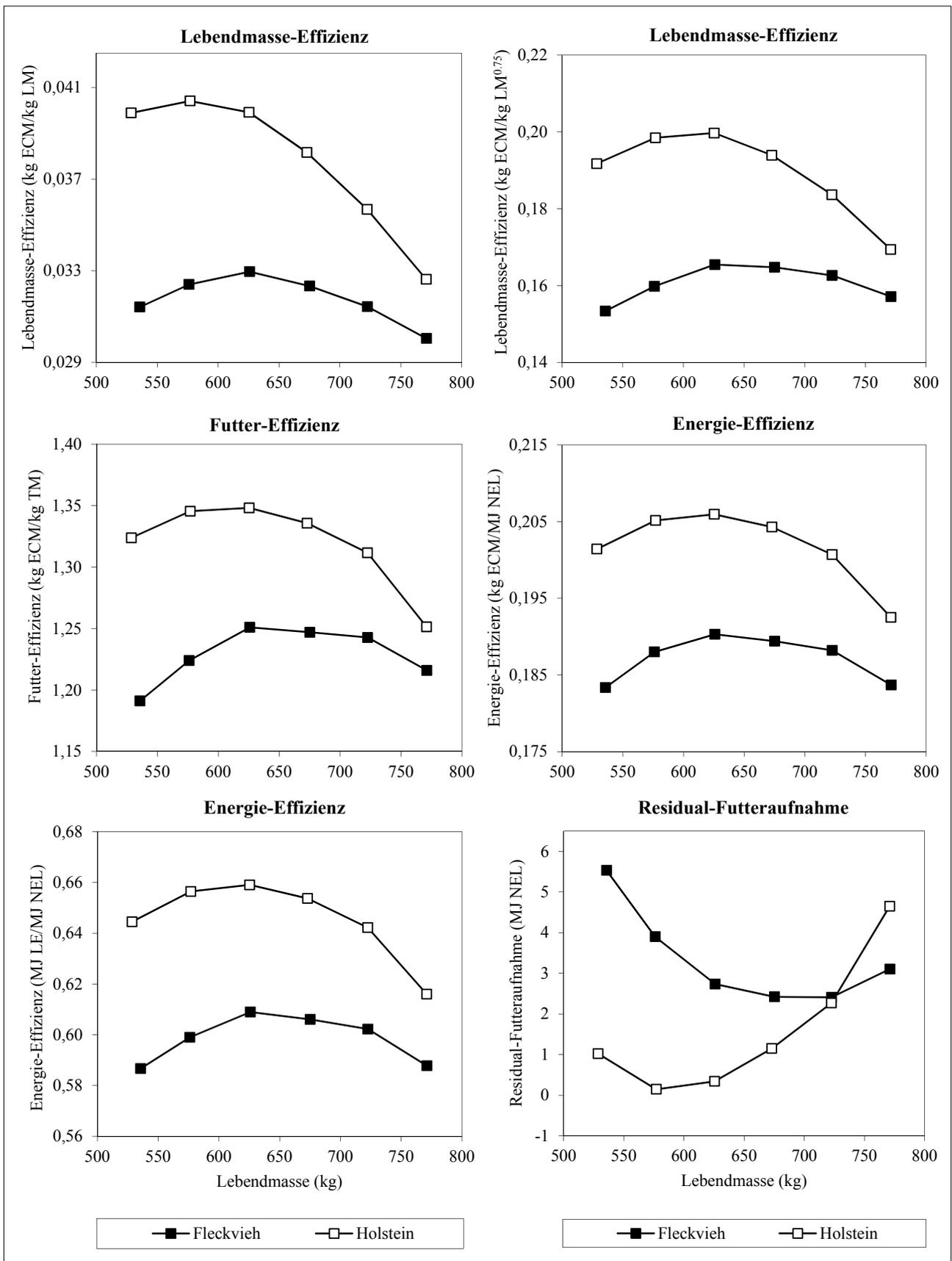


Abbildung 5: Effizienzparameter von Milchkühen der Rassen Fleckvieh und Holstein bei unterschiedlicher Lebendmasse (Datenmaterial "Futtermittelaufnahme-Schätzformel"; GRUBER et al. 2004)

3.4 Berücksichtigung der Lebendmasse-Veränderung bzw. Energiebilanz für die Berechnung der Effizienz

Das unterschiedliche Niveau und der unterschiedliche Verlauf von Energiebilanz und Lebendmasse-Veränderung zwischen den Rassen beeinflussen deren Effizienz-Parameter in Abhängigkeit von der Lebendmasse. Wie unter "Material und Methoden" besprochen, wurden diese Kriterien einerseits direkt in die Berechnung der Effizienz entsprechend dem Vorschlag von BERRY und PRYCE (2014) einbezogen oder als Kovariable im statistischen Modell berücksichtigt. Die Ergebnisse sind in *Abbildung 6* und *7* angeführt. Die Berücksichtigung von Δ LM und NELBil verändert die Differenz der Effizienz-Parameter zwischen den Rassen und auch deren Verlauf in Abhängigkeit von der Lebendmasse zu einem gewissen Grad (da sich sowohl Δ LM als auch NELBil zwischen den Rassen unterscheiden). Allerdings ändert sich nicht die Grundaussage, dass sich die Rassen in der Lebendmasse- und Energie-Effizienz unterscheiden und auch ein Optimum der Lebendmasse- und Energie-Effizienz im mittleren Lebendmasse-Bereich besteht. Weiters hängt der Einfluss der Berücksichtigung von Δ LM und NELBil auch davon ab, ob es sich um die Lebendmasse-Effizienz oder die Energie-Effizienz handelt. Der größte Einfluss auf die Effizienz ergibt sich, wenn die Lebendmasse-Veränderung direkt in die Effizienz-Berechnung einfließt (wie von BERRY und PRYCE 2014 vorgeschlagen). Dies verstärkt die Effizienz-Unterschiede (besonders Energie-Effizienz) zwischen den Rassen vor allem in unteren Lebendmasse-Bereich und verändert auch die Optima der Lebendmassen, nämlich 575 kg LM bei HF und 625–725 kg LM bei FV ("LMV-korrigiert"). Im oberen Lebendmasse-Bereich werden bei dieser Methode die Unterschiede zwischen den Rassen noch geringer. Da allerdings Δ LM sehr wenig über die Energiebilanz aussagt (GRUBER et al. 2007), sollte dieser Methode nicht allzu viel Bedeutung beigemessen werden. Die direkte Berücksichtigung von NELBil erhöht das Niveau vor allem der Energie-Effizienz, weniger der Lebendmasse-Effizienz, während der Unterschied zwischen den Rassen verkleinert wird ("NELBil-korrigiert"). Wird Δ LM als Kovariable im statistischen Modell berücksichtigt, hat das wenig Einfluss auf den Abstand der Effizienz zwischen den Rassen und auch auf den Verlauf in Abhängigkeit von der Lebendmasse ("LMV-Covariable"). Wird NELBil als Kovariable herangezogen ("NELBil-Covariable"), so ändert sich die Lebendmasse-Effizienz wenig, jedoch die Energie-Effizienz deutlicher. Im Vergleich zur nicht-korrigierten Variante ändert sich der Verlauf in Abhängigkeit von der Lebendmasse und der Unterschied zwischen den Rassen wird geringerer. Es ergeben sich flache Kurven, d.h. der Einfluss der Lebendmasse auf die Energie-Effizienz wird geringer. Weiters gleichen sich die Rassen im hohen Lebendmasse-Bereich nicht an, sondern eher im Gegenteil. Zusammenfassend zu diesem Abschnitt ist festzuhalten, dass eine Korrektur der Effizienz auf Lebendmasse-Veränderung oder Energiebilanz sowohl den Unterschied zwischen den Rassen als auch den Verlauf in Abhängigkeit von der Lebendmasse beeinflusst und darüber hinaus noch Unterschiede bestehen, ob es sich um Lebendmasse- oder Energie-Effizienz handelt. Da zwischen Lebendmasse-

Veränderung und Energiebilanz nur schwache Beziehungen bestehen (GRUBER et al. 2007), ist von einer Korrektur auf Basis Lebendmasse-Veränderung eher abzuraten, sondern der Berücksichtigung von NELBil der Vorzug zu geben, und zwar am zielführendsten in Form einer Kovariable im statistischen Modell.

4. Diskussion

Die Unterschiede zwischen kombinierten und milchbetonten Zweinutzungsrindern in der Lebendmasse, Milchleistung sowie Futteraufnahme und damit auch in der Lebendmasse- und Futter-Effizienz sind in vielen Versuchen der vergangenen Jahre unter verschiedensten Produktionsbedingungen dargestellt worden, besonders wenn der Bezug zur Lebendmasse hergestellt wird (siehe Übersicht bei GRUBER und STEGFELLNER 2015). Beispielfhaft seien die Arbeiten von KÜNZI (1969), ZAUGG (1976), KORVER (1982), OLDENBROEK (1984a und b, 1986, 1988), HAIGER et al. (1987), HAIGER und SÖLKNER (1995), HAIGER und KNAUS (2010), DILLON et al. (2003) und YAN et al. (2006) angeführt.

Bezüglich des Einflusses der Lebendmasse auf die Energie-Effizienz innerhalb einer Rasse wurden an der Versuchsherde von Beltsville (ML, USA) schon vor 5 Jahrzehnten durch HOOVEN et al. (1968), MILLER et al. (1969) und DICKINSON et al. (1969) Untersuchungen angestellt. Auch sie kamen zum Ergebnis, dass die Energie-Effizienz von Milchkühen im Bereich mittlerer Lebendmasse einer Population am höchsten ist. In einer zusammenfassenden Auswertung von Fütterungsversuchen mehrerer Universitäten der USA und Kanada mit Holstein und Jersey erreichten die Kühe mit einem Lebendmasse-Bereich von 279–891 kg die höchste Milchleistung und damit Lebendmasse-Effizienz ebenfalls nicht bei höchster Lebendmasse, sondern bei 613 kg LM (BROWN et al. 1977). MORRIS und WILTON (1976) werteten in einer Literaturreview 10 relevante Experimente aus und fanden im Durchschnitt eine positive phänotypische (+0,33) und genetische (+0,14) Korrelation zwischen Milchleistung und Lebendmasse, während die Korrelation zwischen Energie-Effizienz und Lebendmasse negativ war (-0,18 bzw. -0,37). VALLIMONT et al. (2011) fanden in 11 Milchviehherden (970 HF-Kühe) in Pennsylvania (USA) hohe, negative genetische Korrelationen (-0,64 bis -0,66) zwischen Lebendmasse mehreren Effizienz-Merkmalen (Trockenmasse-, NEL- und Protein-Effizienz) und schlossen daraus, dass große und fette Kühe weniger effizient sind als kleine und dünne Kühe. Die Effizienz dieser Kühe war negativ mit ihrer Fruchtbarkeit (days open) und positiv mit ihrer produktiven Lebenszeit korreliert. Dies zeigt, dass bei einer Züchtung auf hohe Effizienz die Fruchtbarkeitssituation einzubeziehen ist (VALLIMONT et al. 2013). GRUBER und STEGFELLNER (2015) stellten in einer Erhebung an 18 landwirtschaftlichen Fachschulen in Österreich eine partielle phänotypische Korrelation zwischen Milchleistung (ECM) und Lebendmasse vom +0,153 und zwischen Lebendmasse-Effizienz und Lebendmasse von -0,260 fest. Auf die Nachteile zu hoher Lebendmasse von Milchkühen (Krankheitshäufigkeit, Ausfallrate, Effizienz etc.) haben u.a. auch MASON et al. (1957), MAHONEY et al. (1986), HANSEN et al. (1999) und

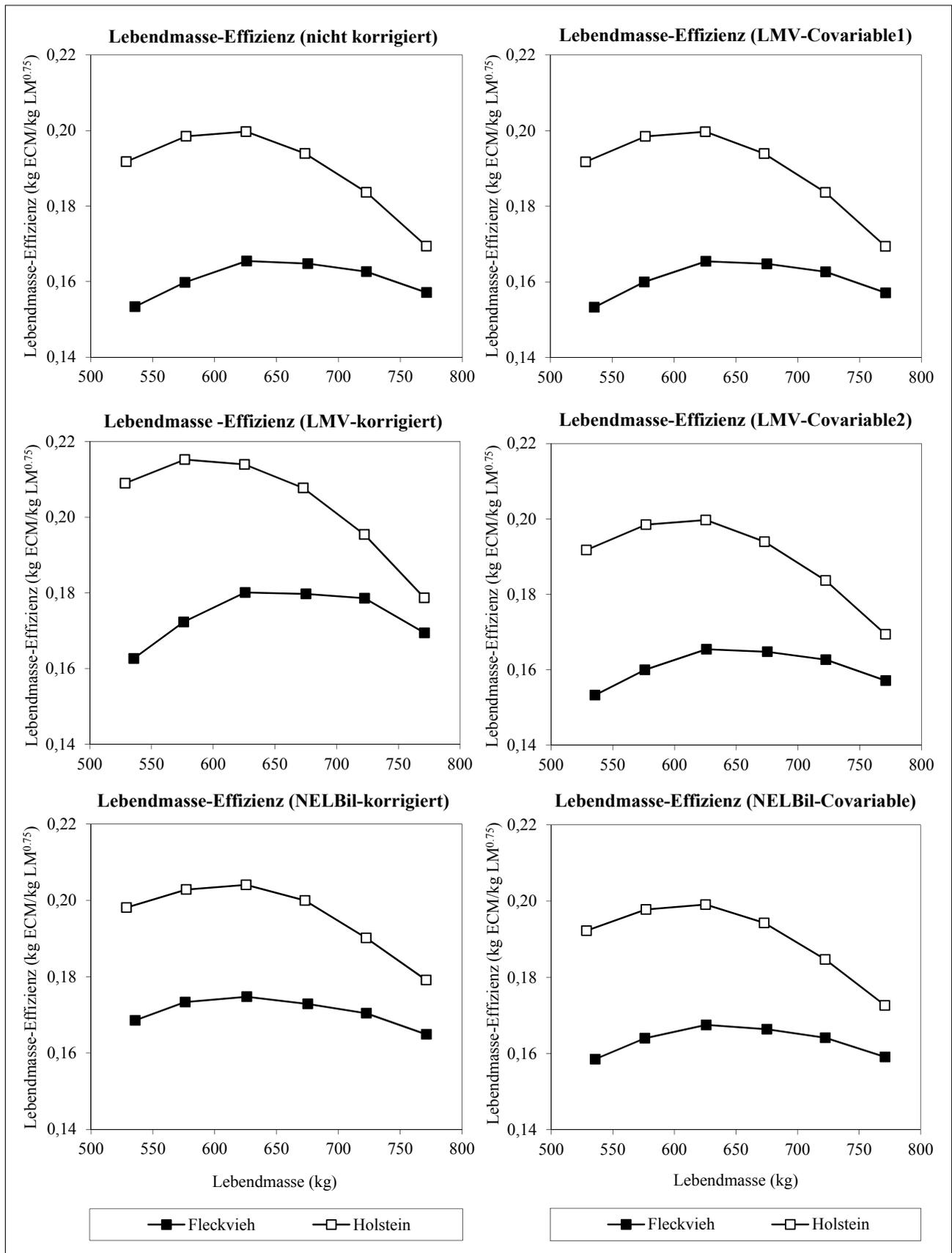


Abbildung 6: Lebendmasse-Effizienz von Milchkühen der Rassen Fleckvieh und Holstein bei unterschiedlicher Lebendmasse und deren Korrektur auf Lebendmasse-Veränderung und Energiebilanz (Datenmaterial "Futteraufnahme-Schätzformel"; GRUBER et al. 2004)

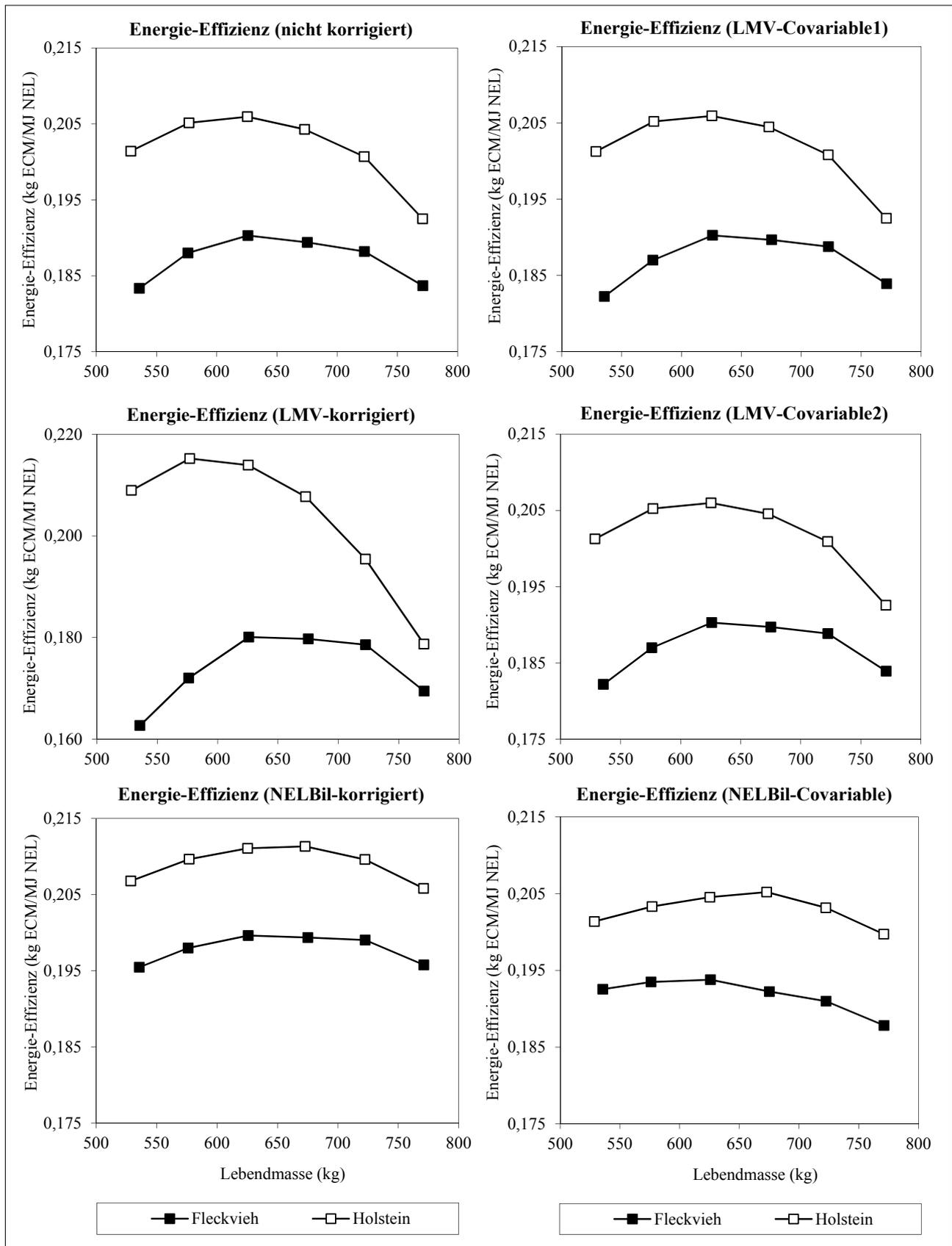


Abbildung 7: Energie-Effizienz von Milchkühen der Rassen Fleckvieh und Holstein bei unterschiedlicher Lebendmasse und deren Korrektur auf Lebendmasse-Veränderung und Energiebilanz (Datenmaterial "Futteraufnahme-Schätzformel"; GRUBER et al. 2004)

BECKER et al. (2012) hingewiesen. Nach KROGMEIER (2009) sind die Kühe in den letzten Jahrzehnten größer geworden und ihre Nutzungsdauer hat abgenommen. Aus dem Vergleich von älteren mit aktuellen Milchviehversuchen (HAIGER et al. 1987 vs. GRUBER und STEGFELLNER 2015 bzw. LEDINEK et al. 2017) kann abgeleitet werden, dass sich im angesprochenen Zeitraum von etwa 30 Jahren die Milchleistung, jedoch zu einem gewissen Grad auch die Lebendmasse, erhöht haben. Wird die Steigerung der Milchleistung 100 gesetzt, so erhöhte sich die Lebendmasse um 48 % und die Lebendmasse-Effizienz dementsprechend nur um 62 % (GRUBER und STEGFELLNER 2015). Beim Vergleich von HAIGER et al. (1987) mit den Ergebnissen von Efficient Cow (LEDINEK et al. 2017) macht die Steigerung der Lebendmasse 35 % bzw. die Steigerung der Lebendmasse-Effizienz 71 % gegenüber der Milchleistung (= 100) aus. Es ist also davon auszugehen, dass 30–40 % der Milchleistungssteigerung um den Preis einer höheren Lebendmasse erzielt wurden (im Falle von Brown Swiss und Holstein).

5. Fazit

- Die internationale Milchproduktion wird sich weiter konzentrieren und intensivieren.
- Die damit einhergehende Steigerung der individuellen Milchleistung verstärkt das Problem der hohen Stoffwechselbelastung mit negativen Auswirkungen auf die Gesundheit sowie Fitness der Kühe und damit ihrer Nutzungsdauer.
- Die Zucht auf hohe Milchleistungen hat auch die durchschnittliche Lebendmasse der Kuhpopulationen erhöht, mit negativen Auswirkungen auf die Lebendmasse- und Futter-Effizienz.
- Die Lebendmasse sollte in der Rinderzucht daher berücksichtigt werden.
- Lebendmasse- und Futtereffizienz sind nicht identisch und haben ein unterschiedliches Optimum.
- Die höchste Effizienz einer Population wird bei mittlerer Lebendmasse erreicht.
- Milchbetonte Kühe sind effizienter in der Milcherzeugung, Nachteile in der Mastleistung sind in Rechnung zu stellen.
- Die Effizienz von Fleckvieh ist in geringerem Maß von der Lebendmasse beeinflusst als jene von Holstein.
- Die Berücksichtigung von Lebendmasse-Veränderung oder Energiebilanz beeinflusst die Ergebnisse der Effizienzberechnungen, und zwar für die Rassen und Lebendmasse-Bereiche sowie die einzelnen Effizienz-Parameter unterschiedlich.

6. Literatur

- BECKER, M., 1971: Grundzüge der Fütterungslehre. 15. Auflage, Verlag Paul Parey, 324 S.
- BECKER, J.C., B.J. HEINS und L.B. HANSEN, 2012: Costs for health care of Holstein cows selected for large versus small body size. *J. Dairy Sci.* 95, 5384-5392.
- BELLO, N.M., J.S. STEVENSON und R.J. TEMPELMAN, 2012: Invited review: Milk production and reproductive performance – Modern interdisciplinary insights into an enduring axiom. *J. Dairy Sci.* 95, 5461-5475.
- BENNEWITZ, J., 2016: Potentiale und Herausforderungen der genomischen Selektion in der Tierzucht. 26. Hülsenberger Gespräche 2016 “Die postgenomische Ära: Die Renaissance des Phänotyps“, 10-14.
- BERRY, D.P. und J.E. PRYCE, 2014: Feed efficiency in growing and mature animals. Proceedings of 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver 2014.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2008: Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008. Herausgeber BMLFUW und LFI, 449 S.
- BLAKE, R.W., A.A. CUSTODIO und W.H. HOWARD, 1986: Comparative feed efficiency of Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 69, 1302-1308.
- BROWN, C.A., P.T. CHANDLER und B. HOLTER, 1977: Development of predictive equations for milk yield and dry matter intake in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 60, 1739-1754.
- BUCKLEY, F., P. DILLON, S. CROSSE, F. FLYNN und M. RATH, 2000: The performance of Holstein Friesian dairy cows of high and medium genetic merit for milk production on grass-based feeding systems. *Livest. Prod. Sci.* 64, 107-119.
- CLARK, R.D. und R.W. TOUCHBERRY, 1962: Effect of body weight and age at calving on milk yield production in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 45, 1500-1510.
- COLEMAN, J., D.P. BERRY, K.M. PIERCE, A. BRENNAN und B. HORAN, 2010: Dry matter intake and feed efficiency profiles of 3 genotypes of Holstein-Friesian within pasture-based systems of milk production. *J. Dairy Sci.* 93, 4318-4331.
- DICKINSON, F.N., B.T. McDANIEL und R.E. McDOWELL, 1969: Comparative efficiency of feed utilization during first lactation of Ayrshire, Brown Swiss and Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 52, 489-497.
- DILLON, P., S. SNIJDERS, F. BUCKLEY, B. HARRIS, P.O. CONNOR und J.F. MEE, 2003: A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production. 1. Milk production, live weight, body condition score and DM intake. *Livest. Prod. Sci.* 83, 21-33.
- FLACHOWSKY, G., 2000: Nährstoffökonomische und ökologische Aspekte bei der Erzeugung von essbarem Eiweiß tierischer Herkunft bei unterschiedlichem Leistungsniveau der Nutztiere. *Landbauforschung Völkenrode* 50, 38-49.
- FLEISCHER, P., M. METZNER, M. BEYERBACH, M. HOEDEMAKER und W. KLEE, 2001: The relationship between milk yield and the incidence of some diseases in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2025-2035.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 135 S.
- GRUBER, L., F.J. SCHWARZ, D. ERDIN, B. FISCHER, H. SPIEKERS, H. STEINGASS, U. MEYER, A. CHASSOT, T. JILG, A. OBERMAIER und T. GUGGENBERGER, 2004: Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 116. VDLUFA-Kongress, Rostock, 13.-17. September 2004, Kongressband 2004, 484-504.
- GRUBER, L., A. SUSENBETH, F.J. SCHWARZ, B. FISCHER, H. SPIEKERS, H. STEINGASS, U. MEYER, A. CHASSOT, T. JILG und A. OBERMAIER, 2007: Bewertung des NEL-Systems und Schätzung

- des Energiebedarfs von Milchkühen auf der Basis eines umfangreichen Datenmaterials aus Fütterungsversuchen in Deutschland, Österreich und Schweiz. 119. VDLUFA-Kongress, Göttingen, 18.-21. September 2007, Kongressband 2007, 477-500.
- GRUBER, L., 2013: Grundfutterqualität, Kraftfutterniveau und genetisches Potenzial als Schlüsselfaktoren für die Höhe der Milchleistung. Tagungsband ZAR-Seminar, 21.03.2013, Salzburg, 21-40.
- GRUBER, L. und M. STEGFELLNER, 2015: Effizienz bei Milchkühen – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2015, 23-40.
- HAIGER, A., R. STEINWENDER, J. SÖLKNER und H. GREIMEL, 1987: Vergleichsversuch von Braunvieh mit Brown Swiss- und Holstein Friesian-Kreuzungen, 7. Mitteilung: Milchleistungsvergleich. Die Bodenkultur 38, 273-280.
- HAIGER, A. und J. SÖLKNER, 1995: Der Einfluss verschiedener Futterniveaus auf die Lebensleistung kombinierter und milchbetonter Kühe: 2. bis 8. Laktation. Züchtungskde. 67, 263-273.
- HAIGER, A. und W. KNAUS, 2010: Vergleich von Fleckvieh und Holstein Friesian in der Milch- und Fleischleistung. 1. Mitteilung: Milchleistungsvergleich ohne Kraftfutter. Züchtungskde. 82, 131-143.
- HANSEN, L.B., J.B. COLE, G.D. MARX und A.J. SEYKORA, 1999: Productive life and reasons for disposal of Holstein cows selected for large versus small body size. J. Dairy Sci. 82, 795-801.
- HANSEN, L.B., 2000: Consequences of selection for milk yield from a geneticist's viewpoint. J. Dairy Sci. 83, 1145-1150.
- HARRIS, B.L. und E.S. KOLVER, 2001: Review of Holsteinization on intensive pastoral dairy farming in New Zealand. J. Dairy Sci. 84 (E. Suppl.), E56-E61.
- HAYES, B.J., P.J. BOWMAN, A.J. CHAMBERLAIN und M.E. GODDARD, 2009: Invited review: Genomic selection in dairy cattle: Progress and challenges. J. Dairy Sci. 92, 433-443.
- HERINGSTAD, B., G. KLEMETS DAL und T. STEINE, 2007: Selection responses for disease resistance in two selection experiments with Norwegian Red cows. J. Dairy Sci. 90, 2419-2426.
- HOOVEN, N.W., R.H. MILLER und R.D. PLOWMAN, 1968: Genetic and environmental relationships among efficiency, yield, consumption and weight of Holstein cows. J. Dairy Sci. 51, 1409-1419.
- ICAR (International Committee for Animal Recording): <http://www.icar.org/survey/pages/tables.php>
- KENNEDY, J., P. DILLON, L. DELABY, P. FAVERDIN, G. STAKELUM und M. RATH, 2003: Effect of genetic merit and concentrate supplementation on grass intake and milk production with Holstein Friesian dairy cows. J. Dairy Sci. 86, 610-621.
- KIRCHGESSNER, M., 1970: Tierernährung – Leitfaden für Praxis, Beratung und Studium. 1. Auflage, DLG Verlag, Frankfurt/Main, 408 S.
- KNAUS, W., 2009: Dairy cows trapped between performance demands and adaptability. J. Sci. Food Agric. 89, 1107-1114.
- KORVER, S., 1982: Feed intake and production in dairy breeds dependent on the ration. Diss. Wageningen, 139 S.
- KROGMEIER, D., 2009: Zusammenhänge zwischen Nutzungsdauer und Körpergröße unter besonderer Berücksichtigung des Stallsystems bei Braunvieh und Fleckvieh. Züchtungskde. 81, 328-340.
- KÜNZI, N., 1969: Beziehungen zwischen Futterverzehr und Milchleistung bei Fleckvieh-, Braunvieh- und Ayrshirekühen. Diss. 4342, ETH Zürich, 122 S.
- LEDINEK, M., L. GRUBER, F. STEININGER, B. FÜRST-WALTL, K. ZOTTL, M. ROYER, K. KRIMBERGER, M. MAYERHOFER und C. EGGER-DANNER, 2017: Futter- und Nährstoffeffizienz – was steckt dahinter? Tagungsband ZAR-Seminar "Der effizienten Kuh auf der Spur", 09.03.2017, Salzburg, 10-17.
- LUCY, M.C., 2001: Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end? J. Dairy Sci. 84, 1277-1293.
- LUCY, M.C., G.A. VERKERK, B.E. WHYTE, K.A. McDONALD, L. BURTON, R.T. CURSONS, J.R. ROCHE und C.W. HOLMES, 2009: Somatotropic axis and nutrient partitioning in genetically diverse dairy cows managed under different feed allowances in a pasture system. J. Dairy Sci. 92, 526-539.
- MAHONEY, C.B., L.B. HANSEN, C.W. YOUNG, G.D. MARX und J.K. RENEAU, 1986: Health care of Holsteins selected for large or small body size. J. Dairy Sci. 69, 3131-3139.
- MARTENS, H., 2012: Die Milchkühe – Wenn die Leistung zur Last wird! 39. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. April 2012, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein 2012, 35-42.
- MARTENS, H., 2015: Stoffwechselbelastung und Gesundheitsrisiken der Milchkühe in der frühen Laktation. Tierärztl. Umschau 70, 496-504.
- MASON, I.L., A. ROBERTSON und B. GJELSTAD, 1957: The genetic connexion between body size, milk production and efficiency in dairy cattle. J. Dairy Res. 24, 135-143.
- MACDONALD, K.A., G.A. VERKERK, B.S. THORROLD, J.E. PRYCE, J.W. PENNO, L.R. McNAUGHTON, L.J. BURTON, J.A.S. LANCASTER, J.H. WILLIAMSON und C.W. HOLMES, 2008: A comparison of three strains of Holstein-Friesian grazed on pasture and managed under different feed allowances. J. Dairy Sci. 91, 1693-1707.
- MILLER, R.H. und N.W. HOOVEN, 1969: Variation in part-lactation and whole-lactation feed efficiency of Holstein cows. J. Dairy Sci. 52, 1025-1036.
- MILLER, R.H., N.W. HOOVEN und M.E. CREEGAN, 1969: Weight changes in lactating Holstein cows. J. Dairy Sci. 52, 90-94.
- MORRIS, C.A. und J.W. WILSON, 1976: Influence of body size on the biological efficiency of cows: A review. Can. J. Anim. Sci. 56, 613-647.
- NEHRING, K., 1963: Lehrbuch der Tierernährung und Futtermittelkunde. 8. Auflage, Neumann Verlag, Radebeul. Berlin, 522 S.
- OLDENBROEK, J.K., 1984a: Holstein Friesians, Dutch Friesians and Dutch Red and Whites on two complete diets with a different amount of roughage: Performance in first lactation. Livest. Prod. Sci. 11, 401-415.
- OLDENBROEK, J.K., 1984b: Holstein Friesians, Dutch Friesians and Dutch Red and Whites on two complete diets with a different amount of roughage: Differences in performance between first and second lactation. Livest. Prod. Sci. 11, 417-428.
- OLDENBROEK, J.K., 1986: The performance of Jersey heifers and heifers of larger dairy breeds on two complete diets with different roughage contents. Livest. Prod. Sci. 14, 1-14.
- OLDENBROEK, J.K., 1988: The performance of Jersey cows and cows of larger dairy breeds on two complete diets with different roughage contents. Livest. Prod. Sci. 18, 1-17.
- OLTENACU, P.A. und D.M. BROOM, 2010: The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. Animal Welfare 19, 39-49.
- PICCAND, V., E. CUTTULIC, S. MEIER, F. SCHORI, R.L. KUNZ, J.R. ROCHE und P. THOMET, 2013: Production and reproduction of Fleckvieh, Brown Swiss, and 2 strains of Holstein-Friesian cows in a pasture-based, seasonal-calving dairy system. J. Dairy Sci. 96, 5352-5363.

- ROCHE, J.R., D.P. BERRY und E.S. KOLVER, 2006: Holstein-Friesian strain and feed effects on milk production, body weight, and body condition score profiles in grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89, 3532-3543.
- SAS Institute Inc., 2010: SAS/STAT 9.4 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC (USA), 8460 S.
- SPIEKERS, H. und V. POTTHAST, 2003: Erfolgreiche Milchviehfütterung. 1. Auflage, DLG Verlag Frankfurt/Main, 448 S.
- STEINWIDDER, A., 2009: Modellrechnungen zum Einfluss der Lebendmasse von Milchkühen auf Futtereffizienz und Kraftfutterbedarf. Band 2 – Tierhaltung, Agrarpolitik und Betriebswirtschaft, Märkte und Lebensmittel. 10. Wissenschaftstagung Ökolog. Landbau, 11.-13. Februar 2009, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 30-33.
- THOMET, P., H. RÄTZER und B. DURGIAI, 2002: Effizienz als Schlüssel für die wirtschaftliche Milchproduktion. *Agrarforschung* 9, 404-409.
- VALLIMONT, J.E., C.D. DECHOW, J.M. DAUBERT, M.W. DEKLEVA, J.W. BLUM, C.M. BARLIEB, W. LIU, G.A. VARGA, A.J. HEINRICHS und C.R. BAUMRUCKER, 2011: Short communication: Heritability of gross feed efficiency and associations with yield, intake, residual intake, body weight, and body condition score in 11 commercial Pennsylvania tie stalls. *J. Dairy Sci.* 94, 2108-2113.
- VALLIMONT, J.E., C.D. DECHOW, J.M. DAUBERT, M.W. DEKLEVA, J.W. BLUM, W. LIU, G.A. VARGA, A.J. HEINRICHS und C.R. BAUMRUCKER, 2013: Short communication: Feed utilization and its associations with fertility and productive life in 11 commercial Pennsylvania tie-stall herds. *J. Dairy Sci.* 96, 1251-1254.
- VEERKAMP, R.F., 1998: Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on live weight and feed intake: A review. *J. Dairy Sci.* 81, 1109-1119.
- YAN, T., C.S. MAYNE, T.W.J. KEADY und R.E. AGNEW, 2006: Effects of dairy cow genotype with two planes of nutrition on energy partitioning between milk and body tissue. *J. Dairy Sci.* 89, 1031-1041.
- ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter), 2015: Die österreichische Rinderzucht 2015 (Jahresbericht 2015), 155 S.
- ZAUGG, U., 1976: Vergleichsversuch mit Braunvieh, Simmentaler Fleckvieh und Holstein Friesian amerikanischer Herkunft. Diss. 5671, ETH Zürich, 121 S.

Danksagung:

Am Projekt "Efficient Cow" waren neben den teilnehmenden Landwirten, Zuchtorganisationen sowie Leistungskontrollverbänden Christa Egger-Danner (Projektleiterin), Franz Steininger, Birgit Fürst-Waltl, Karl Zottl, Martin Royer, Kurt Krimberger und Martin Mayerhofer beteiligt. Die Autoren danken ihnen ganz herzlich für ihre wertvollen Beiträge zum Projekt. Besonderer Dank geht auch an das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft für die Finanzierung dieses Projektes.

Für die Daten zum Projekt "Futtermittel-Schätzformel" haben Frieder-Jörg Schwarz, Bernd Fischer, Hubert Spiekers, Herbert Steingäß, Ulrich Meyer, Thomas Jilg und Anton Obermaier wertvolle Beiträge geleistet. Die Autoren danken auch ihnen ganz herzlich für die großzügige Überlassung dieser Daten.

Die englische Übersetzung der Zusammenfassung führte dankenswerterweise Mag. Elisabeth Finotti durch.

Primat der Milchleistung – Können Tierernährung und Tiergesundheit noch mithalten?

Primacy of milk yield – is animal nutrition and animal health able to cope with?

Frank Menn^{1*}

Zusammenfassung

Die Diskussion um die Ausrichtung der Milchrindzucht wird aktuell sehr intensiv, aber auch kontrovers geführt. Hinweise darauf, dass bedingt durch Merkmalskorrelationen und -antagonismen mit nachteiligen Konsequenzen bei steigender Milchleistung zu rechnen ist, gibt es seit Jahrzehnten. Darüber hinaus lassen sich bei genauer Betrachtung biochemischer und physiologischer Zusammenhänge unter Berücksichtigung aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse Erklärungsansätze ableiten, die einen sehr kritischen Blick auf die Entwicklung in der Milchrindzucht rechtfertigen. Großen Erkenntnisgewinn brachte hier der Einsatz der molekularbiologischen Methoden, die Einblicke tief in den Zellstoffwechsel ermöglichen. Diskussionswürdig ist auch die Frage, inwieweit die Evolution die Kühe auf die enorme Stoffwechselbelastung in der Transitphase angemessen vorbereitet hat. Weiter untermauern aktuelle neurowissenschaftliche Forschungsergebnisse über die Rolle des cholinergen Systems in der Bewältigung von Stress und Angst sowie die Auswirkungen auf Stoffwechselstörungen wie metabolisches Syndrom die herausragende Rolle von Insulinresistenz und systemischen Entzündungen.

Schlagwörter: Systemische Entzündungen, Zellstress, somatotrope Achse, Negative Energiebilanz

Summary

Breeding dairy cows for more milk is actual under intensive and controversial discussion. References showing correlations and antagonisms between traits causing negative consequences due to increasing milk yield are available for decades. Moreover detailed consideration of biochemical and physiological mechanisms explored in actual scientific publications delivers reasonable explanations justifying a critical view on the development of dairy type breeding. Implementation of molecular biological methods in animal nutrition delivered new insights on cell level. Worth considering is also the question whether or not metabolism of these high genetic merit dairy cows is appropriately prepared by evolution for these enormous challenges during transition period. Late-breaking research from neuro science illuminating the role of the cholinergic system in linking anxiety and social stress with metabolic disorders like metabolic syndrome further confirms the outstanding relevance of systemic inflammation and insulin resistance.

Keywords: systemic inflammation, cell stress, somatotropic axis, negative energy balance

Einleitung

Die Milchleistung der Kühe wurde während der vergangenen 30 Jahre züchterisch nahezu verdoppelt. Die Konsequenz ist eine enorme physiologische Belastung der Tiere. Insbesondere in der Transitphase, dem Übergang von später Trächtigkeit zu früher Laktation, unterliegt der Stoffwechsel der Kühe extremen Anpassungsvorgängen und Veränderungen. Aus Sicht der Genetik sind hier vor allem die Merkmalsantagonismen in der Rinderzucht ursächlich. FÜRST und SÖLKNER (2002) setzen sich kritisch mit diesen Merkmalsantagonismen auseinander und geben dazu einen guten Überblick. Sie konstatieren (Zitat):

„Treibt man eine Kuh durch extreme Fütterung an ihre physiologische Leistungsgrenze, dann muss man auf jeden Fall damit rechnen, dass Fruchtbarkeit und Stoffwechselstabilität leiden. Im Zusammenhang mit der Zucht stellt sich die Frage, wie weit man die Grenzen der Leistungsfähigkeit genetisch (d.h. durch Zuchtwahl) nach oben verschieben

kann, ohne sich gravierende Verluste im Bereich der Gesundheit und Fruchtbarkeit einzuhandeln.“

Ungeachtet dessen ist die Milchleistung pro Kuh und Jahr in Deutschland von 2000 bis 2015 im Durchschnitt um weitere 1.498 kg von 6.122 kg auf 7.620 kg gestiegen (STATISTA 2017). Spitzenreiter in 2014 war das Bundesland Thüringen mit 9.367 kg Milch pro Kuh und Jahr (ELITE-MAGAZIN 2014). Mittlere Herdenleistungen von über 12.500 kg sind heute keine Seltenheit mehr (BRADE 2016). Ob zwischen Milchleistungssteigerung und Gesundheits- und Fruchtbarkeitsproblemen ein direkter Zusammenhang besteht, wird unter Experten nach wie vor kontrovers diskutiert. MARTENS (2012) legt sich allerdings gut begründet fest, dass die „Leistung zur Last wird“.

Im folgenden Beitrag soll diese Hypothese weiter untersucht und der Frage nachgegangen werden, ob die Tierernährung und Tiergesundheit noch in der Lage sind zu folgen. Dazu werden publizierte biologische und physiologische Zusammenhänge sowie Ergebnisse

¹ mmb Milchviehmanagementberatung, D-34346 Hann. Münden

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Frank Menn, email: fm@mmb-milchkuh.de

aus der humanen Stressforschung als Erklärungsansätze herangezogen.

Fuel Detector („Treibstoffsensor“)

WADE und JONES (2004) stellten die Hypothese auf, dass jegliche energetische Unterversorgung (negative Energiebilanz), wie z.B. Unterernährung, exzessiver Energieverbrauch (Hochleistung jeglicher Art) oder Diabetes Mellitus (Insulinresistenz) bei weiblichen Säugetieren sowohl die Sekretion von GnRH (Gonadotropin Releasing Hormone) als auch das Paarungsverhalten beeinträchtigt. Verantwortlich dafür ist ein Sensor im Hinterhirn, der die Menge an verfügbaren oxidierbaren Substanzen (hauptsächlich Glukose, aber auch Fette) im Blut misst. Im Falle eines Energiemangels wird der Mangel an oxidierbaren Substanzen über diesen Sensor detektiert und ein entsprechendes Signal über das Nervensystem an das Vorderhirn geleitet mit der Konsequenz, dass die Sekretion des GnRH unterbleibt. Die Wissenschaftler konnten nachweisen, dass die Unterbindung der Signalweiterleitung durch Durchtrennung des verantwortlichen Nervs bei Labortieren dazu führte, dass die Tiere trotz erheblichen Energiemangels sich normal fortpflanzten. Unterernährte Labortiere mit intaktem Nerv hingegen zeigten die bekannten Fruchtbarkeitsstörungen wie z.B. Beeinträchtigung des Paarungsverhaltens der weiblichen Tiere.

Priorisierung der Energieverwendung

In derselben Arbeit stellen die Autoren heraus, dass die Funktionen im Organismus, für die die verfügbare Energie verwendet wird, in einer festgelegten Reihenfolge entsprechend ihrer Priorität bedient werden (WADE und JONES 2004):

1. Essentielle Leistungen: Herz-/Kreislaufsystem, neuronale Aktivität
2. Reduzierbare Leistungen: Bewegung, Thermoregulation, Wachstum
3. Verzichtbare Leistungen: Reproduktion, Fettansatz

Ein Energiemangel geht demnach zuerst zulasten der Fortpflanzung und des Fettansatzes. Beide Phänomene treten bei der Kuh mit zunehmender negativer Energiebilanz vermehrt auf.

Nutritive Priorisierung der Milchbildung

Die Hochleistungskuh treibt die beschriebene Priorisierung der Energieverwendung nach WADE und JONES noch weiter, indem sie nahezu ihre gesamte Nährstoffversorgung der Milchbildung unterordnet. STANGASSINGER (2006) nennt das die nutritive Priorisierung der Milchbildung. Damit wird die Initiierung und Aufrechterhaltung eines nutritiven Ungleichgewichtes bei frisch laktierenden Kühen beschrieben im Sinne einer bevorzugten Bereitstellung von exogenen und endogenen Nährstoffen für die Milchbildung.

Homöorhese

Die Homöorhese bezeichnet die im Zusammenhang mit der Kalbung eintretenden endokrinen, biochemischen und physiologischen Veränderungen des Stoffwechsels der

Milchkuh. Diese Zusammenhänge wurden von MARTENS (2012) ausführlich erläutert. Demnach ist die homöorhetische Regulation charakterisiert durch

- a) die Beteiligung vieler Organsysteme
- b) Prozesse, die lang andauernd verändert werden
- c) Feedback-Mechanismen

Die Kernaussage ist auch hier, dass Milchsekretion absolute Priorität hat. Sie dient dem Überleben des Kalbes und damit der Weitergabe der Gene an die nächste Generation. Dies schließt auch die Fähigkeit der Milchsekretion bei unzureichendem Nahrungsangebot oder unzureichender Futteraufnahme ein. Außergewöhnlich ist allerdings, dass im Gegensatz zu sonstigen homöorhetisch gesteuerten Phänomenen in der Biologie, wie z.B. Wachstum oder Winterschlaf, die Fähigkeit zur Milchsekretion unter den Bedingungen eines Energiemangels keinem Feedback-Mechanismus unterliegt. Dieser Regelkreis war bei Milchbildung und -sekretion ausschließlich zur Ernährung des Kalbes auch nicht notwendig. Der zunächst steigende, dann aber deutlich abnehmende Bedarf des Kalbes an Milch zur Deckung des Nährstoffbedarfs in Verbindung mit einem reduzierten Saugen begrenzten durch die einhergehende abnehmende Stimulierung der Milchbildung die tägliche Milchmenge. Der heutige Milchentzug durch Melkmaschinen hebt diese automatische Limitierung der Stimulierung auf. Höhere Melkfrequenzen verschärfen diese Bedingungen.

Entkoppelung der somatotropen Achse

Das Phänomen der zunehmenden Entkoppelung der somatotropen Achse kann als weitere Eskalierung der zuvor beschriebenen Anpassungsphänomene gesehen werden. Die somatotrope Achse meint hier die Achse somatotropes Hormon (Wachstumshormon, *Growth Hormone*, GH) – Insulin like growth factor (IGF-1) und Insulin. Ist diese Achse gekoppelt und damit funktionstüchtig, führt ein Anstieg des Wachstumshormons, der bekanntermaßen Voraussetzung für eine Leistungssteigerung ist, zu einem Anstieg des IGF-1 und ebenso des Insulins. Dadurch wird der insulinabhängige Glukosetransporter 4 (GLUT-4) aktiviert und sorgt für eine verstärkte Einschleusung der Glukose in die Zelle und im weiteren Verlauf in die Mitochondrien. Dort wird die Glukose zur Energiegewinnung in Verbindung mit Fett oxidiert. Die bedingungslose Priorisierung der Milchbildung führt aber mit zunehmender Milchleistung dazu, dass hochleistende Milchkühe die somatotrope Achse mehr und mehr entkoppeln. Die Folge ist, dass IGF-1 und Insulin trotz höherer Menge Wachstumshormons nicht mit ansteigen. Somit fehlt Insulin, um den GLUT-4 zu aktivieren. Die für die Synthese der Laktose notwendige, aber äußerst knappe Glukose wird dann hauptsächlich durch den nicht insulinabhängigen Glukosetransporter 1 (GLUT-1) zur Milchdrüse weiter transportiert. Dieser arbeitet völlig unabhängig von der sonstigen Glukose-Regulation im Organismus (BRUCKMAIER und BOLLWEIN 2015). Die übrigen peripheren Gewebe werden so von der Glukoseversorgung abgekoppelt (GROSS und BRUCKMAIER 2015). Diese Umleitung der Glukose in die Milchdrüse sichert zwar die Laktosesynthese und damit die Milchbildung, hat aber zur Folge, dass der sowieso schon bestehende Glukosemangel in den Mitochondrien, den Kraftwerken in den Zellen,

weiter erhöht wird. Gleichzeitig wird dies zu einer weiteren Mobilisierung von Körperfett mit allen negativen Konsequenzen wie Fettleber und Ketose führen. Des Weiteren hat der durch die Entkopplung der somatotropen Achse ausbleibende Anstieg des IGF-1 weitreichende negative Konsequenzen für die Fruchtbarkeit. Darüber hinaus fehlt der durch Rückkopplung gegebene Kontrolleffekt des IGF-1 auf Wachstumshormon, der ein Überschießen desselben verhindern soll. Schlussendlich wird die Glukoneogenese herunter reguliert (WATHES 2015, MARTENS 2016).

ER-Stress

Im Endoplasmatischen Retikulum (ER) finden Lipidsynthese, Proteinfaltung und Proteinreifung statt. Diese Prozesse unterliegen einer permanenten Qualitätskontrolle, Überforderung führt zu einer Stressreaktion, dem ER-Stress (SUNDAR RAJAN et al. 2007). Ein mehr oder weniger großer Teil der Proteine wird im Zuge der Synthese nicht ordnungsgemäß gefaltet. Konsequenz ist ein „unfolded protein response (UPR)“. Dieser beschreibt eine hochkomplexe Stressreaktion, die für die Zelle von dramatischer Bedeutung ist, da permanenter Stress unweigerlich zur Apoptose (Zelltod) führt (GÜLOW und HAAS 2001). Fehlfaltete Proteine stehen außerdem nicht als funktionale Proteine zur Verfügung. Darüber hinaus spielt ER-Stress eine entscheidende Rolle bei der Entstehung der Fettleber und Ketose der Milchkuh. Milchkuhe induzieren ER-Stress *post partum* in der Leber (RINGSEIS et al. 2014, EDER 2014). Die *Abbildung 1* stellt modellhaft den Zusammenhang und die Beziehungen zwischen NEFA (non esterified fatty acids), Entzündungen, oxidativem Stress und Lipopolysacchariden (Pansenazidose) als Auslöser von ER-Stress sowie dessen zentrale Ursache für die bekannten Stoffwechsellentgleisungen der Milchkuh in der Transitphase dar (RINGSEIS et al. 2014):

Entzündungen

Die aktuell intensiv diskutierte Entzündungsproblematik geht aus der bereits zitierten und weiterer einschlägiger wissenschaftlicher Literatur hervor. Auch lohnt sich ein Blick in die wissenschaftliche Literatur der Humanmedizin. HUBER und VON BAEHR (2014) arbeiten den besonderen Stellenwert der chronisch systemischen Entzündungen als „die Epidemie des 21. Jahrhunderts“ beim Menschen heraus. Die Autoren treffen zwei bemerkenswerte Aussagen:

- „Die Entzündungsantwort ist die universelle „Alarmreaktion“ des Organismus, die auf (oft gleichzeitig mehrere) Stressoren verschiedenen Ursprunges mehr oder weniger uniform abläuft“.
- „... wird deutlich, dass das Immunsystem für die akute Entzündungsantwort gegen bedrohende Erreger geschaffen ist und es evolutionsbiologisch für chronische Entzündungen nicht vorbereitet ist“.

Akute und chronische Entzündungen unterscheiden sich dadurch, dass Erstere nach einer sogenannten Anlaufphase umschalten in die Adaptationsphase und sich dann im weiteren Verlauf wieder auflösen. Chronische Entzündungen hingegen flimmern unterschwellig lang andauernd auf einem niedrigen Level vor sich hin. Interessant ist hier zu erwähnen, dass für die Anlaufphase der akuten Entzündungen vermehrt Glukose zur Verfügung stehen muss, während nach Umschalten in die Adaptationsphase eher Fett oxidiert wird (LIU et al. 2012). Die Verfügbarkeit dieser Substrate bei der Transitkuh passt dazu, da der Stoffwechsel nach dem Kalben durch Glukosemangel und Körperfettmobilisierung vermehrt Fett oxidieren muss. Der Terminus „systemisch“ bedeutet, dass alle Organe, das gesamte Gewebe, der gesamte Organismus betroffen sind. Vergleicht man die Entwicklung beim Menschen über die letzten Jahrzehnte hin zu Zivilisationskrankheiten wie Diabetes Mellitus Typ

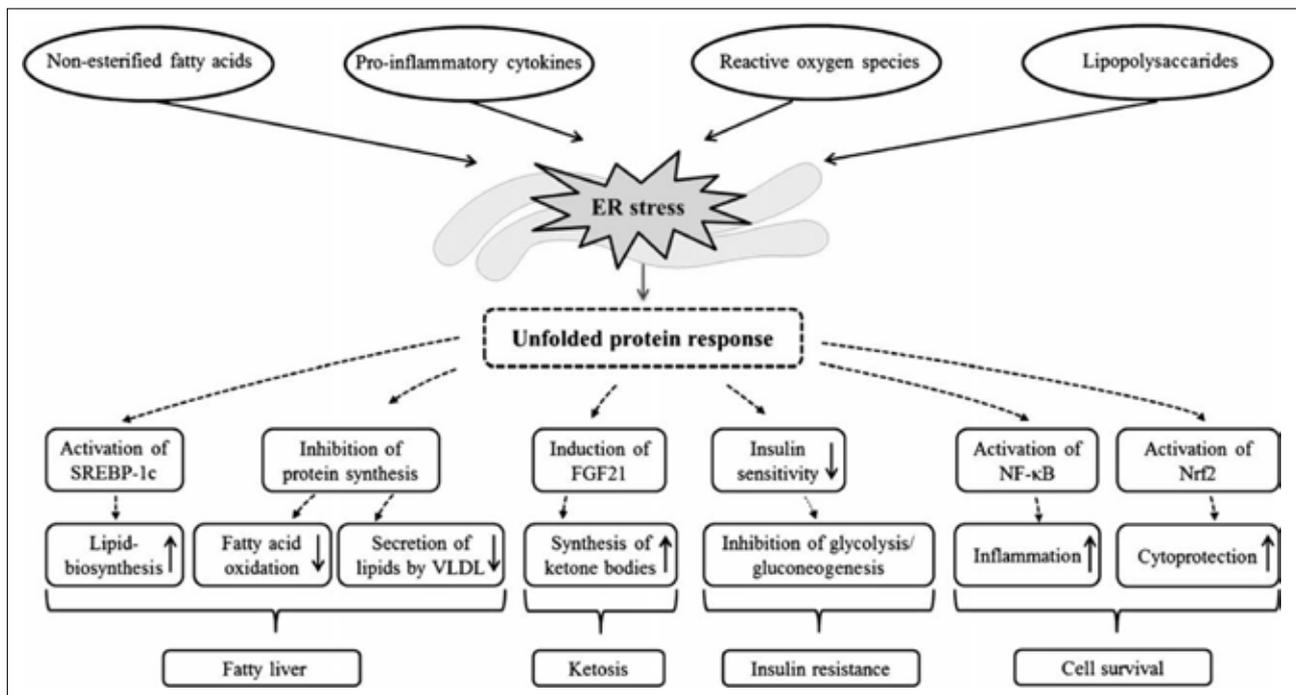


Abbildung 1: ER-Stress als zentrale Ursache für Fettleber und Ketose bei der Milchkuh (Modell, RINGSEIS et al. 2014)

2 oder metabolischem Syndrom mit der Entwicklung der Milchkuh von einer 4.000 l-Kuh vor 50 oder 60 Jahren zu einer 12.000 l-Kuh (oder noch mehr) heutzutage, so lassen sich durchaus Parallelen feststellen. Auch die Ketose und die Azidose der Milchkuh werden als Zivilisationskrankheiten der Milchkuh bezeichnet (KALCHREUTER 2012). In beiden Fällen ist es ohne Zweifel so, dass diese Entwicklung so von der Evolution nicht vorgesehen war bzw. auch mit dieser enormen Intensität und Geschwindigkeit niemals vorangetrieben worden wäre. Insofern drängt sich daraus unmittelbar die Frage auf, ob die Evolution Mensch und Kuh auf Stoffwechselsituationen wie Insulinresistenz, Diabetes, metabolisches Syndrom und die negative Energiebilanz eines solchen Ausmaßes und einer solchen Dauer wie bei der Hochleistungskuh wirklich vorbereitet hat. Es ist davon auszugehen, dass dies nicht der Fall ist. Somit überrascht auch nicht, dass Wissenschaftler, die auf Gebieten wie chronisch systemischen Entzündungen, Zellstress (ER-Stress), Sozialstress (Unterordnung, Mobbing) oder Rolle des cholinergen Systems forschen, sehr häufig zu eben dieser Schlussfolgerung kommen, dass die Evolution das Immunsystem nicht auf diese Anforderungen ausgerichtet hat (SHAKED et al. 2009, HUBER und VON BAEHR 2014, SOREQ 2015, MEYDAN et al. 2016, SAPOLSKY 2016). So postulieren MEYDAN et al. (2016), dass die „Evolution blind gewesen sein könnte“ im Hinblick auf negative Trigger, die beim Menschen erst in der postreproduktiven Phase auftreten, einem Lebensabschnitt also, der über Jahrtausende kaum erreicht wurde. Auch das heutige

Leistungsniveau der Kühe wurde, wie bereits erwähnt, erst während der letzten Dekaden mit vergleichsweise rasanter Geschwindigkeit erreicht.

Bleibe noch die Frage zu untersuchen, inwieweit es tatsächlich berechtigt ist, diese Zusammenhänge vom Menschen auf die Hochleistungskuh zu übertragen. Dazu ist zunächst zu beachten, dass diese Erkenntnisse erst mithilfe der molekularbiologischen Methoden gewonnen werden konnten, die Einblicke tief in den Zellstoffwechsel ermöglichen. Für den Zellstress beispielsweise gilt, dass es sich um eine hochkomplexe zelluläre Stressreaktion handelt, die für das Überleben von eukaryontischen Zellen essentiell ist (GÜLOW und HASS 2001). Da aber alle höher entwickelten Organismen inklusive der Pflanzen aus eukaryontischen Zellen bestehen, ist davon auszugehen, dass diese Feststellung spezieübergreifend gilt. SOREQ (2017) geht davon aus, dass diese „Prognosen auch für Kühe und Schweine gültig sind“. Sie geht von einem relevanten Zusammenhang aus. MARTENS arbeitet bereits 2010 heraus, dass die Auslöser der Insulinresistenz bei Mensch und Kuh zwar verschieden sind, der weitere Weg über die Entzündungen dann aber identisch ist. Ferner entstammen auch die Erkenntnisse über den ER-Stress bei der Milchkuh wie auch bei der Sau (RINGSEIS et al. 2014, ROSENBAUM 2013) aus der Überprüfung, ob denn dieses beim Menschen längst bekannte Phänomen auch bei den landwirtschaftlichen Nutztieren relevant ist.

Wenn auch die Auslöser zwischen Mensch und Tier (Kuh, Sau, Geflügel) nicht uneingeschränkt übereinstimmen



Abbildung 2: Auslöser von Systemischen Entzündungen bei der Milchkuh (BRADFORD 2015, ergänzt von KOCH und SCHEU 2016)

und die Ausgangssituation zum Teil unterschiedlich ist, so häufen sich doch die deutlichen Hinweise, dass die systemischen chronischen Entzündungen auch bei unseren landwirtschaftlichen Hochleistungstieren als Epidemie des 21. Jahrhunderts bezeichnet werden können (nach HUBER und VON BAEHR 2014). In *Abbildung 2* wird veranschaulicht, welche Stressoren bei der Milchkuh die systemischen Entzündungen auslösen können.

Negative Energiebilanz der Milchkuh: Physiologisch?

In der Diskussion über die negative Energiebilanz wird gerne darauf hingewiesen, diese sei ein von der Natur vorgesehener und daher physiologischer Zustand, insbesondere zu Beginn der Laktation (HOFFMANN 2016). Häufig wird diese Aussage dann noch vermeintlich untermauert mit Hinweisen auf Meeressäuger, die ihren Nachwuchs ganz ohne Nahrungsaufnahme säugen, die stillende Frau oder den Marathonläufer. Einer eingehenderen Betrachtung halten diese Vergleiche jedoch kaum stand. Es ist zwar richtig, dass Meeressäuger während der Laktation keine Nahrung zu sich nehmen. Da aber die Milch nur 0,8 % Laktose enthält, dafür aber 45 % Fett (BJARNSON et al. 2010), ist die Synthese dieser Milch aus den zuvor gebildeten enormen Fettreserven der Mütter kaum problematisch. Zum Marathonläufer ist anzumerken, dass die Dauer der negativen Energiebilanz auf wenige Stunden begrenzt ist. Darüber hinaus leidet der Marathonläufer in den seltensten Fällen unter einer Insulinresistenz und ist darüber hinaus kein Wiederkäuer. Somit ist es für ihn möglich, während der negativen Energiebilanz durch ständige Aufnahme von geeigneten Kohlenhydraten dafür zu sorgen, dass sich der Mangel an Glukose in den Mitochondrien in Grenzen hält. Dass die negative Energiebilanz der stillenden Frau nicht die Dimension wie bei einer laktierenden Hochleistungskuh erreicht, ist sicher vorstellbar. Im Übrigen hat auch die Frau als Monogaster sehr wahrscheinlich weniger Probleme damit als die Kuh, den Energiestoffwechsel ausreichend mit Glukose zu versorgen. Schlussendlich ist bemerkenswert, dass das Phänomen der Ketose aufgrund gesteigerter Körperfettmobilisierung beim Monogaster nicht nachgewiesen ist. Zwar ist eine gesteigerte Ketogenese bei der laktierenden Sau dokumentiert, die aber nicht zu einem Anstieg der Ketonkörper wie bei der Kuh führte. Dies lässt den Schluss zu, dass beim Monogaster die Ketonkörper in der katabolen Phase dem Citratzyklus als Energiequelle für periphere Organe dienen (ROSENBAUM 2013). Daraus ergibt sich, dass die angeführten Beispiele und Vergleiche ungeeignet sind, um zu belegen, dass die negative Energiebilanz der Milchkuh zu Beginn der Laktation sich noch in einem physiologischen Rahmen bewegt.

Die im vorgenannten Text erläuterten Zusammenhänge sowohl hinsichtlich Biochemie und Physiologie als auch hinsichtlich Evolution geben im Gegenteil eher Anlass für erhebliche und begründete Zweifel daran, dass das Ausmaß der negativen Energiebilanz der hochleistenden Milchkuh noch als physiologisch bezeichnet werden kann. BRADE und BRADE (2013) stellen deshalb auch fest, dass Ausmaß und Dauer der negativen Energiebilanz der Milchkuh inzwischen eine Dimension erreicht haben, die als bedeutender Risikofaktor für verschiedene Erkrankungen bzw. Fruchtbarkeitsstörungen angesehen werden müssen.

Praxisrelevanz dieser Zusammenhänge

Welche Folgen diese Zusammenhänge für Stoffwechsel und Krankheitsgeschehen *post partum* haben, wurde jüngst erneut durch die auf diesem Fachgebiet seit langem etablierte Forschergruppe der Universität Piacenza (Italien) nachgewiesen (TREVISI et al. 2015). Im Untersuchungszeitraum 35 Tage *ante partum* bis 28 Tage *post partum* wurde bei 21 Kühen der Gehalt an den proinflammatorischen Cytokinen (PIC, Entzündungsmediatoren) Interleukin-1 β (IL-1 β) und Interleukin-6 (IL-6) gemessen. Danach wurden die Kühe entsprechend den ermittelten Werten in die drei Gruppen hoch, mittel und niedrig eingeteilt. Bereits 28 Tage vor dem Kalben erreichten die PIC ihren höchsten Wert. Die PIC-Konzentration war somit in der späten Trächtigkeit signifikant höher als im ersten Laktationsmonat. Ferner konnte belegt werden, dass die Kühe, die *ante partum* die höchsten PIC-Konzentrationen im Blut aufwiesen, *post partum* auch signifikant häufiger an klinischer Mastitis erkrankten und tendenziell mehr sonstige klinische Erkrankungen aufwiesen. Außerdem war die Trockenmasseaufnahme nach dem Kalben durch hohe PIC-Konzentration vor dem Kalben signifikant erniedrigt. Die Gruppe mit den höchsten Entzündungsparametern vor dem Abkalben nahm nach dem Abkalben 2,2 kg weniger Trockenmasse auf. Ebenso war die Milchleistung in der Gruppe mit den höchsten PIC-Konzentrationen signifikant niedriger. Der Unterschied zwischen der Hoch- und der Niedrig-Gruppe betrug 5,7 kg Milch pro Tag zugunsten der Niedrig-Gruppe. Keine Unterschiede konnten bei den Parametern NEFA, BHB (Ketonkörper) und dem BCS festgestellt werden. Dies unterstreicht das Phänomen, dass Entzündungen den Stoffwechsel bereits dann beeinträchtigen, wenn anhand der klassischen Parameter und/oder phänotypisch an der Kuh noch nichts zu erkennen ist. Die Autoren (TREVISI et al. 2015) konstatieren:

„In der peripartalen Phase werden Immunreaktionen und Entzündungen oft ohne klinische Symptome induziert. Das Verständnis dieses Phänomens ist von großer Bedeutung, um

- **Gesundheit** und
- **Wohlergehen** der Kühe zu verbessern“.

Israelische Wissenschaftler der Universität Hebrew haben 1.847 Kühe in die Gruppen gesund, leichte und schwere Ketose eingeteilt. Die Kühe mit einer leichten Ketose (BHB < 4 mmol/L) bekamen eine orale Propylenglykol-Gabe. Bei den 115 Kühen mit schwerer Ketose (BHB > 4 mmol/L) wurden vier verschiedene Therapien verglichen:

- 500 ml intravenöser Bolus mit 50 % Dextrose, intramuskuläre Injektion von 30 mg Dexamethason (Glucocorticoide) und tägliche Propylenglykol-Gabe.
- Dextrose-Bolus und Dexamethason-Injektion.
- Dextrose-Bolus und tägliche Propylenglykol-Gabe.
- Dexamethason-Injektion und tägliche Propylenglykol-Gabe.

Ergebnisse: Hinsichtlich der Heilungsrate und Milchleistung war die Gruppe 1 am besten, die Gruppe 3 (ohne Glucocorticoide) am schlechtesten. Diese Kühe gaben 1.070 kg weniger Milch. Bei der Fruchtbarkeit schnitten die Kühe mit milden Ketosen (ohne Glucocorticoide)

am schlechtesten ab. Somit waren die glukoplastischen Substanzen ohne den Entzündungshemmer Dexamethason wirkungslos (TOPAGRAR 2012). Dies ist erklärbar. Denn „ein fortbestehender Entzündungsprozess unterbricht oft den Stoffwechsel durch Inhibierung der Insulinregulierung“ (BRADFORD 2015).

Mit zunehmendem Absinken des pH-Wertes im Pansen kommt es zu einer Beeinträchtigung der mikrobiellen Symbiose, die zu einer gesteigerten Freisetzung von Endotoxinen führen kann, wie z.B. Lipopolysacchariden. Diese rufen eine Immunantwort hervor, sobald sie in das Blut gelangen. Dort entfalten sie eine starke proinflammatorische Wirkung (ZEBELI und METZLER-ZEBELI 2012, GRESSLEY 2014). Daraus folgt, dass bei der Rationsgestaltung für die Milchkuh größter Wert auf einen ausreichenden Gehalt an physikalisch effektiver Faser gelegt werden muss. Auch und insbesondere vor diesem Hintergrund sind die Kraftfuttermengen in der Ration der Hochleistungskuh kritisch zu bewerten und zu begrenzen.

Fazit

Die Diskussion um die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen der bereits erfolgten und offensichtlich auch weiter vorangetriebenen Zucht auf höhere Milchleistung, insbesondere bei der Rasse Deutsche Holstein, und gesundheitlichen Problemen der Kühe zweifelsfrei erwiesen ist, wird nach wie vor sehr kontrovers geführt. Bemerkenswert in dem Kontext ist, dass GRAVERT bereits 1980 aufgrund der bekannten Merkmalszusammenhänge zwischen Milchleistung, Körpergröße und Futteraufnahmekapazität das heutige Dilemma erstaunlich genau vorhergesagt hat. Die eingangs zitierten Ausführungen zu den Merkmalsantagonismen in der Rinderzucht von FÜRST und SÖLKNER aus dem Jahre 2002 untermauern die Problematik weiter. Diese züchterisch relevanten Zusammenhänge in Verbindung mit bereits gut dokumentierten Fakten aus der Veterinärmedizin und der Physiologie einerseits sowie den dargestellten Erklärungsansätzen basierend auf biochemischen und physiologischen Zusammenhängen und Ergebnissen aus der Stressforschung in der Humanmedizin andererseits zeigen, dass die aktuelle Ausrichtung der Milchrindzucht mit dem Primat der Milchleistung derzeit zu Recht auf dem Prüfstand steht und sehr kritisch hinterfragt wird. Erhebliche Zweifel sind angebracht, dass Tierernährung und Tiergesundheit noch mithalten können. Für die Fütterungspraxis lassen sich folgende Empfehlungen ableiten:

- Strukturversorgung des Pansens sicherstellen, um einem Absinken des pH-Wertes im Pansen entgegenzuwirken
- Auf hohe Grundfutterqualität achten, damit der Kraftfutteranteil in der Ration so gering wie möglich eingestellt werden kann
- Genau kalkulieren, ob die letzten 2 oder 3 Liter Milch tatsächlich rentabel ermolken werden (abnehmender Grenzertrag, metabolischen Stress reduzieren)
- Entzündungshemmende Komponenten einsetzen, Pflanzenextrakte bieten ein hohes antiinflammatorisches Potential
- Antioxidantien hinzufügen, um oxidativem Stress vorzubeugen, auch hier sei auf die natürlichen Antioxidantien in Pflanzenextrakten hingewiesen

- Betriebswirtschaftliche Kennzahlen im Blick behalten, auch und insbesondere die Fruchtbarkeits- und gesundheitsrelevanten Daten

Literatur

- BERTONI, G., A. MINUTI und E. TREVISI, 2014: Immune system, inflammation and nutrition. Proceedings of the 5th Australasian Dairy Science Symposium 2014, 354-360.
- BJARNSON, B., F. DAUB, D. GILSON, J. KNESER und I. aus der MARK, 2010: Quarks und Co. – Milch – von der Kuh in die Tüte. <http://www1.wdr.de/fernsehen/quarks/sendungen/milch178.html>, besucht am 9.Februar 2017.
- BRADE, W. und E. BRADE, 2013: Die negative Energiebilanz hoch leistender Milchkuhe. *Milchpraxis* 4/2013, 43-46.
- BRADE, W., 2016: Kritische Anmerkungen zur Bewertung des Tierwohls mittels Genotyp-Phänotyp-Beziehungen bei hochleistenden Milchrindern. *Berichte über die Landwirtschaft* 94/3, 1-13.
- BRADFORD, B.J., K. YUAN, J.K. FARNEY, L.K. MAMEDOVA und A.J. CARPENTER, 2015: Review: Inflammation during the transition to lactation: New adventures with an old flame. *J. Dairy. Sci.* 98, 1-20.
- BRUCKMAIER, M. und H. BOLLWEIN, 2015: Energiedefizit hemmt Fruchtbarkeit. *Elite* 6/2015, 48-50.
- EDER, K., 2014: Gesundheitsprobleme der Milchkuh in der Früh lactation – Bedeutung von Entzündungen und ER-Stress. Vortrag, 110. Tagung des Arbeitskreises der Futterberatung für die Länder Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland in Bingen.
- ELITE MAGAZIN online, 2014: MLP-Abschluss 2014. <http://www.elite-magazin.de/news/MLP-Abschluss-2014-Durchschnittsleistung-steigt-um-160-kg-Milch-je-Kuh-1625917.html>, besucht am 6. Februar 2017.
- FÜRLI, M., 2015: Entzündeter Stoffwechsel – Modewort oder klinisch relevant? Präsentation, 15. AVA-Haupttagung der Agrar- und Veterinärakademie (AVA).
- FÜRST, C. und J. SÖLKNER, 2002: Merkmalsantagonismen in der Rinderzucht. In: *Leistungszucht und Leistungsgrenzen beim Rind. Seminar des genetischen Ausschusses der ZAR, Salzburg*, 47-54.
- GRAVERT, O., 1980: Milchleistung und Trockenmasseaufnahme nach dem Kalben. *Der Tierzüchter* 7/1980, 289-290.
- GRESSLEY, T.F., 2014: Inflammatory Response to sub-acute ruminal acidosis. University of Delaware, Department of Animal and Food Sciences. dairy.ifas.ufl.edu/rns/2014/gressley.pdf, besucht am 10. Februar 2017.
- GROSS, F.J. und M. BRUCKMAIER, 2015: Intensive Milchviehfütterung auf der Basis von Grünland. 53. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V., 43-48
- GÜLOW, K. und I.G. HAAS, 2001: Zellulärer Stressabbau: Alles eine Frage der Regulation. *BIOSpektrum* 4, 321-323.
- HOFFMANN, M., 2010: Oxidativer Stress und Rationsgestaltung bei Milchkuhen. Präsentation, Rinderfachtagung 2010/2011 der Agrar- und Veterinär-Akademie (AVA).
- HOFFMANN, M., 2016: Negative Energiebilanz bei Milchkuhen. *Rekasan Journal, Ratgeber für Tierernährung, Tierzucht und Management* 45/46, 4-11.
- HUBER, W. und V. VON BAEHR, 2014: Chronische Systemische Entzündungserkrankungen – eine standardisierte Diagnostik führt zur zielgerichteten Therapie. *umwelt-medizin-gesellschaft* 27, 271-276.

- KALCHREUTER, S., 2012: Pansenazidose und Ketose: Geringere Fruchtbarkeit durch „Zivilisationskrankheiten“? Tiergesundheit aktuell, Ausgabe Rind 02, 2-7.
- KOCH, C. und T. SCHEU, 2016: Stress bei Kälbern und Kühen. Milchpraxis 3/2016.
- LIU, F.T., C.M. BROWN, M.E. GAZZAR, L. McPHAIL, P. MILLET, A. RAO, V.T. VACHHARAJANI, B.K. YOZA und C.E. McCALL, 2012: Review: Fueling the flame: bioenergy couples metabolism and inflammation. *Journal of Leukocyte Biology* 92, 499-507.
- MARTENS, H., 2010: Die Milchkuh: Leistung und Leistungsgrenzen. Präsentation, Rinderfachtagung 2010/2011 der Agrar- und Veterinär-Akademie (AVA).
- MARTENS, H., 2012: Die Milchkuh – Wenn die Leistung zur Last wird. 39. Viehwirtschaftliche Fachtagung 25.-26. April 2012, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 35-42.
- MARTENS, H., 2013: Erkrankungen von Milchkuhen in der frühen Laktationsphase: Risikofaktor negative Energiebilanz und Hyperketonämie. *Tierärztliche Umschau* 68, 463-476.
- MARTENS, H., 2016: Entkopplung der somatotropen Achse: Risiko für den Energiehaushalt (Ketose) und Fruchtbarkeit. 16. AVA-Haupttagung der Agrar- und Veterinär-Akademie (AVA), 86-89.
- MEYDAN, C., S. SHENAR-TSAFARTY und H. SOREQ, 2016: Review: MicroRNA: Regulators of Anxiety and Metabolic Disorders. *Trends in Molecular Medicine* 22, 798-812.
- RINGSEIS, R., D.K. GESSNER und K. EDER, 2014: Molecular insights into the mechanism of liver-associated diseases in early-lactating dairy cows: hypothetical role of endoplasmic reticulum stress. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* DOI: 10.1111/jpn.12263, 1-20.
- ROSENBAUM, S., 2013: Untersuchungen zu genomweiten Veränderungen der Genexpression in der Leber von Sauen während der Laktation. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Ökotrophologie, JLU Gießen, Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement.
- SAPOLSKY, R.M., 2016: Proinflammatory Primates. *Science* 354, 967-968.
- SKAKED, I., A. MEERSON, Y. WOLF, R. AVNI, D. GREENBERG, A. GILBOA-GEFFEN und H. SOREQ, 2009: MircroRNA-132 potentiates cholinergic anti-inflammatory signaling by targeting acetylcholinesterase. *Immunity* 31, 965-973.
- SOREQ, H., 2015: Checks and balances on cholinergic signaling in brain and body function. *Trends in Neurosciences* 38, 448-458.
- SOREQ, H., 2017: persönliche Mitteilung, unveröffentlicht.
- STANGASSINGER, M., 2006: Physiologische Grundlagen von Merkmalsantagonismen bei Milchkuhen. 21. Hülsenberger Gespräche, 48-60.
- STATISTA, 2017: Milchleistung je Kuh in Deutschland in den Jahren 1900 bis 2015 (in Kilogramm). <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/153061/umfrage/durchschnittlicher-milchertrag-je-kuh-in-deutschland-seit-2000/>, besucht am 6. Februar 2017.
- SUNDAR RAJAN, S., V. SRINIVASAN, M. BALASUBRAMANYAM und U. TATU, 2007: Endoplasmatic Reticulum (ER) Stress and diabetes. *Indian J. Med. Res.* 125, 411-424.
- TOP AGRAR, 2012: <https://www.topagrar.com/archiv/Vier-Ketose-Therapien-im-Vergleich-1000478.html>, besucht am 10. Februar 2017.
- TREVISI, E., M. AMADORI, I. ARCHETTI, N. LACETARA und G. BERTONI, 2011: Inflammatory response and acute phase proteins in the transition period of high yielding dairy cows. In: *Acute Phase Proteins as Early Non-Specific Biomarkers of Human and Veterinary Diseases*, Prof. Francisco Veas (Ed.), 355-381.
- TREVISI, E., N. JAHAN, G. BERTONI, A. FERRARI und A. MUTI, 2015: Pro-inflammatory cytokine profile in dairy cows: consequences for new lactation. *Italian J. Anim. Sci.* 14, 285-291.
- WADE, N.W. und J.E. JONES, 2004: Neuroendocrinology of nutritional infertility – Invited Review. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 287, R1277-1296.
- WATHES, C., 2015: GH and IGF-1 uncoupling – consequences and management. Präsentation International Dairy Symposium, Wageningen, 22nd Oct. 2015.
- ZEBELI, Q. und B.U. METZLER-ZEBELI, 2012: Interplay between rumen digestive disorders and diet-induced inflammation in dairy cattle. *Res. Vet. Sci.* 93, 1099-1108.

Precision Livestock Farming als neues Instrument des Herdenmanagements am Beispiel der Kalbe- und Brunsterkennung

Precision Livestock Farming: Diagnostic validity of real time measurement of reticular temperature for the prediction of parturition and estrus in dairy cows

Johann Gasteiner^{1*}, Josef Wolfthaler², Christian Fasching¹, Wolfgang Zollitsch²,
Marco Horn² und Andreas Steinwider¹

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob die kontinuierliche Messung der Vormagentemperatur (VT) dazu eingesetzt werden kann, eine Brunst bzw. Abkalbung frühzeitig zu erkennen. Das Ergebnis zur Beurteilung der Brunsterkennung zeigte eine area under curve (AUC) von durchschnittlich 0,81, bei einer Sensitivität von 79 % und einer Spezifität von 73 % (bei $\Delta 0,35$ °C). Bei der Vorhersage einer nahenden Abkalbung innerhalb von 24 und 48 Stunden wurde eine AUC von 0,99 festgestellt. Bis zu einem Temperaturgrenzwert von $\geq 0,40$ °C wurden jeweils 100 % der Abkalbungen vorhergesagt, bei einer gleichzeitigen hohen Spezifität (89 - 93 %). Die vorliegenden Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Methode der VT-Messung zur Erkennung von Brunsten gut und von bevorstehenden Abkalbungen sehr gut geeignet ist.

Schlagwörter: Milchrind, Vormagentemperatur, Brunsterkennung, Abkalbung, diagnostische Sicherheit

Summary

The suitability of the reticular temperature (RT) as an indicator for expected parturition and estrus of dairy cows was investigated. The mean RT on the day of estrus was 0.15°C higher than it was the day before. The results for heat detection showed an area under curve (AUC) of 0.81 and a sensitivity and specificity of 79% and 73%, when $\Delta 0,35$ °C. A significant effect of parturition on the RT was also found. Up to a temperature threshold of ≥ 0.40 °C, 100% of the parturitions were detected by RT within 24 up to 48 hours, with a specificity of up to 93%.

Keywords: dairy cattle, reticular temperature, heat detection, parturition, test validity

1. Einleitung, Literatur und Fragestellung

Bei steigenden Tierzahlen pro Betrieb wird auch der Trend zur verstärkten Nutzung von Technik und Elektronik zur Bewältigung des Herdenmanagements und zur Erhaltung/Überwachung der Tiergesundheit („Precision Livestock Farming“) immer stärker. Der Einsatz von elektronischen Stallbüchern, Melkrobotern, Fütterungsrobotern sowie die Intensivierung der Milchproduktion werden künftig in vielen Regionen noch zunehmen, denn es fehlt auf den Betrieben zumeist auch an „man power“. Dieser Arbeitskräftemangel, der oftmals auch als Mangel an Zeit zur Tierbeobachtung zum Ausdruck kommt, soll durch technische Lösungen im Bereich des Precision Livestock Farming kompensiert werden. Dies gilt teilweise bereits auch für Nebenerwerbsbetriebe, die sich aufgrund Zeitmangels ebenfalls vermehrt technische Lösungen, z.B. zur Brunsterkennung, zu Nutze machen. Neben der elektronischen Brunsterkennung können auch die Tiergesundheit, über die kontinuierliche Messung der inneren Körpertemperatur und des Pansen-pH-Wertes, oder etwa das Wiederkäuerverhalten

und das Bewegungs-Steh- und Liegeverhalten von Rindern überwacht werden. Auch Lahmheiten, Stoffwechselerkrankungen oder etwa die herannahende bzw. stattgefunden Abkalbung können über spezialisierte Systeme detektiert werden. Die Entwicklungen im Bereich Precision Livestock Farming verlaufen, nicht zuletzt aufgrund der sich enorm entwickelnden technischen Innovationen, rasant. Für die Landwirte, Berater aber auch für Betreuungstierärzte gilt es, sich mit diesen Systemen auseinander zu setzen und entsprechende Kompetenzen auch auf diesem Gebiet zu entwickeln. Im Sinne der Herdenbetreuung ist es von steigender Bedeutung, mit diesen Systemen zu arbeiten bzw. deren Vor- und Nachteile zu kennen und die Ergebnisse interpretieren zu können. Am Beispiel der kontinuierlichen Messung der Pansentemperatur soll im folgenden Beitrag dargestellt werden, wie die diagnostische Sicherheit dieser Messmethode im Hinblick auf die Vorhersage des Abkalbezeitpunktes und der Brunst ermittelt wird.

Die Vormagentemperatur (VT) oder auch Retikulatorumminale Temperatur ist die im Retikulum der Wiederkäuer gemess-

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Tier, Technik und Umwelt, Institut für Bio-Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

² Universität für Bodenkultur, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

* Ansprechpartner: Dipl. ECBHM Dr. Johann Gasteiner, email: johann.gasteiner@raumberg-gumpenstein.at

sene Temperatur. Seit einigen Jahren besteht die technische Möglichkeit, diese Temperatur mittels Sensoren kontinuierlich zu erheben und zeitgleich aus dem Tierkörper heraus zu funkeln sowie über eine Software darzustellen bzw. zu interpretieren (GASTEINER et al. 2012). Dies bietet die Chance, Veränderungen im zeitlichen Verlauf sichtbar zu machen und in weiterer Folge diese Informationen als Tool im Herdenmanagement einzusetzen. Die durchschnittliche VT reicht von 38,52 °C bis 40,14 °C (AOKI et al. 2005, COOPER-PRADO et al. 2011, GASTEINER et al. 2012). Die VT weist eine höhere Standardabweichung auf als die rektal und vaginale gemessene innere Körpertemperatur. Dieser Umstand ist hauptsächlich durch den Einfluss der Futter- und Wasseraufnahme bedingt. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass die Wasseraufnahme einen signifikanten Einfluss auf die VT nimmt (BOEHMER et al. 2009, GASTEINER et al. 2009). Das Absinken der Temperatur fällt umso stärker aus, je niedriger die Temperatur des Wassers ist und je mehr Wasser aufgenommen wird. Die Angaben zur VT müssen sich jedoch auf die VT ohne Trinken beziehen. Durch Trinken verursachte Temperaturveränderungen müssen deshalb vor der Interpretation ausgeschlossen werden (Messwerte unter einem bestimmten Temperaturgrenzwert werden dem Trinken zugeschrieben und eliminiert). GASTEINER et al. (2009) beschrieben den Einfluss der Fütterung auf die VT. Stiere mit einer höheren Kraftfutterzuteilung wiesen eine signifikant höhere VT auf als Stiere mit Weidehaltung und zusätzlicher Heufütterung. Die genannten Untersuchungen bestätigen somit eine höhere VT bei einer höheren Energiekonzentration der Ration. Darüber hinaus finden sich weitere äußere (Umgebungstemperatur, Hitzestress, Tageszeit) und innere Einflüsse (Rasse, Körpergröße, Alter, Geschlecht, Fellfarbe, Laktationszahl, Brunst, Fieber, Stoffwechselerkrankungen etc.) auf die innere Körpertemperatur (IKT) (BURFEIND et al. 2013) und damit auch auf die VT. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll ermittelt werden, ob und wie stark (Δ) die VT bei Milchkühen durch Brunst bzw. Abkalbung beeinflusst wird. Davon abgeleitet soll die diagnostische Sicherheit dieser Aussagen erhoben werden, d.h. wie viel Prozent der Brunstvorkommen bzw. Abkalbungen aufgrund von Veränderungen der VT bei einem bestimmten Temperaturgrenzwert tatsächlich erkannt werden (Sensitivität) und an wie viel Prozent der Tage ohne Brunst bzw. ohne Abkalbung tatsächlich keine Temperaturveränderung auftritt (Spezifität). Aufgrund dieser Ergebnisse sollen Einschätzungen getroffen werden, ob die kontinuierliche Messung der VT als Methode für die Brunsterkennung bzw. zur Vorhersage von Abkalbungen geeignet ist.

2. Material und Methoden

2.1 Tiere

Die verwendeten Daten wurden von Oktober 2012 bis Juli 2013 am Tierbestand der HBLFA Raumberg-Gumpenstein erhoben. Die Betriebe befinden sich im mittleren steirischen Ennstal und liegen auf ca. 680 m Seehöhe. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 7 °C und die Jahresniederschlagsmenge liegt bei 1.014 mm. Es wurden 25 Abkalbungen und 43 Brunstvorkommen von Milchkühen (Braunvieh und Holstein Friesian) dokumentiert. Die klinisch gesunden Tiere wurden ganzjährig im Aussenklimastall mit Cuccetten

gehalten. Alle Abkalbungen erfolgten grundsätzlich unter Aufsicht, womit der Zeitpunkt der Abkalbung bekannt war. Eine Brunst wurde visuell und durch Milchprogesteronbestimmung ermittelt und nur bestätigt, wenn eine Trächtigkeit resultierend aus der Belegung zu eben jener Brunst festgestellt wurde und 275 bis 290 Tage nach dieser Belegung auch tatsächlich eine Abkalbung folgte (retrospektive Bestätigung). Der Tag der erfolgreichen Belegung wurde als Tag der Brunst festgelegt.

2.2 Datenerfassung

Von allen Tieren wurde während der Laktation zweimal täglich die Milchleistung elektronisch erfasst. Für die Analyse von Milchprogesteron wurde dreimal wöchentlich eine kuhindividuelle Milchprobe gezogen. Diese Werte wurden für die Brunstbestimmung herangezogen. Die Messung der VT wurde mit Temperatur-Messsensoren (smaXtec®) durchgeführt. Diese Sensoren in Bolus-Form wurden den Kühen per os eingegeben. Der Zeitpunkt der Eingabe fand zwischen 35 Tage vor bis 30 Tage nach der Abkalbung statt. Ab diesem Zeitpunkt wurde die Temperatur kontinuierlich alle zehn Minuten gemessen und diese Daten wurden im Sensor gespeichert. Die Daten wurden anschließend kabellos per Funk über eine Antenne zu einer Empfangseinheit übertragen. Die Empfangseinheit war über das Internet mit einem Server verbunden. Von diesem Server konnten die Daten mithilfe eines eigens entwickelten EDV-Programms abgerufen und ausgewertet werden. Zusätzlich zur VT wurde auch die Umgebungstemperatur erhoben. Dies erfolgte an der Wetterstation Gumpenstein (710 m Seehöhe, Länge 14° 16' - Breite 47° 30'). Für die Auswertungen wurden sowohl bei der VT als auch bei der Umgebungstemperatur Tages- und 4-Stunden-Mittelwerte gebildet.

2.3 Statistische Auswertung

Für die VT-Auswertung wurden die durch Trinkvorgänge ausgelösten Temperaturabsenkungen aus dem Temperaturdatenmaterial entfernt, wobei ein Trinkvorgang wie folgt definiert wurde: Zeitraum, ab dem eine Temperaturreduktion von über 0,75 °C eintrat, bis zu jenem Zeitpunkt, bei dem der Ausgangswert abzüglich 0,75 °C wieder überschritten wurde, jedoch maximal für die Dauer von 15 Temperaturmessungen = 150 Minuten. Diese Vorgangsweise wurde aus Verhaltensaufzeichnungen und entsprechenden, vorangegangenen VT-Messungen abgeleitet und entspricht auch der Literatur (COOPER-PRADO et al. 2011), weshalb alle Angaben zur VT tatsächlich „VT-Mittelwert ohne Trinken“ darstellen.

2.3.1 Statistische Modelle

Die statistische Auswertung der VT wurde an den Datensätzen durchgeführt und es wurden 4-Stunden-Mittelwerte sowie mehrere Modelle (Identifizierung signifikanter Einflussfaktoren auf die VT rund um Brunst bzw. Abkalbung während Stallhaltung bzw. während Weidehaltung) verwendet. Sämtliche statistischen Modelle wurden mit Hilfe der SAS-Prozedur „mixed“ (proc mixed) und der Option „Least Square Means“ gerechnet. Die Signifikanz-Schwelle wurde mit 0,05 angenommen. Alle Haupteffekte wurden in den Modellen belassen, ungeachtet des Signifikanzniveaus. Wechselwirkungen wurden in das Modell genommen, sofern das Signifikanzniveau bei $p < 0,05$ lag.

2.3.2 Auswertung Brunsterkennung

Da die Möglichkeit bestand, dass die Temperaturerhöhung zur Brunst auch vor oder nach dem Belegungstag stattfand, wurde eine Brunst mit einem Zeitraum von zwei Tagen vor bis einem Tag nach der erfolgten Belegung angenommen. Nicht-Brunst-Zeiträume wurden ebenfalls mit jeweils vier Tagen angenommen, um die Vergleichbarkeit von Brunst und Nicht-Brunst zu gewährleisten. So konnten 942 Nicht-Brunstereignisse mit jeweils vier Tagen ermittelt werden.

Tabelle 1: Vier-Felder-Tafel

	Brunst	Zwischenbrunst
Diagnose +	RP	FP
Diagnose -	FN	RN

RP = Richtig Positiv; FP = Falsch Positiv; FN = Falsch Negativ; RN = Richtig Negativ

Die Brunsterkennung erfolgte im Programm „Excel“ mit der Funktion „WENN“. Der Test fiel positiv aus, wenn die VT im 12-Stunden-Zeitraum, um einen bestimmten Temperaturgrenzwert höher war als im Vergleichszeitraum. Je nachdem, ob eine Brunst stattfand, war das Ergebnis „Richtig Positiv“ (RP) oder „Falsch Positiv“ (FP) (siehe Tabelle 1). Aufgrund dieser Ergebnisse wurden Sensitivität und Spezifität errechnet (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Kennzahlen eines diagnostischen Tests nach FIRK et al. (2002)

Kriterium	Formel
Sensitivität	$RP/(RP+FN)$
Spezifität	$RN/(RN+FP)$
Predicting value positive	$RP/(RP+FP)$
Predicting value negative	$RN/(RN+FN)$

RP = Richtig Positiv; FP = Falsch Positiv; FN = Falsch Negativ; RN = Richtig Negativ

Ausgehend von Sensitivität und Spezifität wurde eine ROC-Analyse (receiver-operating characteristics analysis) durchgeführt.

2.3.3 Auswertung Erkennung einer nahenden Abkalbung

Bei der Auswertung wurde unterschieden zwischen „Abkalbung innerhalb von 24 Stunden“ und „Abkalbung innerhalb von 48 Stunden“. Als Nicht-Abkalbe-Tage wurden die restlichen 5.600 Untersuchungstage bestimmt. Ausgehend von diesen Ergebnissen wurden wiederum Sensitivität und Spezifität errechnet und eine ROC-Analyse zur Bewertung der Aussage „Erkennung einer nahenden Abkalbung“ durchgeführt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die mittlere VT aller untersuchten Tage betrug 39,23 °C ($\pm 0,33$). Während der Stall- bzw. Weideperiode betrug die mittlere VT 39,20 °C ($\pm 0,28$) bzw. 39,13 °C ($\pm 0,29$). Die durchschnittliche Umgebungstemperatur im gesamten Untersuchungszeitraum betrug 4,43 °C ($\pm 7,86$). Während der Stall- bzw. Weideperiode lagen diese Temperaturen bei -0,39 °C ($\pm 4,28$) bzw. 12,96 °C ($\pm 5,69$).

3.1 Erkennen einer bevorstehenden Brunst

Die Brunst beeinflusste die VT signifikant ($p < 0,001$). Die mittlere VT am Tag der Brunst war um 0,15 °C höher als

am Tag davor. Der maximale VT-Vierstundenmittelwert zur Brunst (39,71 °C) war ebenfalls signifikant höher als 24 Stunden zuvor (39,25 °C). Bei einer mittleren Temperaturschwelle von 0,35 °C wurde eine Sensitivität von 69 - 77 % und eine Spezifität von 78 - 81 % erreicht. Die AUC der Brunsterkennung mittels VT lag zwischen 0,79 und 0,81. Dies würde bedeuten, dass während eines Brunstzeitraumes in ca. 80 % der Fälle eine Erhöhung der VT stattfindet. Das entspricht einem mäßig genauen Test. Der Vergleich der Brunsterkennung mittels VT und alternativen Methoden der Brunsterkennung gestaltet sich schwierig und ist nur bedingt möglich. Das Problem besteht darin, dass sehr oft unterschiedliche Kennzahlen angegeben sind, die sich untereinander nicht direkt gegenüberstellen lassen (z.B. Spezifität und Predicting-Value-Negativ). Hinzu kommt, dass es, wie auch von ROELOFS et al. (2010) beschrieben, innerhalb von bestimmten Methoden immense Unterschiede gibt. So reichen die Brunst-Erkennungsraten durch Messung der Milchttemperatur von 50 bis 84 %, durch visuelle Beobachtung von 50 bis 90 % und durch Aktivitätsmessung von 80 bis 100 %. Die Sensitivität der Brunsterkennung mittels VT liegt bei einem mittleren Temperaturgrenzwert zwischen 69 - 77 % bei einer Spezifität von 78 - 81 %. Die ermittelte Sensitivität liegt somit im Bereich der visuellen Brunsterkennung und der Brunsterkennung mittels Milchttemperaturmessung. Aktivitätsmessgeräte erzielen zum Teil etwas bessere Ergebnisse hinsichtlich Sensitivität, wobei dies jedoch oftmals zu Lasten der Spezifität geht. Derzeit findet die Brunsterkennung mittel VT-Messung noch keine Verwendung in der Praxis. ROELOFS et al. (2010) beschrieben, dass die Kombination von verschiedenen Methoden zu einer Optimierung der Brunsterkennung führt. Darum könnte die Brunsterkennung via VT-Messung durchaus in Kombination mit anderen Brunsterkennungsmethoden (z.B. visuelle Brunsterkennung, Aktivitätsmessung etc.) eingesetzt werden, um die Ergebnisse einer Brunsterkennung noch weiter zu optimieren.

3.2 Erkennung einer nahenden Abkalbung

Es wurde auch ein signifikanter Einfluss des Abkalbezeitraums auf die VT festgestellt. Die VT begann drei Tage vor der Abkalbung zu sinken und erreichte einen Tag nach der Abkalbung das Minimum (39,28 °C). Der stärkste Temperaturrückgang (0,43 °C) war zwischen Tag -2 und Tag -1 zu beobachten. Bis zu einem Temperaturrückgang größer gleich 0,40 °C betrug die Sensitivität bei allen Ereignissen 100 %. Die Spezifität bewegte sich gleichzeitig in einem Bereich von 85 bis 95 %. Mit zunehmendem Temperaturgrenzwert stieg auch die Spezifität in Richtung 100 %. Eine AUC von 0,99 zeigt, dass dieser Test mit sehr hoher Sicherheit eine bevorstehende Abkalbung innerhalb von 24 bzw. 48 Stunden erkennen kann. Die VT kann somit sehr gut zur Vorhersage einer Abkalbung verwendet werden.

4. Literatur

- AOKI, A.M., K. KIMURA und O. SUZUKI, 2005: Predicting time of parturition from changing vaginal temperature measured by data-logging apparatus in beef cows with twin fetuses. Anim. Reprod. Sci. 86, 1-12.
- BOEHMER, B., C.L. BAILEY, E.C. WRIGHT und R.P. WETTEMANN, 2009: Effects of temperature of consumed water on rumen tempe-

- perature of beef cows. <http://www.ansi.okstate.edu/research/research-reports1/2009/2009%20Boehmer%20Research%20Report.pdf>, besucht am 26.07.2010.
- BURFEIND, O., V. SUTHAR und W. HEUWIESER, 2013: Messung der Körpertemperatur bei Milchkühen – Methoden und Einflussfaktoren. Tierärztl. Prax. G. N. 41, 56-60.
- COOPER-PRADO, M.J., N.M. LONG, E.C. WRIGHT, C.L. GOAD und R.P. WETTEMANN, 2011: Relationship of ruminal temperature with parturition and estrus of beef cows. J. Anim. Sci. 89, 1020-1027.
- FIRK, R., E. STAMER, W. JUNGE und J. KRIETER, 2002: Automation of estrus detection in dairy cows: a review. Livest. Prod. Sci. 75, 219-232.
- GASTEINER, J., B. BOSWERGER und T. GUGGENBERGER, 2012: Erfahrungen zum praktischen Einsatz des Pansensensors auf Milchviehbetrieben. Prakt. Tierarzt 93, 730-739.
- GASTEINER, J., M. FALLST, S. ROSENKRANZ, J. HÄUSLER, K. SCHNEIDER und T. GUGGENBERGER, 2009: Zum Einsatz einer intraruminalen pH-Datenmesseinheit mit kabelloser Datenübertragung bei Rindern unter verschiedenen Versuchsbedingungen. Wien. Tierärztl. Monat. 96, 188-194.
- ROELOFS, J., F. LOPEZ-GATIUS, R.H. HUNTER, F.J. ERDENBURG und C. VAN HANZEN, 2010: When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. Theriogenology 74, 327-344.

Praktische Erfahrungen mit sensorbasierter Tierüberwachung

Heinrich Simbürger^{1*}

Der Karlbauerhof der Familie Simbürger liegt im Murtal in der Obersteiermark. Betriebsführer Heinrich Simbürger (31) bewirtschaftet gemeinsam mit Lebensgefährtin Claudia und Eltern Berti und Peter Simbürger einen land- und forstwirtschaftlichen Betrieb im Gesamtausmaß von 117 ha. Diese teilen sich auf 80 ha Wald und 37 ha landwirtschaftliche Nutzfläche auf. Das gesamte Grundfutter (Grassilage, Dürrfutter, Weideaufwüchse und Maissilage) wird auf den betriebseigenen Flächen erzeugt und bildet die Basis der Tierhaltung. Diese umfasst 42 Milchkühe der Rasse Braunvieh und 45 Tiere der weiblichen Nachzucht. Die männlichen Tiere werden mit 14 Tagen zur Mast weiterverkauft. Die weiblichen Kälber werden im Kälberstall gehalten, in den ersten drei Wochen in Einzelboxen mit Vollmilchtränke *ad libitum* aufgezogen und anschließend in Gruppenhaltung mit rund 9 Wochen entwöhnt. Bis zum sechsten Lebensmonat werden sie im Jungviehstall in Kleingruppen zu vier Tieren auf Stroh gehalten, ehe sie in der Vegetationsperiode von April bis Oktober zuerst halbtags und später ganztags auf der Weide gehalten bzw. gealpt werden. In den Wintermonaten werden die Jungtiere in Anbindehaltung mit Grassilage- und Heufütterung aufgezogen. Außerdem werden im Jungviehstall die trockenstehenden Kühe in der ersten Phase der Trockenstehzeit in Gruppenbuchten auf Stroh gehalten. Zwei Wochen vor dem Geburtstermin werden die Trockensteher wieder in den im Jahr 2000 neu errichteten Milchkuhstall umgestallt und in die Herde der laktierenden Milchkühe integriert. Der Stall wurde als dreireihiger Offenfrontstall mit Güllekeller, Spaltenboden und Tief- sowie Hochboxen ausgeführt. Das Melkhaus (Doppelvierer-Fischgrät-Melkstand), eine Abkalbebox sowie zwei Kraftfutterstationen wurden ebenfalls in das neue Stallgebäude integriert. Die gesamten Anbau- und Erntearbeiten der Gras- und Maisflächen (Pflügen, Säen, Mähen, Häckseln, Pressen, Wickeln, Einbringen und Verdichten der Silos) sind an Lohnunternehmer ausgelagert,

in Eigenmechanisierung erfolgt die Grünlanddüngung und -pflege, der Pflanzenschutz sowie das Schwaden, die Ernte der kleineren Feldstücke und die Dürrfüttereinbringung. Die Gras- und Maissilage wird in Fahrtilos gelagert, das Dürrfutter wird bodengetrocknet und lose gelagert.

Die Ration der laktierenden Kühe (Grassilage, Maissilage, Eiweißkonzentrat und Salz sowie Mineralfutter) wird einmal täglich frisch mit dem Mischwagen zubereitet und vorgelegt sowie sechs- bis achtmal täglich manuell angeschoben. Die Zuteilung des Kraftfutters über Transponder erfolgt tierindividuell in Abhängigkeit von Milchleistung, Laktationsdauer und Körperkondition. Zusätzlich wird einmal täglich Dürrfutter händisch vorgelegt.

Zur täglichen Routinearbeit gehört neben dem Melken, Füttern und Reinigen auch die sorgsame Betreuung der Transittiere und der Frischmelker. Die tägliche Milchmenge, die Futteraufnahme, die Pansenfüllung, die Körpertemperatur, der Kot und das Haarkleid werden bei der Stallarbeit und beim Futteranschieben ebenso kontrolliert wie das Allgemeinverhalten, die Körperkondition und eventuelle Lahmheitserscheinungen der einzelnen Tiere. Diese Kontrollarbeiten verlangen ein hohes Maß an Aufmerksamkeit und Wissen um die Zusammenhänge der Bedürfnisse im jeweiligen Laktationsstadium.

Eine schrittweise Automatisierung der Kontrolle ist bereits mit der Neuerrichtung des Milchviehstalles passiert, im konkreten Fall sind dies die Messung der Milchmenge zu jeder Melkzeit, sowie die Zuteilung und Auswertung von Kraftfutter über den Transponder. Alle bisher erhobenen Daten über den Output der Tiere (Milchmenge, Molkeidaten, LKV, Kraftfutter, BCS-Kontrolle, Temperatur, Klauenpflegeprotokolle, Ketosetests mittels Blutproben, Eutergesundheitsdienst) dienen der Qualitätssicherung und der Gesundheitsprophylaxe. Das im Dezember 2016 installierte PLF-System (PLF = Precision Livestock Far-



¹ Murstraße 8, A-8755 St. Peter ob Judenburg

* Ansprechpartner: Heinrich Simbürger, email: heinrich.simbuenger@gmx.at

ming) überwacht in Echtzeit die Wiederkautätigkeit und die Aktivität des Einzeltieres und unterstützt die Familie bei der täglichen Kontrollarbeit und weist auf jegliche Abweichungen vom „normalen Tagesverlauf“ des Einzeltieres hin. So können über die Wiederkautätigkeit frühzeitig auftretende Erkrankungen der Verdauung und des Euters schneller erkannt und geeignete Maßnahmen eingeleitet werden. Mit der Aktivitätsmessung ist es möglich geworden, akute Lahmheiten und erhöhte Aktivitäten in Echtzeit zu erkennen, um neben dem Erkennen einer Brunst, deren genauen Verlauf und die Dauer zu dokumentieren sowie als Hilfestellung für die Bestimmung des optimalen Besamungszeitpunktes zu nutzen. Vor allem bei hochlaktierenden Kühen ist die Dauer der Brunst oft auf wenige Stunden begrenzt, auch rangniedere Tiere und erstlaktierende Kühe zeigen laut Erfahrungen des Betriebsführers oftmals weniger deutliche Brunstsymptome als dominante Tiere. Hierfür wird für alle Tiere rund um die Uhr in Echtzeit eine Zeitachse erstellt, auf der sowohl die Aktivität als auch das Wiederkauen linear und zeitlich summiert dargestellt wird. Als zusätzliche Programmfunktionen gibt es verschiedene Möglichkeiten zur Dokumentation von Auffälligkeiten. Diese unterstützen den Betriebsführer dabei den Fokus auf jene Tiere zu legen, die Fruchtbarkeitsprobleme und andere Verhaltensauffälligkeiten aufweisen. Desweiteren ist der eintretende Fortschritt der Genesung nach Erkrankungen gut kontrollierbar. Die tierindividuelle Datenerfassung ermöglicht zudem die Anpassung der Fütterung bzw. das Erkennen langfristiger Abweichungen vom Einzeltierverhalten. Am Betrieb Sim-



bürger führte dies im konkreten Fall zur Vorverlegung des Zeitpunktes der Futtervorlage von nach dem Melken abends (ca. 17 bis 17.30 Uhr) auf vor dem Melken um ca. 16 Uhr. So konnte neben einer leicht angestiegenen Futteraufnahme (ermittelt über die Gesamtfrischmasse der gemischten Ration) eine Erhöhung der Wiederkauzeit um rund dreißig Minuten beobachtet werden und das bei gleichbleibender Restfuttermenge und -qualität von 5 - 7 % der vorgelegten Frischmasse.

Bei der Brunstbeobachtung erfährt die gesamte Familie eine wertvolle Unterstützung. In der bisherigen Anwendung des Systems zeigte sich, dass beinahe alle brünstigen Tiere zuverlässig erkannt werden, vor allem die Unterscheidung zwischen „brünstig“ und „hochaktiv“ und die Dokumentation der Zeiträume ermöglichen eine bildliche Darstellung am Bildschirm und schaffen im Tagesablauf zusätzliche Freiräume. Vor allem zwischen 20 Uhr abends und 6 Uhr früh ist eine persönliche Anwesenheit zur Brunstkontrolle nicht gewährleistet, in diesen 10 Stunden überwacht einzig das System aktiv alle Tiere und zeigt morgens am Bildschirm die Auffälligkeiten der vergangenen Nacht sowie die anstehenden Managementaufgaben rund um die Fruchtbarkeit an. Für die Zukunft plant Familie Simbürger das System auch bei den zuchtreifen Jungtieren einzusetzen, da speziell in den Wintermonaten besamt wird, um eine effektive Brunstbeobachtung in der Anbindehaltung sicherzustellen. Denn bei immer knapper werdenden zeitlichen Ressourcen stellt eine effektive Tierbeobachtung eine wesentliche Herausforderung für das Zeitmanagement dar.



Emissionen aus Milchviehherden – ein komplexer Ansatz für ein komplexes Thema

Emissions from dairy cow herds – a complex approach to a complex subject

Ulrich Dämmgen^{1*}, Wilfried Brade², Hans-Dieter Haenel¹, Claus Rösemann¹,
Jürgen Dämmgen³ und Ulrich Meyer⁴

Zusammenfassung

Emissionen von Gasen und Stäuben haben unerwünschte Veränderungen der Zusammensetzung der Atmosphäre und der atmosphärischen Depositionen zur Folge. Nationale Regelungen und internationale Abkommen haben daher Emissionsminderungen zum Ziel. In der Landwirtschaft in Mitteleuropa trifft dies vor allem für Ammoniak zu, dessen Hauptquelle die Rinderhaltung ist.

Um schätzen zu können, welche Maßnahmen wie wirksam und mit welchen Nebenwirkungen sie gekoppelt sind, werden Stoffflussmodelle eingesetzt. Mit solchen Modellen werden die Einflüsse von Leistung, Nutzungsdauer, Krankheiten und Abgängen und Weidegang sowie die Wahl des Mineraldüngers im Pflanzenbau abgebildet. Die genannten Maßnahmen sind nicht mit zusätzlichen Kosten verbunden.

Leistungssteigerung ist nur dann eine emissionsmindernde Maßnahme, wenn die Menge des erzeugten Produkts nicht zunimmt, im Klartext: wenn als Folge die Herden verkleinert werden. Verbesserung des Tierwohls und Emissionsminderung gehen in die gleiche Richtung.

Schlagwörter: Ammoniak, Leistung, Nutzungsdauer, Gesundheit, Mineraldünger

Summary

The emissions of gasses and particulate matter result in adverse changes in the composition of the atmosphere and the atmospheric deposition. National legislation and international conventions aim at a reduction of the respective emissions. In Central Europe, agriculture is affected as the predominant source of ammonia which itself is coined by emissions from cattle.

In order to assess the effectiveness of measures taken and of the side effects linked to them, mass flow models are used. Such models depict the impact of performance, useful life, illnesses and deaths as well as grazing or the choice of mineral fertilizers in plant production. These measures do not lead to additional costs.

Improved performance leads to emission reductions if production is not expanded – in plain terms: if the number of animals is reduced accordingly. Improvements of animal health and emission reduction work along the same lines.

Keywords: ammonia, performance, useful life, animal health, mineral fertilizer

1. Einleitung

Emissionen aus der Milchviehhaltung – in der Tat ein komplexes Feld. Da ist zum einen die Vielzahl der zu betrachtenden Stoffe, zum anderen die Vielzahl der Quellen, die zu betrachten sind. Das Problem soll in dieser Arbeit dadurch vereinfacht werden, dass es an einem Stoff exemplarisch bearbeitet wird. Wir haben den Stoff ausgewählt, der in der Landwirtschaft derzeit die meisten Probleme bereitet: Ammoniak (NH₃).

1.1 Ammoniak als Luftinhaltsstoff

Dass Luft stofflich ist, weiß man erst seit wenigen hundert Jahren. Über die Zusammensetzung des Stoffgemischs „Luft“, insbesondere über die Spurenstoffe in ihr, weiß man seit wenigen Jahrzehnten Bescheid. Dies gilt insbesondere

für den Problemstoff NH₃. Dass man sich diesem Stoff erst recht spät zugewandt hat, liegt sowohl am gesellschaftlichen (Verhinderungs-)Druck als auch an den Schwierigkeiten der Analytik: NH₃-Konzentrationen in der Umgebungsluft werden in der Regel immer noch nasschemisch bestimmt. Hauptproblem ist die gleichzeitige Anwesenheit von Ammonium (NH₄) in Stäuben. Im Gegensatz zu den klassischen Luftschadstoffen Schwefeldioxid, Schwebstaub oder Ozon sind die NH₃-Konzentrationen kleinräumig äußerst variabel (z.B. LOHRENGEL et al. 2013, VAN ZANTEN et al. 2017). Messnetze, die üblicherweise nur an wenigen Punkten messen, können daher kaum räumlich repräsentative Konzentrationen erfassen.

Bedenkt man, dass die ökotoxikologisch relevante Größe nicht die Konzentration in der Außenluft ist, sondern der Fluss aus der Außenluft ins Rezeptorsystem (DÄMMGEN

¹ Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI), Institut für Agrarklimaschutz, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

² Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo) und Norddeutsches Tierzucht-Beratungsbüro, Zur Koppenheide 8, D-18181 Graal-Müritz

³ Mittelbacher Str. 1/2, D-88416 Ochsenhausen-Hattenburg

⁴ Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Institut für Tierernährung, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

* Ansprechpartner: Ulrich Dämmgen, Dir. Prof. a.D. Dr., email: ulrich.daemmgen@daemmgen.de

et al. 1997), die sogenannte Deposition, so ergibt sich die Schwierigkeit, dass man zu deren Bestimmung entweder räumliche oder zeitliche Konzentrationsgradienten mit hoher Genauigkeit bestimmen muss. Derartige Messungen sind äußerst aufwändig. Man verwendet für die Bestimmung der Dosis oft Ersatzgrößen wie die sogenannte Bestandesdeposition. Alle direkten und indirekten Bestimmungen von Dosis-Wirkung-Beziehungen von NH_3 und Pflanzen deuten darauf hin, dass die N-Einträge über NH_3 ökotoxikologisch bedenklich sind (Eutrophierung).

Routinemäßige Messungen von NH_3 -Konzentrationen in amtlichen Messnetzen beginnen sich zu etablieren, Messungen von vertikalen NH_3 -Flüssen in der Umgebungsluft sind immer noch die Ausnahme.

1.2 Handlungsdruck

Wenn man die Zeitreihen der Konzentrationen der Spurenstoffe betrachtet, erkennt man beunruhigende Trends. Die unerwünschten Folgen der veränderten Konzentrationen sind die Einflüsse auf den Wärmehaushalt der Atmosphäre (Treibhauseffekt), den Stoffhaushalt der Atmosphäre (z.B. Konzentrationen von stratosphärischem und bodennahem Ozon) und den Flüssen aus der Atmosphäre in empfindliche Ökosysteme (Versauerung, Eutrophierung).

Aus Sicht der Landwirtschaft sind dabei die erhöhten CO_2 -Konzentrationen nicht problematisch – die Landwirtschaft wird zumindest teilweise von steigenden CO_2 -Konzentrationen profitieren –, wohl aber die Beiträge der Landwirtschaft zum Anstieg der Konzentrationen von Methan (CH_4), Lachgas (N_2O) und NH_3 . Problematisch sind auch die Konzentrationen an Feinstäuben; diese bestehen (zumindest in Deutschland) zu einem erheblichen Teil aus Ammonium- (NH_4^-) Salzen. Die drei Gase CH_4 , N_2O und NH_3 werden bei der landwirtschaftlichen Produktion emittiert, wobei für NH_3 die Landwirtschaft praktisch die einzige Quelle ist, und zwar sowohl mit der Tier- als auch mit der Pflanzenproduktion.

Mit nationalen und internationalen Regelungen wird versucht, diese unerwünschten Folgen durch emissionsmindernde Maßnahmen zu verringern. Für die Landwirtschaft werden die künftig einzuhaltenden Emissionsobergrenzen mit einiger Sicherheit entweder Produktionsminderungen oder erhebliche Änderungen in den Produktionsverfahren mit sich bringen.

Österreich hat sich bereit erklärt, seine nationalen NH_3 -Emissionen um 12 % nach 2029 zu mindern. Diese Minderung ist erheblich (EU 2016). Es soll jedoch versucht werden, dieses Ziel möglichst ohne Einschränkungen der Produktion „mit effizienzsteigernden Maßnahmen wie stickstoffreduzierter Fütterung, verbesserter Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern (z.B. vermehrte bodennahe Ausbringung), Abdeckung von Güllegruben etc.“ zu erreichen (LANGÄUER 2016).

1.3 Ziel der Arbeit

Diese Arbeit beschränkt sich auf die Untersuchungen von solchen NH_3 -Emissionen, die mit den oben genannten „effizienzsteigernden Maßnahmen“ nicht beeinflusst werden können. Im Vordergrund stehen die Auswirkungen des Herdenmanagements und der Mineraldüngerwahl auf die

NH_3 -Emissionen von Rinderherden bei der Betrachtung der gesamten Produktionskette. Der Beitrag der Landwirtschaft zu den Emissionen von Treibhausgasen (THG) ist von geringerer Bedeutung. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden sie nur kurz behandelt.

2. Material und Methoden (Kurzfassung)

In Deutschland entsteht die Hälfte aller unmittelbar der Landwirtschaft zugeordneten NH_3 -Emissionen in der Rinderhaltung. Die in den Emissionsinventaren eingesetzten Methoden erfassen dabei die Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement (Stall, Lager einschl. Vergärung, Ausbringung). Die Emissionen, die bei der Bereitstellung des Futters entstehen, werden dem Pflanzenbau zugeordnet. Wir haben eine andere Betrachtungsweise gewählt, indem wir versucht haben, die Emissionen und den Stickstoff-(N-)Haushalt für eine fiktive Milchkuhherde in Norddeutschland einschließlich der gesamten Vorkette (von der Erdgasgewinnung über die Mineraldüngerherstellung und Anwendung) zu modellieren.

Die Methoden sind im Detail in DÄMMGEN et al. (2016a) beschrieben. Hier werden lediglich diejenigen Einzelheiten genannt bzw. definiert, die zum Verständnis unbedingt notwendig erscheinen.

2.1 Die Herde

Die betrachtete Herde besteht aus 100 Milchkuhen (Holstein-Friesian) und ihren Nachkommen im Fließgleichgewicht: Jede aus dem Bestand ausscheidende Milchkuh wird unmittelbar durch eine Kuh unmittelbar nach der Geburt ihres ersten Kalbes ersetzt. Variiert werden Leistung, der Anteil der durch Krankheit ausgeschiedenen Tiere und die krankheitsbedingten Milchverluste, Nutzungsdauer und Weidegang.

Die Milchleistung ist eine Funktion der Laktationszahl. Die Kennzeichnung der Leistung erfolgt durch die Angabe einer Nennleistung der Herde. Die Nennleistung ist die mittlere Milchmenge der ersten drei Laktationen.

2.2 Mineraldüngung

Die N-Mengen werden auf die erwarteten Erträge bezogen nach den derzeit gültigen Richtlinien ermittelt (BMELV 2007). Variiert werden die Anteile an N-Düngern mit niedrigen Emissionen (Kalkammonsalpeter, KAS) und hohen Emissionen (Harnstoff, HS), außerdem die Anrechnung des Wirtschaftsdünger-N.

2.3 Wasser, Diesel, elektrische Energie

Die Verbräuche an Wasser (Tränk- und Brauchwasser) sowie an Primärenergieträgern (Diesel, Erdgas, elektrische) im Pflanzenbau bzw. im Stall sind Standard-Tabellenwerken entnommen (KTBL 2014).

2.4 Die Berechnung der Emissionen – komplexe Flüsse

International verbindliche Regelwerke erlauben die Erstellung vergleichbarer Emissionsinventare. Diese Arbeit nutzt EMEP (2013) für die luftverschmutzenden Stoffe

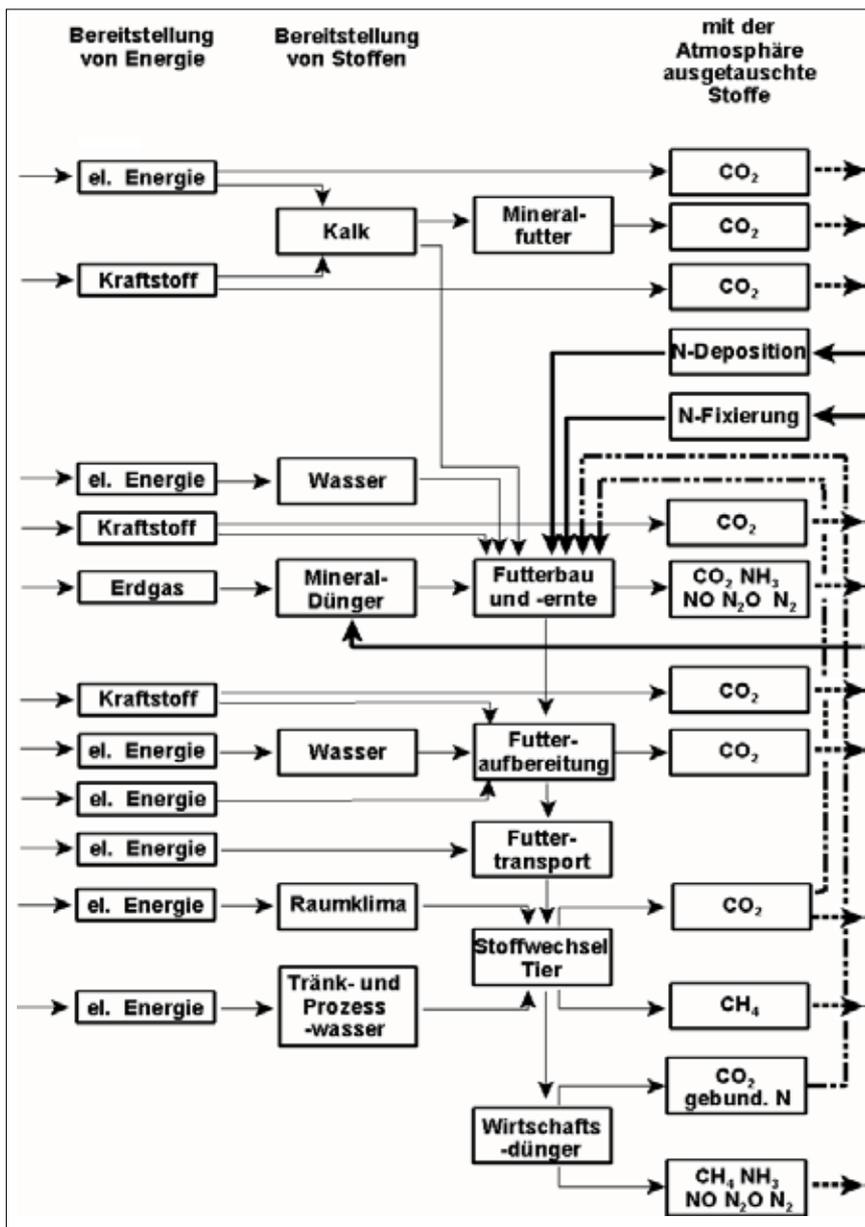


Abbildung 1: Übersicht über die in der Emissionsmodellierung erfassten Flüsse von Stoffen und Energien (aus DÄMMGEN et al. 2017).

Dicke Linien: mit der Atmosphäre ausgetauschte Stoffe; Emissionen gestrichelt, Einträge voll. Dicke strichpunktierte Linien: im Kreislauf geführte Stoffe (C- und N-Spezies). Bereits bei der Bereitstellung der Energieträger (Pfeile am linken Rand), die der Bereitstellung und dem Transport von Stoffen dienen, entstehen Emissionen (dünne Pfeile, CO₂-Emissionen). Am rechten Rand des Bildes wird der Austausch mit der Atmosphäre dargestellt. Gestrichelte Pfeile veranschaulichen Emissionen, dicke, nach innen weisende Pfeile Einträge aus der Atmosphäre (Umwandlung von N₂ zu NH₃ bei der Mineraldüngerherstellung; N-Deposition aus der Gasphase und mit Niederschlägen; N-Fixierung durch Leguminosen). Ein Teil der mit den Wirtschaftsdüngern ausgebrachten N- und C-Mengen dient der Düngung und wird im Kreis geführt (strichpunktierte Linien). Im landwirtschaftlichen Produktionssystem werden die CO₂-Emissionen aus der Atmung der Tiere und aus dem Wirtschaftsdüngermanagement als bilanzneutral angesehen: sie decken in guter Näherung den CO₂-Bedarf der Photosynthese (Grundannahme zur Berechnung der Emissionen von Kohlenstoff-Spezies in IPCC 2006, Vol. 4, Kap. 10). Die CO₂-Mengen aus der Umsetzung von Futterkalk im Tier werden dagegen als Emissionen betrachtet. Atmosphärische Einträge sind die N-Depositionen. Sie sind zwar prinzipiell Teil der N-Bilanz (OECD 2001), werden aber in der landwirtschaftlichen Praxis üblicherweise nicht in die Betrachtungen einbezogen.

(insbesondere NH₃), für die THG IPCC (2006). EMEP (2013) ist auch das Regelwerk für die Berichterstattung im Hinblick auf EU-Richtlinien zu Emissionsobergrenzen.

Die Zusammenhänge zwischen den einzelnen zu berechnenden Flüssen gehen aus *Abbildung 1* hervor. Dabei wird die Komplexität der Beziehungen deutlich; NH₃ ist nur ein Stoff unter vielen.

2.5 Zeit- und Masseneinheiten

Als Zeiteinheit dient eine Zwischenkalbezeit (ZKZ), deren Dauer von der Milchleistung abhängt. Als Masseneinheiten dienen für N-Spezies Megagramm (Mg; 1 Mg = 1.000 kg), für THG Gigagramm CO₂-Äquivalente (Gg CO₂-eq; 1 Gg = 10⁶ kg). Die CO₂-Äquivalente werden nach IPCC (2007) für CH₄ und N₂O unter Berücksichtigung der jeweiligen Treibhausgaspotenziale (global warming potentials, GWP) berechnet.

2.6 Bezugsgröße für produktbezogene Emissionen

Rinderherden liefern Milch und Fleisch für den menschlichen Verzehr. Beide Produkte enthalten als wesentlichen Bestandteil Protein. Unsere Rechnungen bewerten deshalb die Proteinproduktion der Herde pro Laktation aus der Summe von Milchprotein und Fleischprotein.

2.7 Vergleichbarkeit der deutschen und österreichischen Emissionsberechnungen

Die Verfahren zur Quantifizierung der Emissionen sind die in den Emissionsinventaren üblichen. Dabei sind die in Deutschland eingesetzten Verfahren mit den in Österreich angewandten Methoden (vgl. GUGGENBERGER et al. 2015) vergleichbar. Ihnen liegen die gleichen Regelwerke zugrunde. Teilweise sind nationale Daten in gemeinsamer Arbeit entstanden (z.B. DÄMMGEN et al. 2011).

Österreich und Deutschland unterscheiden sich hinsichtlich der Absolutbeträge der Emissionen, aber auch bei den Anteilen der jeweiligen Quellen (*Abbildung 2*): In Deutschland dominieren die der Rinderhaltung zugeschriebenen Emissionen, in Österreich die aus der Mineraldüngeranwendung.

3. Stickstoffbilanz – Emissionsinventare und Stoffflussbetrachtungen

Emissionsinventare beschreiben die nationalen Emissionen zutreffend, lassen aber kaum eine Analyse der Prozesse zu. So wird aus einer Stoffbilanz wie *Abbildung 3* nicht deutlich, dass ein großer Teil der NH_3 -Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung bei der Futtererzeugung entsteht und dass die NH_3 -Emissionen der Industrie im Wesentlichen aus der Mineraldüngerproduktion stammen. Bei der Betrachtung von Minderungspotenzialen ist dies angemessen zu berücksichtigen. Ziel muss es sein, die gesamte Prozesskette im Blick zu haben. Hierzu dienen Stoffflussanalysen.

Eine vereinfachte N-Bilanz, wie sie ohne Nennung einzelner N-Spezies in *Abbildung 3* vorgestellt wird, lässt – bei

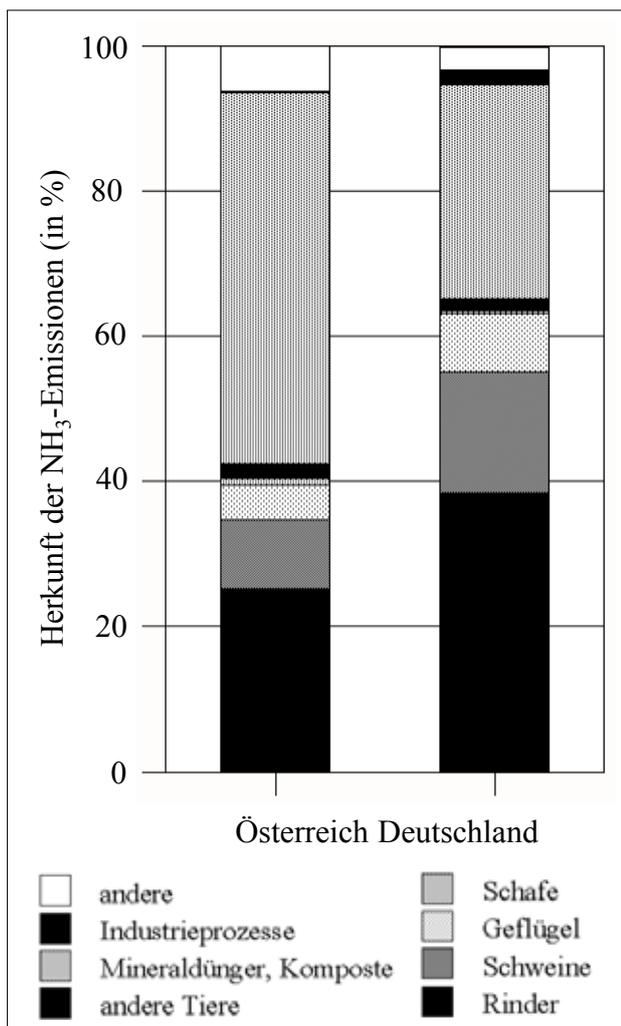


Abbildung 2: Prozentuale Herkunft der NH_3 -Emissionen in Österreich und Deutschland (Daten aus den Informative Inventory Reports für Österreich (UMWELTBUNDESAMT (Wien) 2015) und Deutschland (UMWELTBUNDESAMT (Dessau) 2016)

aller gegebenen Unschärfe – wichtige Zusammenhänge erkennen:

- Viel N wird im Kreis geführt (Subsystem Boden/Pflanze → Subsystem Tier → Ausscheidungen → Subsystem Boden/Pflanze).
- Einer primären Bindung von atmosphärischem N von 29 Mg Herde⁻¹ ZKZ⁻¹ steht eine in Produkten (Milch und Fleisch) gebundene N-Menge von 4,6 Mg Herde⁻¹ ZKZ⁻¹ gegenüber. Die Verluste in Form von Emissionen in die Umwelt sind erheblich. Mehr als zwei Drittel des ursprünglich gebundenen N wurden umsonst fixiert.
- Die Bilanz für das Subsystem Tier ist geschlossen, ebenso die für die Mineraldüngerproduktion. Die Rechnungen für das Subsystem Boden/Pflanze dagegen sind „unscharf“. Die Differenz zwischen Einträgen und Austrägen suggeriert eine Zunahme von Boden-N von 3,5 Mg Herde⁻¹ ZKZ⁻¹. Dies ist durchaus denkbar, kann aber auch durch das Rechenverfahren (Verwendung von Schätzgrößen insbesondere für die Austräge ins Grundwasser) bedingt sein.

Die drei betrachteten Subsysteme Mineraldüngerproduktion, Boden/Pflanze und Tier werden hier jeweils als große Reaktoren in einer Prozesskette zur Synthese von Protein angesehen. Diese Synthese schafft ein hoch geordnetes Produkt: Aus N_2 werden hochwertige Protein-Verbindungen. Ein solcher Vorgang benötigt viel Energie. Er ist von zahlreichen Neben- und Folgereaktionen begleitet, die zu einer so genannten Ausbeute von etwa 16 % (bezogen auf N) führen. Im Vergleich mit komplexen technischen Synthesen ist das nicht schlecht. Ein Teil der Verluste in Neben- und Folgereaktionen ist unvermeidbar, ein anderer jedoch vermeidbar oder zumindest verringerbare. Auf der Suche nach einem im Hinblick auf Ausbeute und Verluste verbesserten Herden- und Düngermanagement (Wirtschaftsdünger und Mineraldünger) wird im Folgenden versucht, die einzelnen emittierenden Vorgänge zu identifizieren, zu bewerten und nach Minderungsmöglichkeiten (mit deren Nebenwirkungen) zu suchen.

4. Was wird wo emittiert?

Für eine Herde mit in Deutschland üblichen Leistungen (*Tabelle 1*) sind die Emissionen in den *Tabellen 2* und *3* aufgeschlüsselt. Man erkennt bei den NH_3 -Emissionen den großen Anteil der Mineraldünger-Anwendung und des Wirtschaftsdüngermanagements. Bei den THG ist die bei weitem wichtigste Quelle die Verdauung (enterische Fermentation im Pansen), gefolgt vom Wirtschaftsdüngermanagement.

Insgesamt belaufen sich die Unterschiede zwischen den Varianten „Stall“ und „Stall und Weide“ für NH_3 auf etwa 5 % und deuten das Potenzial an, das mit konsequenter Weidehaltung erreichbar ist. Die Unterschiede bei den THG betragen lediglich etwa 1 %.

Die geringen Unterschiede bei NH_3 und THG sind eine Folge der Tatsache, dass auch bei Weidegang aller Milchkühe deren Ausscheidungen nur etwa zu einem Siebtel auf die Weidefläche gelangen. Die Milchkühe machen auch nur etwa den dritten Teil der Gesamtherde aus. Zu weiteren Einzelheiten siehe Kapitel 5.3.

5. Sensitivitätsstudie – Untersuchungen von solchen Teilaspekten des komplexen Geschehens, die dem Management ohne oder mit geringen Kosten zugänglich sind

Die hier vorgestellten Untersuchungen benutzen zunächst Datensätze, wie sie aus Milchviehbetrieben in Norddeutschland (Holsteins) erhalten wurden. Die Ergebnisse werden jeweils als absolute (abs.) Emissionen der Herde und relative (rel.) Emissionen je Masseneinheit erzeugten Proteins dargestellt.

5.1 Emissionen und Milchleistung, Flächenbedarf der Futterpflanzen

Leistungssteigerung in der Milchviehhaltung bedeutet zunächst Steigerung der Milchleistung je Laktation. Der züchterische Fortschritt hat in Österreich zwischen 1995 und 2013 zu einer mittleren Leistungssteigerung von etwa 100 kg Kuh⁻¹ a⁻² geführt (UMWELTBUNDESAMT 2015).

Abbildung 4 veranschaulicht die Zusammenhänge zwischen Milchleistung und Emissionen. Es wird deutlich, dass eine Emissionsminderung immer und nur dann erreicht werden kann, wenn die insgesamt erzeugte Milchmenge gleich bleibt, d.h. aber, dass die Zahl der Milchkühe abnehmen muss.

Zunehmende Leistung erfordert den erhöhten Einsatz von Kraftfutter. Abbildung 5 weist den erhöhten absoluten Flächenbedarf der Herde ebenso aus wie die Verringerung des proteinbezogenen Flächenbedarfs. Eine Emissionen verringernde Verkleinerung der Tierbestände hat eine Flächeneinsparung zur Folge. Angesichts des Flächenverbrauchs in Mitteleuropa und der Belastung von Flächen im

(außereuropäischen) Ausland (landgrabbing) ist dies eine willkommene Begleiterscheinung.

5.2. Veränderte Herdenzusammensetzung – Einfluss von Nutzungsdauer und Tierverlusten

Verändern sich die Nutzungsdauer der Milchkühe oder die Tierverluste in der Herde, so resultieren veränderte Herdenzusammensetzungen und damit auch veränderte Emissionen. Die unseren Rechnungen zugrunde liegenden Annahmen zu Tierverlusten, die das Spektrum in Norddeutschland abdecken, sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 5 zeigt, dass der Anteil der Folgelaktationen steigt, wenn die Verluste geringer werden. Dies ist gleichbedeutend mit einer gesteigerten Milchleistung der Herde. Dies hat einen erhöhten Futterbedarf zur Folge. Aus Tabelle 6 geht hervor, dass die Gesamtzahl der zu fütternden Kälber mit zunehmender Zahl der Laktationen und mit abnehmenden Verlusten abnimmt, da immer weniger Milchkühe durch hochtragende Färsen ersetzt werden müssen. Ebenso nimmt die Zahl der zur Remontierung benötigten Aufzucht-färsen ab, die Zahl der Mastfärsen dagegen zu. Die Zahl der Mastbullen nimmt mit abnehmenden Verlusten zu, mit zunehmender Gesamtzahl der Laktationen aber geringfügig ab, da weniger Kälber geboren werden. Bei drei Laktationen und hohen Verlusten ist eine Remontierung zumindest sichergestellt. Derzeit liegt die Nutzungsdauer bei Holsteins in Österreich bei etwa 3,5 Laktationen, bei Fleckvieh 3,8 Laktationen (gleichzeitig Mittelwert für alle österreichischen Milchkühe) (ZAR 2015), in Deutschland bei 3,06 (LISTE 2016, alle deutschen Holstein-Herdbuchkühe).

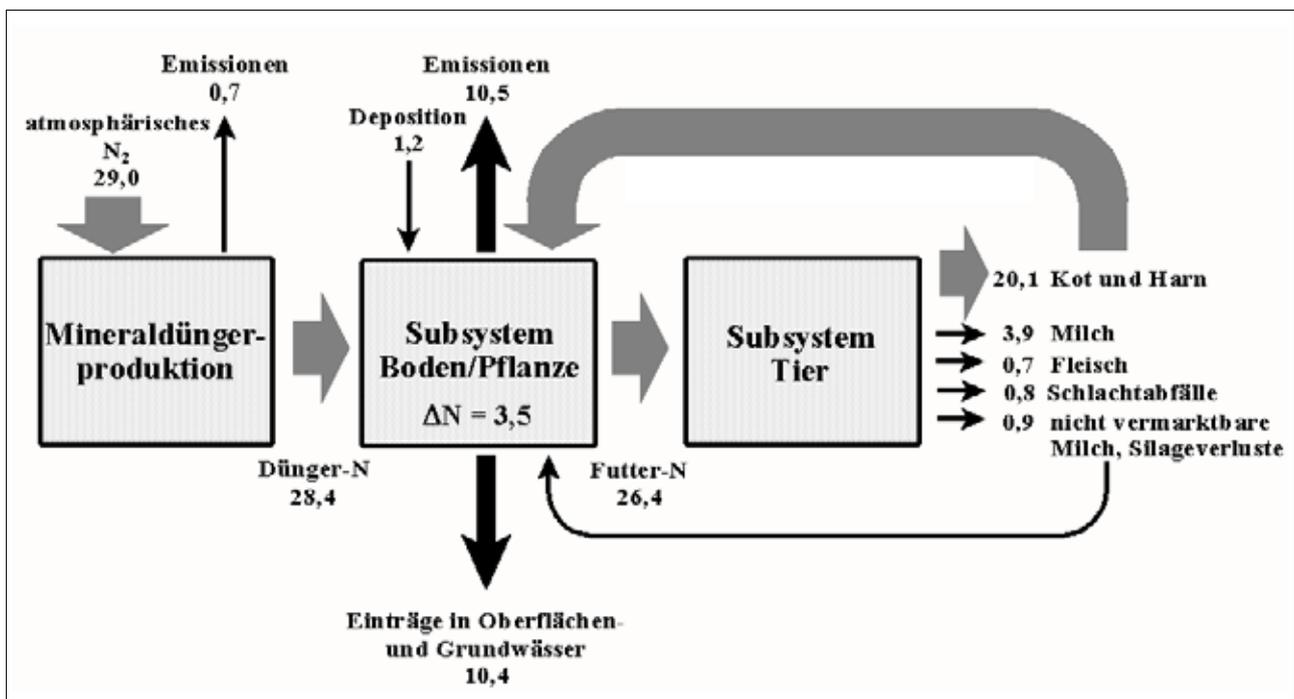


Abbildung 3: Stickstoffbilanz für die Erzeugung von Milch- und Fleischprotein in einer Holstein-Rinderherde unter praxisnahen Bedingungen in Norddeutschland (Angaben in Mg Herde⁻¹ ZKZ⁻¹ N (Standardherde, siehe Tabelle 1), geringe Verluste, Wirtschaftsdüngerausbringung überwiegend mit Schleppläuschen, Mineraldüngermix mit 26 % Harnstoff und 7 % Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung, Rest Kalkammonsalpeter)

Die aus diesen komplexen Betrachtungen resultierenden NH_3 -Emissionen sind in den *Abbildungen 6* und *7* aufgeführt.

Absolute und relative Emissionen weisen in beiden Fällen den gleichen Trend auf. Vermehrte Laktationen und verbesserte Tiergesundheit lohnen sich bei gleichzeitig erhöhter Leistung der Herde.

5.3 Weidegang

Weidegang ist die artgerechte Haltungsform für Rinder. In Norddeutschland ist Weidegang für Milchkühe regional durchaus üblich. Alle Aufzuchtfernen werden im zweiten Sommer ganztags geweidet. Mastrinder werden praktisch ausnahmslos im Stall gehalten. *Abbildung 8* zeigt, dass Weidegang bei Milchkühen – hier 8 h d^{-1} bei einer Weidedauer von 150 d a^{-1} – sich günstig auf die NH_3 -Emissionen auswirkt. Zwar haben die Tiere einen erhöhten Energiebedarf (Bewegungsenergie), ihr Harn dringt jedoch unmittelbar in den Boden ein und verursacht so nur geringe

Tabelle 1: Annahmen zu Leistungsdaten der Tiere der Referenzherde (aus DÄMMGEN et al. 2017)

	Einheit	Betrag
Milchkühe		
Nennleistung	$\text{kg Tier}^{-1} \text{ ZKZ}^{-1}$	8.000
Milchfett		
1. Laktation	kg kg^{-1}	0,0395
Folgelaktationen	kg kg^{-1}	0,0405
Milchprotein		
1. Laktation	kg kg^{-1}	0,0333
Folgelaktationen	kg kg^{-1}	0,0330
Lebendmassen		
vor dem 1. Kalben	kg Tier^{-1}	625
vor dem 2. Kalben	kg Tier^{-1}	675
vor weiteren Kalbungen	kg Tier^{-1}	725
Verluste		gering
Kälber		
Lebendmasse	kg Tier^{-1}	125
Mastfärsen		
Lebendmasse	kg Tier^{-1}	535
tägliche Zunahme	$\text{g Tier}^{-1} \text{ d}^{-1}$	1.000
Mastbullen		
Lebendmasse	kg Tier^{-1}	675
tägliche Zunahme	$\text{g Tier}^{-1} \text{ d}^{-1}$	1.200

Tabelle 2: Aufgeschlüsselte NH_3 -Emissionen der Referenzherde, geordnet nach Bedeutung. Zu Einzelheiten siehe Text (DÄMMGEN et al. 2017)

Quelle	NH_3 -Emissionen in $\text{Mg Herde}^{-1} \text{ ZKZ}^{-1} *$	
	nur Stall	Stall und Weide
Mineraldünger, Ausbringung	5,03	4,64
Wirtschaftdüngermanagement, Ausbringung	3,78	3,55
Wirtschaftdüngermanagement, Stall	2,69	2,53
Mineraldünger, Produktion	0,72	0,71
Wirtschaftdüngermanagement, Güllelager	0,55	0,52
Weidegang, Ausscheidungen	0,04	0,16
Silageverluste (Wirtschaftdüngermanagement)	0,16	0,16
Nicht vermarktbar Milch (Wirtschaftdüngermanagement)	0,01	0,01
Summe	12,98	12,28

* $1 \text{ Mg} = 10^3 \text{ kg}$.

NH_3 -Emissionen. Bei der Beurteilung dieser Minderung muss allerdings bedacht werden, dass dieser Effekt nur für Milchkühe während deren Zeit auf der Weide, d.h. für nur etwa ein Siebtel eines Jahres, wirksam wird.

5.4 Verzicht auf Mineraldünger mit hohen Emissionsfaktoren, bessere Anrechnung des Wirtschaftsdünger-N

Die Anwendung von Mineraldüngern ist eine erhebliche NH_3 -Quelle (*Tabelle 2*). Bei den hier vorgestellten Rechnungen wird etwa ein Drittel der N-Menge mit Düngern mit

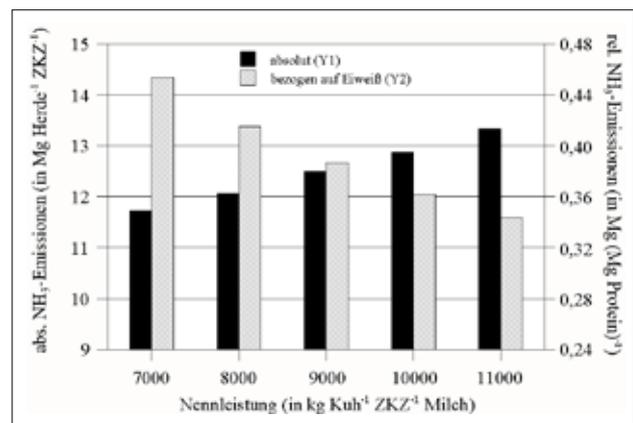


Abbildung 4: Absolute (auf die Herde bezogene) und relative (auf die Proteinmenge bezogene) NH_3 -Emissionen als Funktion der Milchleistung. Andere Daten Standarddaten wie in *Tabelle 1*

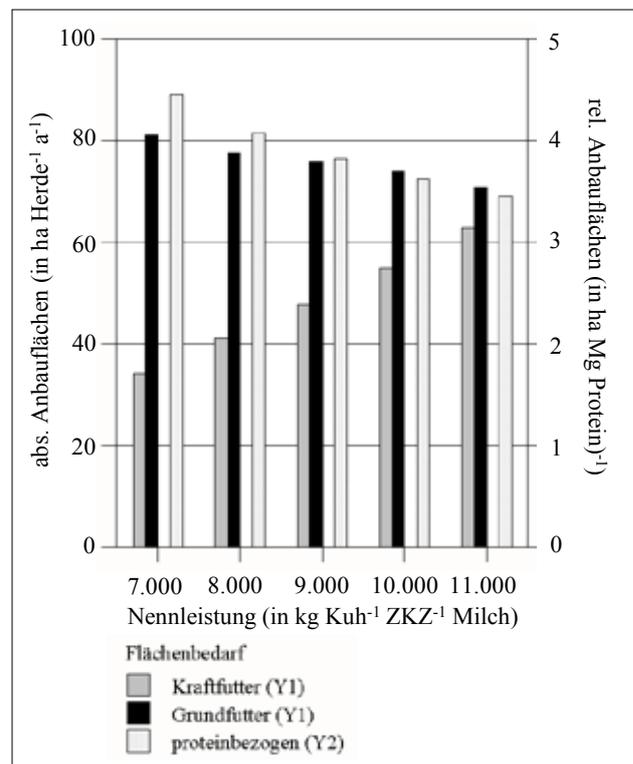


Abbildung 5: Absoluter (auf die Herde bezogener) und relativer (auf die Proteinmenge bezogener) Flächenbedarf als Funktion der Milchleistung

Tabelle 3: Aufgeschlüsselte Treibhausgas-Emissionen der Referenzherde, geordnet nach dem Beitrag zur Treibhausgasemission
(Zu Einzelheiten siehe Text. Für einige Quellen sind THG nur als Summe angegeben)

THG	Gas	GWP	Gase in Mg Herde ⁻¹ ZKZ ⁻¹		THG in Gg Herde ⁻¹ ZKZ ⁻¹ CO ₂ -eq *	
			nur Stall	Stall/ Weide	nur Stall	Stall/ Weide
enterische Fermentation	CH ₄	25	23,8	23,7	0,594	0,593
Wirtschaftsdünger-Management	CH ₄	25	5,49	5,12	0,137	0,128
Mineraldünger, nach Ausbringung	N ₂ O	298	0,35	0,35	0,106	0,105
indirekte Emissionen nach Deposition	N ₂ O	298	0,19	0,18	0,056	0,055
indirekte Emissionen nach Auswaschung	N ₂ O	298	0,16	0,17	0,049	0,050
Wirtschaftsdünger-Management	N ₂ O	298	0,16	0,15	0,047	0,044
Düngegekalk	CO ₂	1	30,78	30,89	0,031	0,031
Verbrennung von Diesel und Heizöl	CO ₂	1	23,32	23,42	0,023	0,023
Harnstoff-Anwendung	CO ₂	1	22,74	22,65	0,023	0,023
Bereitstellung elektrischer Energie	THG	1	15,66	15,77	0,016	0,016
Mineraldünger-Produktion, Kalkbruch	THG	1	12,32	12,27	0,012	0,012
Verbrennung von Erdgas (außer Mineraldünger-Produktion)	CO ₂	1	5,14	5,22	0,005	0,005
Silage-Verluste (Wirtschaftsdünger-Management)	CH ₄	25	0,16	0,15	0,004	0,004
Verbrennung von Diesel und Heizöl	N ₂ O	298	0,009	0,009	0,003	0,003
Silage-Verluste (Wirtschaftsdünger-Management)	N ₂ O	298	0,006	0,006	0,002	0,002
Futterkalk	CO ₂	1	1,37	1,39	0,0014	0,0014
Weidegang, Ausscheidungen	CH ₄	25	0,000	0,046	0,0000	0,0012
nicht vermarktbarer Milch (Wirtschaftsdünger-Management)	CH ₄	25	0,017	0,015	0,0004	0,0004
Verbrennung von Erdgas (außer Mineraldünger-Produktion)	N ₂ O	298	0,0009	0,0009	0,0003	0,0003
nicht vermarktbarer Milch (Wirtschaftsdünger-Management)	N ₂ O	298	0,0004	0,0004	0,0001	0,0001
Verbrennung von Erdgas (außer Mineraldünger-Produktion)	CH ₄	25	0,0009	0,0009	0,0000	0,0000
Summe					1,11	1,10

* 1 Gg = 10⁶ kg**Tabelle 4: Annahmen zu Tierverlusten durch Schlachtung und Verenden** (gerundete Zahlen)

	Verluste durch Schlachtung und Verenden				nutzbarer Anteil (Schlachtung)					
	hoch		mäßig		gering		sehr gering		nutzbarer Anteil	
	Tier	Tier ⁻¹	Tier	Tier ⁻¹	Tier	Tier ⁻¹	Tier	Tier ⁻¹	Tier	Tier ⁻¹
Milchkühe, 1. Laktation	0,20		0,15		0,10		0,05		0,92	
Milchkühe, Folgelaktationen	0,07		0,06		0,05		0,03		0,92	
Kälber insgesamt	0,15		0,125		0,10		0,08		0,0	
Färsenkälber	0,12		0,095		0,07		0,06		0,0	
Bullenkälber	0,18		0,155		0,13		0,10		0,0	
Aufzuchtfärsen	0,02		0,015		0,01		0,01		0,6	
Mastfärsen	0,03		0,025		0,02		0,02		0,6	
Mastbullen	0,06		0,055		0,05		0,04		0,6	

Tabelle 5: Anzahl der zu melkenden und zu fütternden Milchkühe als Funktion der Laktationsnummer, der Gesamtzahl der Laktationen und der Tierverluste (gerundete Zahlen)

Gesamtzahl der Laktationen	Verluste	Tiere Herde ⁻¹ Laktationsnummer					Summe
		1.	2.	3.	4.	5.	
3	hoch	39,3	31,4	29,2			100,0
	mäßig	37,8	32,1	30,2			100,0
	gering	36,3	32,7	31,0			100,0
	sehr gering	34,8	33,1	32,1			100,0
4	hoch	30,9	24,7	23,0	21,4		100,0
	mäßig	29,4	25,0	23,5	22,1		100,0
	gering	28,0	25,2	24,0	22,8		100,0
	sehr gering	26,6	25,2	24,5	23,7		100,0
5	hoch	25,8	20,6	19,2	17,8	16,6	100,0
	mäßig	24,4	20,7	19,5	18,3	17,2	100,0
	gering	23,0	20,7	19,7	18,7	17,8	100,0
	sehr gering	21,6	20,5	19,9	19,3	18,7	100,0

Tabelle 6: Anzahl der in der Herde zu fütternden Tiere außer Milchkühen als Funktion der Zahl der Laktationen und der Tierverluste (gerundete Zahlen)

Gesamtzahl der Laktationen	Verluste	Tiere Herde ⁻¹				
		Färsenkälber	Bullenkälber	Aufzuchtfärsen	Mastfärsen	Mastbullen
3	hoch	50,6	49,0	46,4	0,5	45,3
	mäßig	50,2	48,6	42,8	4,6	45,4
	gering	49,9	48,3	39,2	8,5	45,5
	sehr gering	49,3	47,8	36,2	11,5	45,5
4	hoch	50,2	48,6	36,8	10,1	44,8
	mäßig	49,8	48,3	33,3	14,0	45,0
	gering	49,7	48,1	30,3	17,4	45,3
	sehr gering	49,3	47,7	27,4	20,3	45,5
5	hoch	49,9	48,3	30,5	16,3	44,6
	mäßig	49,7	48,1	27,6	19,7	44,9
	gering	49,6	48,0	25,0	22,7	45,2
	sehr gering	49,2	47,7	22,5	25,2	45,4

hohen Emissionsfaktoren ausgebracht. (NH₃-Emissionen werden auf ausgebrachtes N bezogen.) Sie betragen nach EMEP (2013)⁵ für

Kalkammonsalpeter	0,022 kg (kg N) ⁻¹
Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung	0,125 kg (kg N) ⁻¹
Harnstoff (fest)	0,243 kg (kg N) ⁻¹

Die Düngermengen werden nach der deutschen Düngerverordnung (DüV) auf der Basis der mit den Früchten entzogenen N-Mengen berechnet. Dabei werden die sogenannten unvermeidbaren Verluste pauschal berücksichtigt; vom eingesetzten Wirtschaftsdünger-N wird allerdings nur die Hälfte als Eintrag berechnet, was wiederum mit den Verlusten an die Atmosphäre und Oberflächen- und Grundwässer begründet wird. Werden diese Verluste ausbringungsspezifisch berücksichtigt, wird im Laufe der Zeit fast der gesamte Wirtschaftsdünger-N pflanzenverfügbar. Für die norddeutsche Herde (siehe *Tabelle 1*) wird angenommen, dass Szenario A nach DüV mit dem Düngermix mit 26 % Harnstoff (HS) und 6 % Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung (AHL) gedüngt wird. In Szenario B wird der feste HS je zur Hälfte durch Kalkammonsalpeter (KAS) und AHL ersetzt. In Szenario C wird nur noch KAS gedüngt. In Szenario D wird unter Berücksichtigung der gasförmigen Verluste eine Verfügbarkeit des Wirtschaftsdünger-N von 80 % angenommen.

2013 betrug der Anteil von HS an den ausgebrachten N-Düngern in Österreich etwa 12 % (UMWELTBUNDESAMT 2015). Die Ergebnisse dieser Szenarienrechnungen sind in *Abbildung 9* zusammengestellt.

6. Treibhausgasemissionen

Der Anteil der Landwirtschaft an den nationalen THG-Emissionen ist vergleichsweise gering. Verfolgt man das Ziel, NH₃-Emissionen zu verringern, so werden in der Regel auch die THG-Emissionen verringert. Die Zusammenhänge bei NH₃ und N₂O sind sicher nicht linear; jede Maßnahme, die zu weniger N im System führt, hat auch verringerte N₂O-Emissionen zur Folge.

Wichtigstes THG ist CH₄ aus der Verdauung. Hier sind die relativen Minderungen bei Leistungssteigerung ebenso ge-

geben wie bei den NH₃-Emissionen. Absolute Minderungen ergeben sich auch hier nur, wenn man die Leistungssteigerung zur Verringerung der Bestände nutzt.

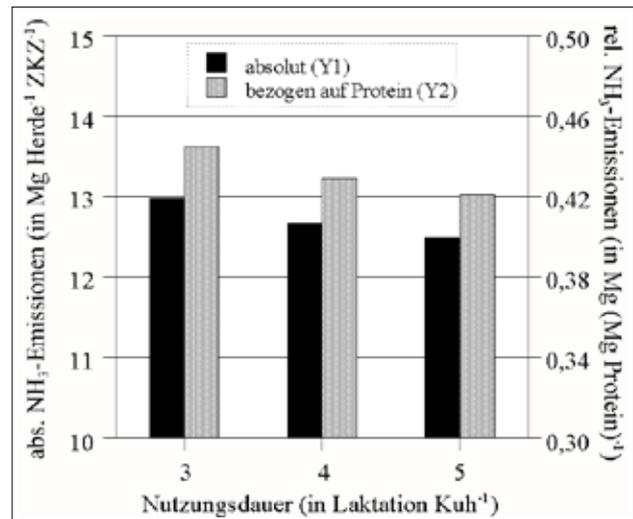


Abbildung 6: Absolute (auf die Herde bezogene) und relative (auf die Proteinmenge bezogene) NH₃-Emissionen der Herde als Funktion der Nutzungsdauer der Milchkühe

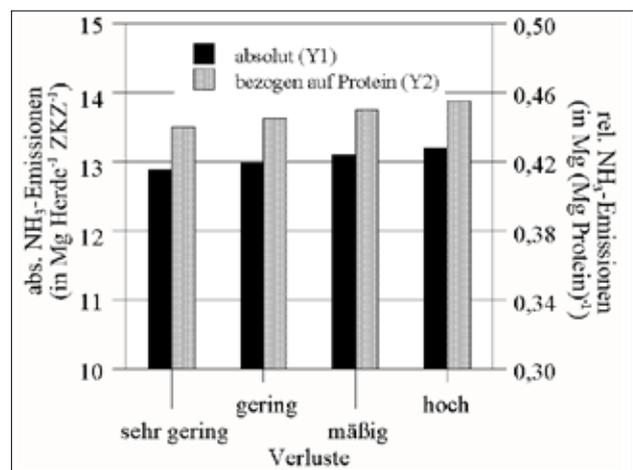


Abbildung 7: Absolute (auf die Herde bezogene) und relative (auf die Proteinmenge bezogene) NH₃-Emissionen als Funktion der Tierverluste der Herde

⁵ Auf die Unsicherheit dieser Emissionsfaktoren, insbesondere bei Harnstoff, sei ausdrücklich hingewiesen.

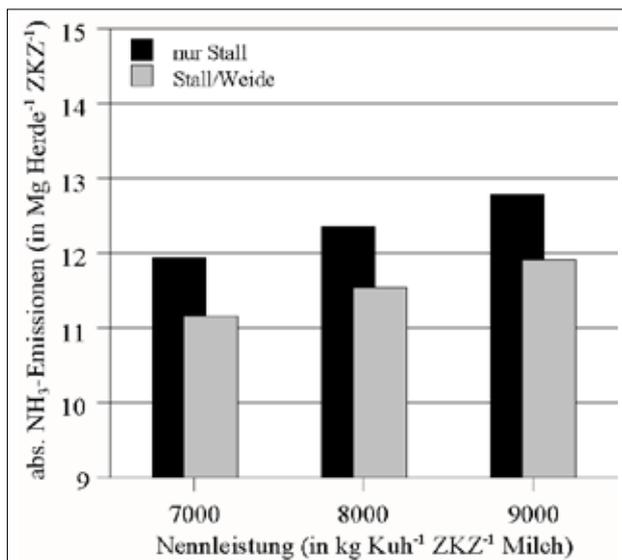


Abbildung 8: Einfluss des Weidegangs der Milchkühe auf die NH_3 -Emissionen der Herde

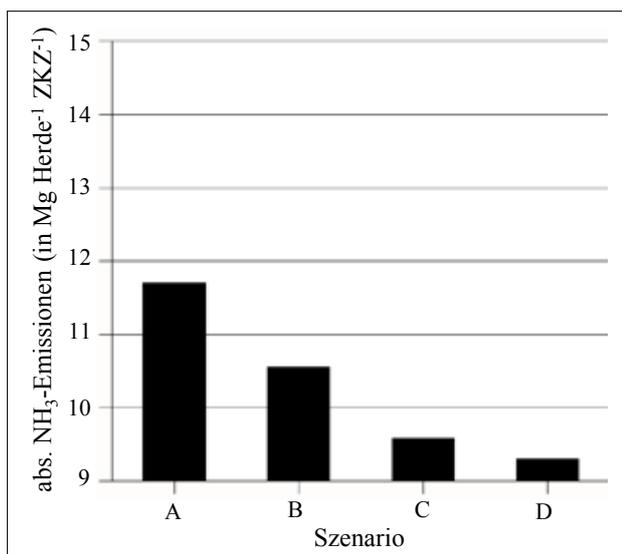


Abbildung 9: Wirkung unterschiedlicher Mineraldünger-Mixe (Szenarien A bis C) und zusätzlich einer verbesserten Anrechnung von Wirtschaftsdünger-N auf die NH_3 -Emissionen (Szenario D). (Zu Einzelheiten siehe Text)

In DÄMMGEN et al. (2016b) werden die Möglichkeiten zur Minderung der THG-Emissionen stets parallel zu denen der NH_3 -Emissionen beschrieben.

7. Diskussion

Übertragbarkeit norddeutscher Erkenntnisse auf die Verhältnisse in Österreich

Die österreichische Milcherzeugung ist deutlich Grünlandbasiert und findet notwendigerweise auch in schwer bewirtschaftbaren Bergregionen statt, vorzugsweise mit Fleckviehkühen. Damit kommt der Kombination der Milch- und Fleischerzeugung eine größere Bedeutung als in der (norddeutschen) Holsteinzucht zu. Das genutzte Modell ist in der Lage, mögliche Rassenunterschiede über

differenzierte Leistungsparameter als Eingangsgrößen zu erfassen.

Generelle Trends wie die vorzugsweise längere Nutzungsdauer der Kühe, weitere Reduzierung der Tierverluste und der punktgenaue Einsatz von Mineraldünger sollten jedoch für Österreich in gleicher Weise, wie hier für Norddeutschland dargestellt, erwartet werden. Das trifft sinngemäß auch für diejenigen Prozesse zu, die in der vorliegenden Arbeit nicht erfasst wurden (etwa Wirtschaftsdüngermanagement einschließlich Biogas-Gewinnung; Erzeugung von Biomilch).

Die derzeitige Nutzungsdauer der Milchkühe ist wirtschaftlich „unter dem Optimum“ (DGFZ-PROJEKT-GRUPPE „Ökonomie und Tiergesundheit“ 2013, MISSFELDT et al. 2015, LISTE 2016).

Neben solchen ökonomischen Betrachtungen dürfen die Perspektiven des Tierschutzes nicht vergessen werden. Wie in Deutschland werden auch in Österreich (und anderen Teilen der Welt) die rasanten Leistungssteigerungen in der Holsteinzucht ihre Schattenseiten gezeigt haben: lang andauernde negative Energiebilanzen in der Früh-laktation im Hochleistungsbereich, Fruchtbarkeits- und Gesundheitsprobleme in Verbindung mit einer sehr kurzen Nutzungsdauer; speziell in den sehr großen (norddeutschen) Herden mit Holsteinrindern (BRADE 2016).

Die durch die extremen metabolischen Höchstleistungen der Milchkuh bedingten Gesundheitsprobleme (z.B. FLEISCHER et al. 2001) sind zum Teil mit erheblichen Leiden der Tiere verbunden. Während Ovarialzysten in erster Linie über eine Verlängerung der ZKZ die Wirtschaftlichkeit beeinflussen, handelt es sich bei den in der Häufigkeit mit der Milchleistung korrelierten Klauenproblemen um sehr schmerzhaft oder beim Milchfieber um eine schwerwiegende, z.T. lebensbedrohliche Erkrankung, die mit Lähmungen, gastrointestinalen Funktionsstörungen und mit Kreislaufkomplikationen einhergeht. Ursache ist eine negative Ca-Bilanz in der Frühphase der Laktation (CONSTABLE et al. 2016). Neben den von Vertretern des Tierschutzes häufig zu Recht kritisierten Haltungsbedingungen sind leistungsbedingte Leiden der Tiere auch aus Sicht des Tierschutzes sehr problematisch. Öffentliche Diskussionen zur Tiergerechtigkeit sind hier längst gegeben und zugehörige Produktionsbedingungen werden zunehmend kritisch hinterfragt.

Machbarkeit und Erfolge

Emissionsminderungen von 12 % erscheinen ohne Einschränkungen der landwirtschaftlichen Produktion nur dann erreichbar, wenn man die Vielzahl möglicher kleiner Schritte nutzt. Die in dieser Arbeit behandelten Maßnahmen verursachen keine zusätzlichen Kosten. Das unterscheidet sie von den meisten technischen Lösungen.

Emissionsmindernde Maßnahmen, wie sie hier für das Ende der Produktionskette (Pflanzenbau, Haltung, Wirtschaftsdüngermanagement) beschrieben wurden, wirken sich auf die Gesamtkette aus. Sie alle bringen eine Optimierung des Stickstoffhaushalts mit sich.

Emissionsminderungen setzen Machbarkeit voraus. Dann allerdings setzt das Machen ein. Im Gegensatz zur Emissionsminderung etwa bei Kraftwerken sind min-

dernde Maßnahmen in der Landwirtschaft oder auch im Individualverkehr dadurch erschwert, dass die Zahl der Entscheidungsträger etwa eine Million mal so groß ist wie bei den Kraftwerksbetreibern. Jeder einzelne muss von der Sinnhaftigkeit seines Tuns überzeugt werden; jeder hat andere Gründe, sich so und nicht anders zu verhalten. Das komplexe Argumentationsgefüge muss mit einfachen Regeln geordnet und überwunden werden. Die Erfahrung mit landwirtschaftlichen Betrieben spricht dafür, dass solche Regeln mit klaren Aufgabenverteilungen und Verantwortlichkeiten durchgesetzt und ihre Einhaltung überprüft werden muss. Einer Gesellschaft von Verbrauchern muss schließlich verdeutlicht werden, dass die Leistungen der Landwirtschaft über den Preis der Produkte (zu denen auch Landschaftsschutz, Artenschutz usw. gehören) angemessen honoriert werden muss.

Ein einfacher Denkansatz: „Wenn A, dann B“ ist offensichtlich fehl am Platze. Das Neuordnen eines komplexen Systems von Stoff- und Energieflüssen benötigt einen komplexen Politikansatz.

Unsicherheiten

Die hier eingesetzten Rechenverfahren für die Quantifizierung der Emissionen sind mit Unsicherheiten behaftet. Deren Größe muss bei der Emissionsberichterstattung zusammengefasst berechnet werden (siehe HAENEL et al. 2016). Für die landwirtschaftlichen NH_3 -Emissionen im Jahr 2014 wurde eine Unsicherheit (halbes 95%-Konfidenzintervall) von 17,4 % berechnet, für den Trend zwischen 1990 und 2014 eine von 3,9 %. Die THG von 2014 weisen eine Unsicherheit von 37,5 % auf, während die Unsicherheit des Trends zwischen 1990 und 2014 bei 12,8 % liegt. In unseren Rechnungen wurden letztlich Vergleichsrechnungen im Rahmen von *ceteris paribus* vorgenommen; die Unterschiede (Trends) werden dadurch zutreffender als die Gesamtbeträge abgebildet.

8. Literatur

- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz), 2007: Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen. Fassung vom 27. Februar 2007. Bundesgesetzblatt Teil 1, 221-240.
- BRADE, W., 2016: Kritische Bewertung der aktuellen Zuchtzielsetzung bei Deutschen Holstein-Rindern. *Prakt. Tierarzt* 97, 810-815.
- CONSTABLE, P.D., K.W. HINCHCLIFF, S.H. DONE und W. GRUENBERG, 2016: *Veterinary Medicine: A Textbook of the Diseases of Cattle, Horses, Sheep, Pigs and Goats*. 11th ed. St Louis MO, Saunders Elsevier.
- DÄMMGEN, U., L. GRÜNHAGE und H.-J. JÄGER, 1997: The description, assessment and meaning of vertical fluxes of matter within ecotopes – a systematic consideration. *Environmental Pollution* 96, 249-260.
- DÄMMGEN, U., B. AMON, S. GYLDENKÆRNE, N.J. HUTCHINGS, H. KLEINE KLAUSING, H.-D. HAENEL und C. RÖSEMANN, 2011: Reassessment of the calculation procedure for the volatile solids excretion rates of cattle and pigs in the Austrian, Danish and German agricultural emission inventories. *Landbauforschung* 61, 115-126.
- DÄMMGEN, U., W. BRADE, U. MEYER, H.-D. HAENEL, C. RÖSEMANN, H. FLESSA, M. STROGIES und M. SCHWERIN, 2016a: Gaseous emissions from protein production with German Holsteins – a mass flow analysis of the entire production chain. 1. Goals, methods and input data. *Landbauforschung Appl. Agric. Forestry Res.* 66, 161-192.
- DÄMMGEN, U., W. BRADE, U. MEYER, H.-D. HAENEL, C. RÖSEMANN, H. FLESSA, M. STROGIES und M. SCHWERIN, 2016b: Gaseous emissions from protein production with German Holsteins – a mass flow analysis of the entire production chain. 2. Results. *Landbauforschung Appl. Agric. Forestry Res.* 66, 193-214.
- DÄMMGEN, U., W. BRADE, H.-D. HAENEL, C. RÖSEMANN, J. DÄMMGEN und U. MEYER, 2017: Emissionen aus der Milchrinderhaltung und ihre Beeinflussung durch das Herdenmanagement. *Tierärztliche Praxis (G)*, im Druck.
- DGFZ (Deutsche Gesellschaft für Züchtungsforschung) Projektgruppe „Ökonomie und Tiergesundheit“, 2013: Die Tierzucht im Spannungsfeld von Leistung und Tiergesundheit – interdisziplinäre Betrachtungen am Beispiel der Rinderzucht. https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=0ahUKEwj382X6tjRAhUqD5oKHdJbDGIQFghKMAc&url=http%3A%2F%2Fwww.dgfz-bonn.de%2Fservices%2Ffiles%2Fpdf%2FStellungnahme%2520zur%2520Nutzungsdauer%2520Rind%25202013_FINAL.pdf&usq=AFQjCNG3RFmqWffbLuODQIOEqxLAW1AbA
- EMEP, 2013. EMEP-EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook – 2013. Technical Report 12/2013. <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>, besucht am 14.11.2016.
- EU (Europäische Union), 2016 - Richtlinie (EU) 2016/2284 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2016 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe, zur Änderung der Richtlinie 2003/35/EG und zur Aufhebung der Richtlinie 2001/81/EG. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L2284&from=EN>
- FLEISCHER, P., M. METZNER, M. BEYERBACH, M. HOEDEMAKER und W. KLEE, 2001: The relationship between milk yield and the incidence of some diseases in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2025-2035.
- GUGGENBERGER, TH., M. HERNDL und M. BYSTRICKY, 2015: Datenverarbeitungskonzept für die Ökobilanzierung. In: Abschlussstagung des Projektes FarmLife, 22.-23.9.2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2015, S. 23-32. [online], <http://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/en/component/jdownloads/viewcategory/3126-farmlife-2015.html>
- HAENEL, H.-D., C. RÖSEMANN, U. DÄMMGEN, A. FREIBAUER, S. WULF, B. EURICH-MENDEN, H. DÖHLER, C. SCHREINER, B. BAUER und B. OSTERBURG, 2016: Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2014. Report on methods and data (RMD) Submission 2016. Braunschweig, Johann Heinrich von Thünen Institut, Thünen Rep 37, 409 S.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2006: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol 2 Energy. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>; Vol 3 Industrial Processes and Product Use. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol3.html>, Vol 4 Agriculture, forestry and other land use. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007: Fourth Assessment Report (AR4), Climate Change 2007. <https://www.ipcc>

- ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html, besucht am 22.11.2016.
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, 2014: Betriebsplanung Landwirtschaft 2014/15. 24. Aufl., Darmstadt: KTBL, 827 S.
- LANGÄUER, M., 2016: Verpflichtende Reduktion von Ammoniak-Emissionen. <https://www.lko.at/verpflichtende-reduktion-von-ammoniak-emissionen+2500+2483307>
- LOHRENGEL, B., A. HAINSCH, U. DÄMMGEN, E. KLASMEIER und M. KÖSTER, 2013: Räumliche und zeitliche Variation von Ammoniak-Konzentrationen in der Außenluft. Immissionsschutz 18, 112-119.
- LISTE, P., 2016: Nutzungsdauer und Lebensleistung steigt. topagraronline, <https://www.topagrar.com/news/Rind-Rindernews-Nutzungsdauer-und-Lebensleistung-steigt-5152451.html>
- MISSFELDT, F., R. MISSFELDT und K. KUWAN, 2015: Ökonomisch optimale Nutzungsdauer von Milchkühen. Züchtungskde. 87, 120-143.
- UMWELTBUNDESAMT, 2015: Austria's Informative Inventory Report (IIR) 2015: Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution.
- VAN ZANTEN, M.C., R.J. WICHINK KRUIT, R. HOOGERBRUGGE, E. VAN DER SWALUW und W.A.J. VAN PUL, 2017: Trends in ammonia measurements in the Netherlands over the period 1993-2014. Atmospheric Environment 148, 352-360.
- ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter), 2015: Zuchtwertschätzung Nutzungsdauer. <http://cgi.zar.at/download/ZWS/Nutzungsdauer.pdf>

Einfluss von Silomais-Sorte und -Erntezeitpunkt auf Futterwert, Futteraufnahme und Milchleistung

*Effect of forage maize variety and harvest date on nutritive value,
feed intake and milk yield*

Georg Terler^{1*}, Leonhard Gruber¹, Sebastian Ortner², Anton Schauer¹, Marc Urdl¹,
Barbara Steiner¹ und Franz Kastenhuber³

Zusammenfassung

Da Maissilage in Gunstlagen ein wichtiges Grundfüttermittel in der Rinderfütterung ist, gilt es den Futterwert von Silomais zu beachten, um hohe Leistungen zu ermöglichen. Neben anderen Faktoren haben Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr einen Einfluss auf die Silomaisqualität. Deshalb wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein dreijähriges Projekt durchgeführt, im Zuge dessen Nährstoffzusammensetzung und ruminale Abbaubarkeit von Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze sowie die Verdaulichkeit, Futteraufnahme und Milchleistung von Gesamtpflanzensilagen verschiedener Sorten untersucht wurden. Neun Sorten (Nuestro, NK Falkone, ES Beatle, Roberto, PR39T45, Ronaldinio, DK315, PR39F58 und Friedrixx) wurden zu drei unterschiedlichen Erntezeitpunkten (50, 55 und 60 % Trockenmasse-Gehalt im Kolben) geerntet, um den Einfluss von Sorte und Reifestadium auf den Futterwert von Silomais analysieren zu können.

Die Nährstoffzusammensetzung wurde vor allem vom Erntezeitpunkt beeinflusst. Mit fortschreitender Reife stieg der Gehalt an Nicht-Faser-Kohlenhydraten (NFC) und sank der Gehalt an Neutral-Detergentien-Faser (NDF) in Kolben und Gesamtpflanze. Weiters ging auch die ruminale Abbaubarkeit von Kolben, Rest- und Gesamtpflanze mit fortschreitender Reife deutlich zurück. Die Sorte hatte einen signifikanten Einfluss auf die ruminale Abbaubarkeit von Rest- und Gesamtpflanze sowie die Verdaulichkeit und den Ertrag der Gesamtpflanze. Hinsichtlich Futteraufnahme und Milchleistung wurden dagegen im Durchschnitt der drei Jahre kaum Unterschiede zwischen den Sorten festgestellt. Die Ergebnisse des Versuchs zeigten jedoch, dass die ruminale Nährstoffabbaubarkeit von Silomais mit der Futteraufnahme und Milchleistung von Kühen positiv korreliert ist. Aus diesem Grund sollten Sorten mit geringer ruminale Abbaubarkeit bzw. Verdaulichkeit sowie späte Erntetermine (über 55 % Trockenmasse-Gehalt im Kolben) vermieden werden, um Maissilagen mit hohem Futterwert produzieren zu können.

Schlagwörter: Sorte, Reifestadium, Nährstoffzusammensetzung, ruminale Abbaubarkeit, Verdaulichkeit

Summary

Due to the fact that corn silage is an important forage in cattle feeding, its feeding value has to be considered in order to enable high yields of the animals. Beside other factors, variety, harvest date and year affect quality of forage maize. Thus, a triannual project was carried out at the AREC Raumberg-Gumpenstein, which aimed to investigate nutrient composition and rumen degradability of stover, ear and whole plant as well as digestibility and production value (feed intake and milk yield) of whole-crop silage from different varieties. Nine varieties (Nuestro, NK Falkone, ES Beatle, Roberto, PR39T45, Ronaldinio, DK315, PR39F58 and Friedrixx) were harvested at three different maturity stages (50, 55 and 60 % dry matter content in ear) to determine the effect of variety and harvest date on nutritive value of corn silage.

Nutrient composition was mainly affected by harvest date and year. Content of non-fiber carbohydrates (NFC) in the ear rose till middle harvest date. Thus, NFC content of whole plant increased with advancing maturity, as well, while content of fibrous components was declining. All three factors (variety, maturity stage and year) had a significant impact on rumen nutrient degradability of stover and whole plant. Rumen nutrient degradability of whole plant sank markedly with progressing maturity. Further, digestibility and yield of whole-crop silage was significantly affected by variety and year, as well. In contrast, minor differences were determined concerning feed intake and milk yield averaged over the three years of investigation. However, results indicate that rumen nutrient degradability has a major impact on feed intake and milk yield of cows. Thus, varieties with low rumen degradability and digestibility as well as late harvest (beyond 55 % dry matter content in ear) should be avoided to enable production of high-quality corn silage.

Keywords: variety, maturity stage, nutrient composition, rumen degradability, digestibility

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Stabstelle Analytik, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

² Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Nutztierwissenschaften, A-1180 Wien

³ Landwirt und Fachschullehrer, A-4654 Bad Wimsbach-Neydhardt

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Georg Terler, email: georg.terler@raumberg-gumpenstein.at

1. Einleitung

Silomais stellt in Gunstlagen einen wichtigen Bestandteil von Milchvieh- und Mastrinderrationen dar. Aufgrund seines hohen Energiegehalts wird er vor allem in der Milchviehfütterung häufig zum Ausgleich des Proteinüberschusses aus dem Grünlandfutter eingesetzt. Damit hohe Leistungen erzielt werden können, sollte bei der Ernte ein möglichst hoher Futterwert erreicht werden. Der Futterwert von Silomais wird jedoch von vielen verschiedenen Faktoren beeinflusst. Zum einen spielt der Anteil des Kolbens an der Gesamtpflanze, zum anderen aber auch die Nährstoffzusammensetzung und Verdaulichkeit von Kolben und Restpflanze eine wichtige Rolle. Diese pflanzenspezifischen Eigenschaften werden wiederum von umwelt- und managementbedingten Faktoren, wie z.B. Sorte, Erntezeitpunkt und Witterung, beeinflusst. Das Ziel der Silomais-Produktion sollte sein, gleichzeitig möglichst hohe Stärkegehalte über den Kolben und eine hohe Verdaulichkeit der Restpflanze zu erzielen (MAINKA 2009).

Allerdings entwickeln sich Stärkegehalt im Kolben und Verdaulichkeit der Restpflanze gegenläufig. Während der Stärkegehalt im Kolben mit zunehmender Reife ansteigt, geht die Restpflanzenverdaulichkeit zurück (THOMET et al. 1986). Die Verdaulichkeit ist jedoch von großer Bedeutung für den Futterwert von Silomais, da sie Futteraufnahme und Milchleistung von Kühen beeinflusst (OBA und ALLEN 1999, IVAN et al. 2005). Deshalb konzentrierte sich die Züchtung von Silomais in den letzten Jahren auf die Verbesserung der Restpflanzenverdaulichkeit, da erkannt wurde, dass in der Restpflanze noch großes Potential liegt, was den Futterwert von Maissilage betrifft (HEIN und GRUBER 2003, ZELLER et al. 2014).

Im amerikanischen Raum wurden in den letzten Jahrzehnten zahlreiche Versuche mit Brown-midrib-3-Sorten durchgeführt (TOVAR-GOMEZ et al. 1997, OBA und ALLEN 1999, BALLARD et al. 2001, BARRIÈRE et al. 2004). Diese weisen im Vergleich zu konventionellen Sorten zwar geringere Erträge aber eine höhere Verdaulichkeit auf und ermöglichen auch eine höhere Futteraufnahme und Milchleistung bei Milchkühen (OBA und ALLEN 1999, BALLARD et al. 2001, BARRIÈRE et al. 2004). In anderen Versuchen wurden Blatt- und Korn-Typen verglichen, wobei die Verdaulichkeit der Maissilagen bei Blatt-Typen höher war als bei Korn-Typen (KUEHN et al. 1999, THOMAS et al. 2001). In Mitteleuropa wurden Versuche zum Vergleich von Sorten unterschiedlicher Reifezahlen durchgeführt, bei welchen sich zeigte, dass Restpflanzen von frühreifen Sorten (niedrige Reifezahl) geringere Gehalte an Neutral-Detergentien-Faser (NDF) sowie Säure-Detergentien-Faser (ADF) und somit eine höhere Verdaulichkeit aufweisen als Restpflanzen von spätreifen Sorten (ZELLER et al. 2009, ZELLER et al. 2014).

Neben der Sorte hat auch der Erntezeitpunkt einen großen Einfluss auf die Nährstoffzusammensetzung und Verdaulichkeit von Restpflanze, Kolben und Gesamtpflanze. Mit zunehmender Reife nehmen vor allem der Gehalt an Faserkohlenhydraten in der Restpflanze (GRUBER et al. 1983, ETTLE und SCHWARZ 2003, ZELLER et al. 2009) und der Gehalt an Nicht-Faser-Kohlenhydraten (NFC) im Kolben (ETTLE und SCHWARZ 2003) zu. In der Gesamtpflanze steigt der Gehalt an löslichen und leicht

verdaulichen Kohlenhydraten an, während der Gehalt an schwer verdaulichen Faserkohlenhydraten sinkt (PEX et al. 1996, BAL et al. 1997, BAL et al. 2000). Das würde für möglichst späte Erntetermine sprechen. Allerdings geht bei späten Erntezeitpunkten sowohl die ruminale Abbaubarkeit und Verdaulichkeit der Restpflanze (GRUBER et al. 1983, AKBAR et al. 2002) als auch jene von Kolben (ETTLE et al. 2001, GRUBER und HEIN 2006) und Gesamtpflanze (BAL et al. 2000, ANDRAE et al. 2001, FILYA 2004) deutlich zurück. Diese Beziehungen unterstreichen, dass der optimale Erntezeitpunkt bei Silomais immer ein Kompromiss aus hohem Stärkegehalt im Kolben und hoher Verdaulichkeit der Restpflanze ist. Der Erntezeitpunkt entscheidet daher auch über den Gehalt an umsetzbarer Energie im Silomais, da dieser wesentlich vom Stärkegehalt und der Verdaulichkeit beeinflusst wird.

Um den Einfluss von Silomais-Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr auf die Nährstoffzusammensetzung, ruminale Abbaubarkeit und Verdaulichkeit sowie Futteraufnahme und Milchleistung von aktuellen Silomais-Sorten zu untersuchen, wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein Forschungsprojekt durchgeführt. Im Zuge dieses Versuchs wurden neun verschiedene Silomais-Sorten unterschiedlicher Reifezahl in drei Jahren angebaut, geerntet und analysiert. Weiters wurde bei den Untersuchungen zur Nährstoffzusammensetzung und zur ruminale Abbaubarkeit zwischen drei Erntezeitpunkten unterschieden, um den Einfluss des Reifestadiums der Maispflanze auf den Futterwert und somit den optimalen Erntezeitpunkt feststellen zu können.

2. Tiere, Material und Methoden

Auf einem Versuchsfeld in Bad Wimsbach-Neydhardt in Oberösterreich wurden in einem dreijährigen Experiment neun verschiedene Silomais-Sorten angebaut, welche von Experten der Landwirtschaftskammern und der AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit) ausgewählt wurden. In *Tabelle 1* sind die neun untersuchten Sorten dargestellt, welche aufgrund ihrer Reifezahl in drei Reifegruppen (RG) eingeteilt wurden (RG 1 = früh bis mittelfrüh reifende Sorten, RG 2 = mittelfrüh bis mittelspät reifende Sorten, RG 3 = mittelspät bis spät reifende Sorten). Die Versuche wurden in den Jahren 2007, 2008 und 2010 durchgeführt. Im Jahr 2009 vernichtete ein schweres Unwetter mit Hagelschlag den Maisbestand.

Alle Sorten wurden jedes Jahr zwischen 25. und 28. April angebaut. Bei der Untersuchung der Nährstoffzusammensetzung und ruminale Abbaubarkeit wurde zwischen drei Erntezeitpunkten unterschieden, welche sich nach dem Gehalt an Trockenmasse (TM) im Kolben richteten („früh“: 50 % TM, „mittel“: 55 % TM, „spät“: 60 % TM). Zu diesem Zweck wurden zu jedem Erntezeitpunkt 30 Pflanzen aus dem Bestand entnommen und der Kolben (Körner und Spindel) von der Restpflanze (Stängel, Blätter und Lieschen) getrennt. Nach der Ernte wurde der Kolben- bzw. Restpflanzenanteil der verschiedenen Maissorten bestimmt. Anschließend wurden Kolben und Restpflanze gehäckselt und in kleinen Kunststoffsilos siliert. Der restliche Bestand wurde zum mittleren Erntezeitpunkt in Rundballen siliert und anschließend für die Verdauungs- und Fütterungsversuche verwendet. Im Zuge der Ernte wurde auch eine Ertragsfeststellung durchgeführt.

Tabelle 1: Übersicht über die im Versuch verwendeten Sorten

Sorte	Reifegruppe	Reifezahl	Firma
Nuestro	1	230	Die Saat
NK Falkone	1	250	Syngenta
ES Beatle	1	260	Euralis/RWA
Roberto	2	270	Saatbau Linz
PR39T45	2	280	Pioneer
Ronaldinio	2	290	KWS/Semena
DK315	3	320	Saatbau Linz
PR39F58	3	320	Pioneer
Friedrixx	3	330	RAGT

2.1 Untersuchungen zur Nährstoffzusammensetzung und ruminalen Abbaubarkeit

Etwa drei Monate nach der Ernte wurden die kleinen Kunststoffsilos entleert und danach die Kolben- und Restpflanzensilagen gefriergetrocknet. Ein Teil dieses getrockneten Materials wurde für die Analyse der Weender Rohnährstoffe, der Gerüstsubstanzen und der Verdaulichkeit *in vivo* (Cellulase-Methode) verwendet. Der Rest des gefriergetrockneten Probenmaterials wurde anschließend zur Untersuchung der ruminalen Abbaubarkeit herangezogen. Alle Analysen (Nährstoffzusammensetzung, ruminale Abbaubarkeit, Verdauungs- und Fütterungsversuch) wurden nach den Methoden des VDLUFA (2012) durchgeführt (Methoden: TM 3.1, Rohprotein (XP) 4.1.1, Rohfett (XL) 5.1.1, Rohfaser (XF) 6.1.1, Rohasche (XA) 8.1, aNDFom 6.5.1, ADFom 6.5.2, Lignin (ADL) 6.5.3, Cellulase 6.6.1).

Die Untersuchungen zur ruminalen Abbaubarkeit erfolgten nach der Methode von ØRSKOV et al. (1980) an vier pansenfistulierten Ochsen. Die Ochsen hatten ein durchschnittliches Lebendgewicht von 1.200 kg und wurden gemäß ihrem Erhaltungsbedarf mit einer Ration bestehend aus je 25 % Heu, Grassilage, Maissilage und Kraftfuttermischung versorgt. Bei der Restpflanze wurden zehn verschiedene Zeitstufen (0, 3, 6, 10, 14, 24, 42, 65, 92 und 120 Stunden) und beim Kolben neun verschiedene Zeitstufen (0, 3, 6, 10, 14, 24, 48, 72 und 96 Stunden) verwendet. Die Zeitstufe 0 wurde nicht inkubiert und diente der Ermittlung der sofort löslichen und rasch abbaubaren Fraktion des Futtermittels. Die detaillierte Methodik der Inkubation der Proben ist bereits in GRUBER et al. (2014) beschrieben, weshalb in diesem Bericht nicht mehr genauer darauf eingegangen wird.

Nach der Inkubation wurden die Probenreste getrocknet und anschließend die TM-Abbaubarkeit der Futtermittel berechnet. Im unabgebauten Material wurden die organische Masse (OM) sowie XP, NDF und NFC analysiert und darauf aufbauend die Abbaubarkeit dieser Nährstoffe bestimmt. Die Nährstoffzusammensetzung und die ruminale Abbaubarkeit der Gesamtpflanze wurden mithilfe des Kolben- bzw. Restpflanzenteils aus den Daten von Kolben und Restpflanze berechnet.

Die Berechnung der potentiellen Abbaubarkeit (PD) erfolgte nach der Formel von ØRSKOV und McDONALD (1979), wobei a die rasch und vollständig lösliche Fraktion, b die potentiell abbaubare Fraktion des Futtermittels,

c die Abbaurrate der Fraktion b und t die Inkubationszeit darstellt:

$$PD = a + b \times (1 - e^{-(c \times t)})$$

Die Berechnung der effektiven Abbaubarkeit (ED) erfolgte nach der Formel von ØRSKOV und McDONALD (1979), welche später von McDONALD (1981) und SÜDEKUM (2005) noch um die lag-time (Verzögerungszeit des Abbaus im Pansen) erweitert wurde:

$$ED = a + (b \times c) / (c + k) \times e^{-(k \times \text{lag})}$$

Als Passageraten (k) wurden in diesem Versuch 2, 5 und 8 %/h verwendet.

2.2 Verdauungsversuch

Von jeder Sorte wurde in jedem Erntejahr ein Verdauungsversuch mit 4 Hammeln (*in vivo*) nach den Leitlinien der GfE (1991) zur Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen durchgeführt. Die Hammeln wurden nahe dem Erhaltungsbedarf gefüttert (1 kg TM pro Tag, in 2 Mahlzeiten), die erforderliche Proteinergänzung erfolgte mit 150 g Sojaextraktionsschrot pro Tag. Zusätzlich erhielten die Tiere 20 g Mineralfutter und 4 g Viehsalz pro Tag. Die Aufnahme an Futter und die Ausscheidung an Kot wurden täglich festgestellt. Die Tiere wurden in Stoffwechsellagigen gehalten. Der Versuch dauerte 4 Wochen, wobei die ersten 2 Wochen zur Anpassung an das Futtermittel dienten und in den beiden letzten Wochen die quantitative Erfassung der Futteraufnahme und Kotsausscheidung erfolgte. Auch die Analyse des Kotes für die Verdauungsversuche wurde nach den Methoden der VDLUFA (2012) durchgeführt, wobei der Gehalt an N im frischen Material bestimmt wurde, um N-Verluste während der Trocknung zu umgehen.

Die Berechnung des Gehalts an umsetzbarer Energie (ME) und Nettoenergie Laktation (NEL) erfolgte nach den Vorgaben der GfE (2001) unter Verwendung der im Verdauungsversuch bestimmten Verdaulichkeit. Die zur Ermittlung des Proteinwertes (nXP, RNB) erforderlichen Angaben zum Gehalt an unabgebautem Protein (UDP) wurden der DLG-Tabelle für Wiederkäuer (DLG 1997) entnommen.

2.3 Fütterungsversuch

Der Fütterungsversuch wurde als unvollständiges lateinisches Quadrat mit neun laktierenden Milchkühen der Rassen Brown Swiss, Fleckvieh und Holstein Friesian durchgeführt. Der Versuchsplan sah vor, dass jede Kuh in jedem Jahr je eine Sorte aus jeder Reifegruppe erhielt, sodass jede Sorte bei drei verschiedenen Kühen getestet wurde (Tabelle 2). Eine Versuchsperiode dauerte vier Wochen, wobei die ersten zwei Wochen als Angewöhnungsphase an die neue Sorte und die letzten zwei Wochen der Datenerfassung dienten.

Die Milchkühe wurden zweimal täglich (ab 05:30 und 16:30) gefüttert, wobei die Ration aus 75 % Maissilage (jeweilige Sorte), 8,5 % Heu und 16,5 % Sojaextraktionsschrot 44 (auf TM bezogen) bestand. Zusätzlich erhielten die Kühe Mineralfutter, Viehsalz und Futterkalk. Die Tiere wurden *ad libitum* gefüttert, wobei alle Komponenten separat verabreicht wurden. Ab einer Milchleistung von 26 kg/Tag erhielten die Kühe zusätzlich auch 0,39 kg Leistungskraftfutter pro kg zusätzlicher Milchleistung, welches aus 83,5 % Gerste und 16,5 % Sojaextraktionsschrot 44 bestand.

Tabelle 2: Versuchsdesign für den Fütterungsversuch

Kuh	Periode 1	Periode 2	Periode 3
1	<i>Nuestro</i>	<u>DK315</u>	Roberto
2	<i>NK Falkone</i>	<u>PR39F58</u>	PR39T45
3	<i>ES Beatle</i>	<u>Friedrixx</u>	Ronaldinio
4	Roberto	<i>Nuestro</i>	<u>DK315</u>
5	PR39T45	<i>NK Falkone</i>	<u>PR39F58</u>
6	Ronaldinio	<i>ES Beatle</i>	<u>Friedrixx</u>
7	<u>DK315</u>	Roberto	<i>Nuestro</i>
8	<u>PR39F58</u>	PR39T45	<i>NK Falkone</i>
9	<u>Friedrixx</u>	Ronaldinio	<i>ES Beatle</i>

Kursiv = Reifegruppe 1, Fett = Reifegruppe 2, Unterstrichen = Reifegruppe 3

Die Futteraufnahme der Kühe wurde täglich individuell erhoben. Der TM-Gehalt der Maissilage wurde täglich und jener der anderen Versuchsfuttermittel (Heu und Kraftfutter) wurde wöchentlich aus einer Sammelprobe durch Trocknung bei 105 °C für 24 Stunden ermittelt. Die bei der Trocknung von Silagen entstehenden Verluste an flüchtigen Fettsäuren, wurden nach den Angaben von WEISSBACH und KUHLA (1995) korrigiert. Die chemische Analyse der Maissilage erfolgte aus 2-wöchigen und jene der weiteren Futtermittel aus 4-wöchigen Sammelproben.

Die Milchkühe wurden zweimal täglich (ab 05:00 und 16:00) gemolken. Jeden Tag während der Versuchsperiode wurde die Milchmenge aus Morgen- und Abendgemelk berechnet und eine Mischprobe aus beiden Gemelken zur Analyse der Milch Inhaltsstoffe in das Qualitätslabor St. Michael (Steiermark) geschickt.

Tabelle 3: Nährstoffzusammensetzung und effektive Abbaubarkeit der Restpflanze in Abhängigkeit von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr

	Nährstoffzusammensetzung						effektive Abbaubarkeit ²					
	TM g/kg FM	OM	XP	NDF - g/kg TM -	ADF	ADL	NFC	ME ¹ MJ/kg TM	TM	OM	XP	NDF
Sorte												
Nuestro	194 ^{abc}	927	63	642	408	43 ^b	204	7,46 ^a	31,7 ^a	29,3 ^a	70,8 ^{ab}	20,1
NK Falkone	211 ^a	931	59	656	426	52 ^a	200	7,24 ^{ab}	28,8 ^{abc}	26,6 ^{ab}	68,4 ^{abc}	19,3
ES Beatle	186 ^c	930	63	666	434	53 ^a	185	7,02 ^{ab}	30,9 ^a	28,7 ^a	71,4 ^a	19,6
Roberto	195 ^{abc}	927	57	660	433	45 ^{ab}	195	7,24 ^{ab}	29,8 ^{ab}	27,5 ^{ab}	68,4 ^{abc}	20,5
PR39T45	208 ^{ab}	930	59	688	442	52 ^a	169	6,69 ^b	24,8 ^c	22,9 ^b	66,2 ^c	17,3
Ronaldinio	212 ^a	932	59	671	430	46 ^{ab}	188	7,12 ^{ab}	28,9 ^{abc}	26,9 ^{ab}	68,3 ^{abc}	19,8
DK315	183 ^c	933	61	661	423	46 ^{ab}	195	7,11 ^{ab}	29,1 ^{abc}	27,4 ^{ab}	68,3 ^{abc}	18,8
PR39F58	199 ^{abc}	929	61	677	436	48 ^{ab}	176	6,86 ^b	25,1 ^{bc}	22,8 ^b	68,2 ^{abc}	17,8
Friedrixx	190 ^{bc}	930	62	656	423	48 ^{ab}	197	7,05 ^{ab}	28,9 ^{abc}	27,0 ^{ab}	67,6 ^{bc}	18,9
Erntezeitpunkt												
Früh	180 ^c	930	65 ^a	656	425	48	193	7,27 ^a	28,6 ^b	26,5 ^{ab}	69,6 ^a	18,9 ^b
Mittel	190 ^b	930	59 ^b	663	430	48	192	7,00 ^b	30,9 ^a	28,6 ^a	69,4 ^a	20,3 ^a
Spät	223 ^a	931	57 ^b	673	430	48	186	7,00 ^b	26,5 ^c	24,5 ^b	66,9 ^b	18,2 ^b
Jahr												
2007	175 ^b	931	71 ^a	659	429	49	185	7,36 ^a	30,5 ^a	28,0 ^a	73,9 ^a	18,4 ^b
2008	211 ^a	928	53 ^c	665	420	47	194	6,85 ^b	26,2 ^b	24,5 ^b	65,3 ^b	18,0 ^b
2010	207 ^a	931	57 ^b	668	436	49	191	7,05 ^b	29,3 ^a	27,2 ^a	66,7 ^b	21,0 ^a
p Sorte	<0,001	0,032	0,042	0,060	0,185	0,003	0,151	0,011	<0,001	0,001	0,005	0,034
p Ernte	<0,001	0,631	<0,001	0,075	0,702	0,893	0,598	0,020	<0,001	<0,001	0,001	0,001
p Jahr	<0,001	0,075	<0,001	0,490	0,052	0,246	0,479	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001
p Sorte × Ernte	0,593	0,449	0,124	0,231	0,265	0,618	0,472	0,201	0,670	0,684	0,966	0,052
p Sorte × Jahr	0,072	0,054	0,007	0,134	0,050	0,001	0,244	0,019	0,331	0,369	0,527	0,095
p Ernte × Jahr	<0,001	0,022	<0,001	0,009	0,053	0,950	0,019	<0,001	0,764	0,916	<0,001	0,009
RSD	13	4	27	24	5	27	0,38		2,9	3,0	2,4	1,9
R ²	86,2	32,9	84,0	33,0	29,8	41,6	19,1	55,1	56,5	48,1	79,4	59,3

¹ nach Cellulase-Methode bestimmt, ² Passagerate k=5 %/h

2.4 Statistische Auswertung

Die Datenkontrolle wurde mit dem Programm Statgraphics Centurion XVII durchgeführt. Die Auswertung des Ertrags, der Nährstoffzusammensetzung, der Verdaulichkeit und der ruminalen Abbaubarkeit erfolgte ebenfalls mit diesem Programm. Der Fütterungsversuch wurde mit dem Statistikprogramm SAS 9.4 ausgewertet. Aufgrund der unterschiedlichen Datengrundlagen (ein oder mehrere Erntezeitpunkte) wurden bei den einzelnen Untersuchungen verschiedene Modelle verwendet. Im Folgenden sind die Auswertungsmodelle stichwortartig beschrieben:

Ertrag: Varianzanalyse; Einflussfaktoren: Sorte, Jahr; Wechselwirkungen: keine

Nährstoffzusammensetzung: Allgemeines lineares Modell (GLM); Einflussfaktoren: Sorte, Erntezeitpunkt, Jahr; Wechselwirkungen: Sorte×Erntezeitpunkt, Sorte×Jahr, Erntezeitpunkt×Jahr

Ruminale Abbaubarkeit: Allgemeines lineares Modell (GLM); Einflussfaktoren: Sorte, Erntezeitpunkt, Jahr; Wechselwirkungen: Sorte×Erntezeitpunkt, Sorte×Jahr, Erntezeitpunkt×Jahr

Verdaulichkeit: Varianzanalyse; Einflussfaktoren: Sorte, Jahr; Wechselwirkungen: keine

Fütterungsversuch: gemischtes Modell (MIXED); Einflussfaktoren: Sorte, Jahr, Periode; Wechselwirkung: Sorte×Jahr; Random: Tier(Jahr)/type=vc; Repeated: Woche (Periode)/type=ar(1), sub Tier(Sorte)

Beim gemischten Modell wurde die geeignete Kovarianzstruktur mit Hilfe der Anpassungsstatistik (AIC, BIC) ausgewählt. Die paarweisen Mittelwertvergleiche wurden bei allen Untersuchungen mit dem Tukey-Test durchgeführt. Als Signifikanzniveau wurde jeweils ein p-Wert von 0,05 angenommen. Signifikante Unterschiede zwischen Sorten, Erntezeitpunkten bzw. Jahren wurden mit unterschiedlichen Hochbuchstaben (a, b, c, ...) gekennzeichnet.

3. Ergebnisse

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse aus diesem Versuch dargestellt und beschrieben. Detailliertere Ergebnisse finden sich im Abschlussbericht des Projekts „Silomais9“ (TERLER et al. 2016).

3.1 Futterwert der Restpflanze

Die Sorte hatte einen signifikanten Einfluss auf den Gehalt an OM, XP, ADL und ME in der Restpflanze (Tabelle 3). Der Energiegehalt schwankte zwischen 6,69 MJ ME (PR39T45) und 7,46 MJ ME (Nuestro). Der Erntezeitpunkt und das Jahr beeinflussten jeweils den XP- und ME-Gehalt der Restpflanze signifikant, während bei allen anderen Nährstoffen kein Unterschied zwischen den Erntezeitpunkten und Jahren festgestellt wurde.

Im Gegensatz dazu hatten alle drei Faktoren (Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr) einen signifikanten Einfluss auf die effektive Abbaubarkeit von TM, OM, XP und NDF (bei einer Passagerate von 5 %/h). Hierbei zeigte sich,

dass die beiden Sorten mit dem geringsten Energiegehalt des Futters (PR39T45 und PR39F58) auch die geringste effektive TM-, OM- und NDF-Abbaubarkeit aufwiesen. Die Differenz zwischen der Sorte mit der höchsten OM-Abbaubarkeit (Nuestro, 29,3 %) und jener mit der niedrigsten (PR39F58, 22,8 %) betrug absolut 6,5 %. Die höchste effektive Abbaubarkeit der Nährstoffe wurde zum mittleren Erntezeitpunkt erreicht. Während der Unterschied zwischen erstem und zweitem Erntezeitpunkt nur bei der effektiven TM- und NDF-Abbaubarkeit signifikant war, nahm die effektive Abbaubarkeit aller Nährstoffe zwischen mittlerem und spätem Erntezeitpunkt deutlich ab. Die signifikanten Unterschiede zwischen den Jahren lassen darauf schließen, dass auch die Witterung während der Reifeperiode einen Einfluss auf die effektive Abbaubarkeit der Restpflanze hat.

3.2 Futterwert des Kolbens

Die Sorten unterschieden sich lediglich hinsichtlich des XP-Gehalts im Kolben signifikant voneinander (Tabelle 4). Tendenziell (p-Wert zwischen 0,05 und 0,10) zeigten sich auch Unterschiede zwischen den Sorten hinsichtlich des NFC-Gehalts sowie der effektiven TM- und OM-Abbaubarkeit des Kolbens. Mit Ausnahme von XP und ADL wurde der Gehalt aller Inhaltsstoffe sowie die effektive Abbaubarkeit von TM, OM, XP und NFC signifikant vom Erntezeitpunkt beeinflusst. Während der NDF- und ADF-Gehalt zwischen erstem und zweitem Erntezeitpunkt deutlich zurückging, nahm der NFC- und ME-Gehalt signifikant zu. Im Zuge des weiteren Reifeverlaufs änderte sich

Tabelle 4: Nährstoffzusammensetzung und effektive Abbaubarkeit des Kolbens in Abhängigkeit von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr

	Nährstoffzusammensetzung								effektive Abbaubarkeit ²			
	TM g/kg FM	OM	XP	NDF – g/kg TM –	ADF	ADL	NFC	ME ¹ MJ/kg TM	TM	OM	XP	NFC
Sorte												
Nuestro	555 ^a	984	87 ^a	172	80	14	680	13,33	70,2	70,2	85,8	85,8
NK Falkone	551 ^{ab}	985	81 ^{cde}	175	77	14	687	13,39	71,2	71,2	85,7	84,8
ES Beatle	521 ^{de}	985	82 ^{bcd}	174	79	14	685	13,42	70,5	70,5	84,7	84,4
Roberto	502 ^{ef}	985	86 ^{ab}	167	74	15	690	13,48	71,3	71,3	85,9	84,9
PR39T45	541 ^{abc}	985	78 ^e	161	73	13	701	13,41	71,8	71,8	86,0	85,3
Ronaldinio	532 ^{bcd}	985	85 ^{abc}	187	80	18	669	13,37	72,4	72,4	85,9	83,7
DK315	491 ^f	985	78 ^{de}	168	78	12	700	13,43	74,6	74,5	86,2	88,2
PR39F58	521 ^{cde}	985	81 ^{cde}	162	70	10	700	13,51	75,0	75,0	87,4	87,1
Friedrixx	516 ^{de}	985	81 ^{cde}	170	74	14	692	13,36	74,2	74,2	87,3	88,1
Erntezeitpunkt												
Früh	494 ^c	984 ^b	82	180 ^a	86 ^a	15	679 ^b	13,38 ^b	75,9 ^a	75,9 ^a	88,6 ^a	88,0 ^a
Mittel	522 ^b	985 ^{ab}	82	166 ^b	70 ^b	12	694 ^a	13,48 ^a	72,7 ^b	72,7 ^b	86,2 ^b	87,1 ^a
Spät	561 ^a	985 ^a	83	166 ^b	73 ^b	14	695 ^a	13,38 ^b	68,5 ^c	68,4 ^c	83,6 ^c	82,3 ^b
Jahr												
2007	481 ^c	983 ^b	86 ^a	208 ^a	98 ^a	25 ^a	647 ^b	13,29 ^c	77,9 ^a	77,9 ^a	89,0 ^a	89,4 ^a
2008	557 ^a	986 ^a	80 ^b	150 ^b	60 ^c	7 ^b	708 ^a	13,53 ^a	73,4 ^b	73,5 ^b	87,3 ^b	88,0 ^a
2010	538 ^b	986 ^a	81 ^b	153 ^b	70 ^b	10 ^b	713 ^a	13,42 ^b	65,8 ^c	65,7 ^c	82,0 ^c	80,0 ^b
p Sorte	<0,001	0,704	<0,001	0,197	0,719	0,812	0,050	0,161	0,050	0,051	0,355	0,131
p Ernte	<0,001	0,025	0,421	0,014	<0,001	0,385	0,017	0,013	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p Sorte × Ernte	0,748	0,824	0,483	0,839	0,621	0,467	0,770	0,309	0,658	0,668	0,645	0,587
p Sorte × Jahr	0,003	0,604	0,003	0,379	0,632	0,976	0,355	0,018	0,028	0,026	0,130	0,173
p Ernte × Jahr	<0,001	0,658	0,002	0,003	0,074	0,366	0,009	0,007	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
RSD	13	1	3	19	13	9	21	0,13	3,6	3,6	2,3	3,7
R ²	93,8	66,7	74,8	69,2	64,1	38,3	70,0	53,9	77,9	77,8	76,4	71,5

¹ nach Cellulase-Methode bestimmt, ² Passagerate k=5 %/h

die Zusammensetzung des Kolbens kaum noch, einzig der Energiegehalt ging signifikant zurück. Bei allen getesteten Nährstoffen wurde ein deutlicher Rückgang der effektiven Abbaubarkeit mit fortschreitender Reife festgestellt. Die effektive OM-Abbaubarkeit ging zwischen frühem und spätem Erntezeitpunkt um 7,5 % (absolut) von 75,9 auf 68,4 % zurück. Wie auch bei der Restpflanze wird auch die Nährstoffzusammensetzung und effektive Nährstoffabbaubarkeit des Kolbens signifikant vom Jahr, d.h. von den jährlich wechselnden Witterungsbedingungen während der Vegetationsperiode, beeinflusst.

3.3 Futterwert und Ertrag der Gesamtpflanze

Der OM-, XP- und ADF-Gehalt sowie der Kolbenanteil unterschieden sich signifikant zwischen den Sorten (Tabelle 6). Der Anteil des Kolbens an der Gesamtpflanze schwankte zwischen 51,0 % (ES Beatle) und 55,8 % (NK Falkone). Dagegen ergab die Bestimmung des Energiegehalts sowohl nach der Cellulase-Methode (Tabelle 6) als auch nach der *in vivo*-Methode (Tabelle 5) keinen signifikanten Unterschied zwischen den Sorten, wobei jedoch der p-Wert bei der *in vivo*-Methode nahe an der Signifikanzgrenze lag. Die Sorte hatte einen signifikanten Einfluss auf die effektive TM-, OM-, NDF- und NFC-Abbaubarkeit sowie die OM-, XP- und NFC-Verdaulichkeit der Gesamtpflanze. Die durchschnittliche OM-Abbaubarkeit der Sorten lag zwischen 52,5 und 55,8 % und die durchschnittliche OM-Verdaulichkeit reichte von 70,7 bis 74,2 %. Mit Ausnahme der NFC-Abbaubarkeit wies jeweils die Sorte PR39T45 die niedrigste Abbaubarkeit auf. Auch die Verdaulichkeit war jeweils bei dieser Sorte am niedrigsten. Die höchste effektive TM-, OM- und NFC-Abbaubarkeit wurde dagegen bei den drei spätreifen Sorten DK315, PR39F58 und Friedrixx festgestellt. Die höchste OM-Verdaulichkeit wies dagegen die Sorte Roberto auf (74,2 %).

Tabelle 5: Einfluss von Sorte und Jahr auf den ME- und NEL-Gehalt *in vivo* sowie den TM-, DOM- und ME-Ertrag von Silomais

	ME <i>in vivo</i> – MJ/kg TM –	NEL <i>in vivo</i>	TM- Ertrag – t/ha –	DOM- Ertrag	ME- Ertrag GJ/ha
Sorte					
Nuestro	10,69	6,43	16,9 ^b	11,8 ^b	181,0 ^b
NK Falkone	10,78	6,50	17,5 ^{ab}	12,3 ^{ab}	188,7 ^{ab}
ES Beatle	10,59	6,36	18,0 ^{ab}	12,4 ^{ab}	190,4 ^{ab}
Roberto	10,84	6,54	17,5 ^{ab}	12,4 ^{ab}	189,5 ^{ab}
PR39T45	10,43	6,24	19,8 ^{ab}	13,4 ^{ab}	206,0 ^{ab}
Ronaldinio	10,84	6,54	20,4 ^a	14,4 ^a	221,2 ^a
DK315	10,72	6,45	16,9 ^b	11,8 ^b	181,1 ^b
PR39F58	10,70	6,44	19,7 ^{ab}	13,8 ^{ab}	211,1 ^{ab}
Friedrixx	10,46	6,27	17,0 ^b	11,6 ^b	177,8 ^b
Jahr					
2007	10,89 ^a	6,58 ^a	17,0 ^b	12,1 ^b	185,6 ^b
2008	10,45 ^c	6,25 ^c	19,5 ^a	13,2 ^a	203,2 ^a
2010	10,67 ^b	6,42 ^b	18,1 ^{ab}	12,6 ^{ab}	193,4 ^{ab}
p Sorte	0,058	0,052	0,005	0,009	0,010
p Jahr	<0,001	<0,001	0,001	0,038	0,040
RSD	0,17	0,12	1,1	0,8	13,0
R ²	76,5	77,2	77,9	71,6	70,9

Mit fortschreitender Reife nahmen der Kolbenanteil sowie der TM-, OM- und NFC-Gehalt signifikant zu, während der Gehalt an XP und Faserkohlenhydraten deutlich zurückging. Hinsichtlich des Energiegehalts wurde dagegen keine signifikante Veränderung während der Abreife festgestellt. Zwischen erstem und zweitem Erntezeitpunkt nahm die effektive XP- und NFC-Abbaubarkeit ab, während sie bei den anderen Nährstoffen nahezu konstant blieb. Die späte Ernte (dritter Erntezeitpunkt) führte dagegen zu einem signifikanten Rückgang der effektiven Abbaubarkeit aller Nährstoffe. Mit Ausnahme der NFC-Verdaulichkeit wurden alle Parameter der Nährstoffzusammensetzung, -abbaubarkeit und -verdaulichkeit signifikant vom Jahr beeinflusst.

Der Ertrag an TM, verdaulicher organischer Masse (DOM) und ME unterschied sich signifikant zwischen den Sorten und war jeweils bei der Sorte Ronaldinio (20,4 t TM-Ertrag) am höchsten (Tabelle 5). Der niedrigste TM-Ertrag wurde dagegen bei der Sorte Nuestro (16,9 t) und der geringste DOM- und ME-Ertrag bei der Sorte Friedrixx festgestellt. Alle drei Ertragsparameter wurden auch vom Jahr signifikant beeinflusst.

3.4 Futteraufnahme und Milchleistung

Im Durchschnitt der drei Erntejahre zeigte sich eine Tendenz (p-Wert zwischen 0,05 und 0,10) zu Unterschieden zwischen den Sorten hinsichtlich Maissilage-, Grundfutter-, Kraftfutter- und Gesamtfutteraufnahme (Tabelle 7). Bei allen Parametern der Futteraufnahme wies die Sorte NK Falkone die höchsten und die Sorte Friedrixx die niedrigsten Werte auf. Der Unterschied in der Maissilageaufnahme zwischen diesen beiden Sorten lag bei 2,0 kg/Tag. Sehr ähnliche Ergebnisse wurden auch hinsichtlich der Aufnahme an XP, nutzbarem Rohprotein (nXP) und NEL aus Grund- und Gesamtfutter festgestellt. Signifikante Unterschiede zwischen den Sorten traten bei der NEL-Aufnahme aus dem Grundfutter sowie bei der XP-, nXP- und NEL-Aufnahme aus dem Gesamtfutter auf. Das Jahr hatte einen signifikanten Einfluss auf alle Parameter der Futter- und Nährstoffaufnahme.

Die Silomais-Sorte hatte keinen Einfluss auf die tatsächliche Energie-korrigierte Milchleistung (ECM) sowie den Fett-, Eiweiß- und Laktosegehalt in der Milch. Hinsichtlich der (errechneten) ECM aus dem Grundfutter (Maissilage und Heu) wurden dagegen sehr wohl signifikante Unterschiede zwischen den Sorten festgestellt. Die ECM aus dem Grundfutter lag je nach Sorte zwischen 16,1 (Friedrixx) und 21,1 kg/Tag (NK Falkone). Das Jahr beeinflusste alle Parameter der Milchleistung (mit Ausnahme des Eiweißgehalts) signifikant.

3.5 Korrelationen zwischen Parametern

Um feststellen zu können, wie einzelne Parameter des Futterwerts von Kolben, Restpflanze und Gesamtpflanze auf die Futteraufnahme und Milchleistung wirken, wurden Korrelationen berechnet. Die Verdaulichkeit der NDF stieg mit zunehmendem NDF-Gehalt der Gesamtpflanze an ($R^2=0,476$). Darüber hinaus wurde auch eine positive Korrelation zwischen NDF- und OM-Verdaulichkeit festgestellt ($R^2=0,581$).

Die Höhe der Maissilageaufnahme und Milchleistung wurde jedoch vor allem von der effektiven Abbaubarkeit der Nährstoffe im Pansen beeinflusst (Abbildung 1). Mit zuneh-

Tabelle 6: Nährstoffzusammensetzung, effektive Abbaubarkeit und Gesamtverdaulichkeit der Gesamtpflanze in Abhängigkeit von Sorte, Erntezeitpunkt und Jahr

Sorte	Kolben-anteil %	Nährstoffzusammensetzung			ME ¹ MJ/kg TM	TM g/kg FM	OM	Nährstoffzusammensetzung			NFC	NDF	ADF	ADL	effektive Abbaubarkeit ²			Verdaulichkeit ³		
		XP	NDF	TM				OM	XP	NDF					TM	OM	XP	NDF	OM	XP
Nuestro	53,6 ^{abc}	388 ^{ab}	390	232 ^{ab}	10,62	54,1 ^{ab}	958	76 ^a	459	446 ^b	420 ^c	27	53,5 ^{ab}	76,5	22,9 ^a	84,7 ^{ab}	72,9 ^{ab}	48,4	59,1	91,9 ^{ab}
NK Falkone	55,8 ^a	401 ^a	386	230 ^b	10,70	54,4 ^{ab}	961	72 ^{bc}	473	458 ^{ab}	486 ^a	30	53,9 ^{ab}	75,1	22,6 ^a	84,0 ^b	73,0 ^{ab}	47,8	57,3	91,7 ^{ab}
ES Beatle	51,0 ^c	357 ^{de}	415	252 ^a	10,33	53,1 ^{ab}	958	73 ^{bc}	440	470 ^a	486 ^a	33	52,6 ^b	75,0	22,8 ^a	83,6 ^b	72,1 ^{ab}	49,9	58,5	91,8 ^{ab}
Roberto	51,9 ^{bc}	355 ^{de}	404	247 ^{ab}	10,49	54,3 ^{ab}	957	72 ^{bc}	452	470 ^a	486 ^a	29	53,8 ^{ab}	76,2	24,0 ^a	84,6 ^{ab}	74,2 ^a	53,2	63,1	90,8 ^{ab}
PR39T45	55,0 ^{ab}	391 ^{ab}	397	238 ^{ab}	10,40	52,8 ^b	960	70 ^e	463	468 ^b	468 ^b	31	52,5 ^b	75,3	19,4 ^b	84,4 ^{ab}	70,7 ^b	47,6	54,2	91,2 ^{ab}
Ronaldinio	53,4 ^{abc}	384 ^{abc}	411	243 ^{ab}	10,47	54,0 ^{ab}	961	73 ^{bc}	446	467	467	31	53,6 ^{ab}	76,1	22,3 ^{ab}	85,0 ^{ab}	73,5 ^a	50,8	60,4	92,1 ^a
DK315	53,4 ^{abc}	348 ^c	396	238 ^{ab}	10,51	56,0 ^a	961	71 ^{bc}	467	458 ^{ab}	486 ^a	27	55,8 ^a	76,2	22,0 ^{ab}	87,6 ^a	73,2 ^{ab}	50,6	60,0	92,2 ^a
PR39F58	54,2 ^{abc}	374 ^{abd}	397	237 ^{ab}	10,48	54,8 ^{ab}	959	72 ^{bc}	461	470 ^a	486 ^a	28	54,4 ^{ab}	76,7	22,9 ^a	85,9 ^{ab}	72,9 ^{ab}	49,6	58,8	92,3 ^a
Friedrixx	52,8 ^{abc}	363 ^{abc}	396	237 ^{ab}	10,42	55,2 ^{ab}	959	73 ^{bc}	462	470 ^a	486 ^a	30	54,9 ^{ab}	76,5	22,2 ^a	86,5 ^{ab}	72,1 ^{ab}	51,8	62,8	89,4 ^b
Erntezeitpunkt																				
Früh	51,7 ^b	343 ^c	408 ^a	248 ^a	10,45	55,7 ^a	958 ^b	74 ^a	446 ^b	420 ^c	31	55,3 ^a	79,2 ^a	22,3 ^{ab}	87,9 ^a	74,6 ^a	48,4	59,1	91,9 ^{ab}	
Mittel	52,8 ^b	366 ^b	399 ^{ab}	239 ^b	10,45	55,1 ^a	959 ^b	71 ^b	458 ^{ab}	486 ^a	29	54,6 ^a	75,8 ^b	23,4 ^a	85,8 ^b	71,8 ^b	49,9	58,5	91,8 ^{ab}	
Spät	55,8 ^a	412 ^a	390 ^b	231 ^b	10,56	52,1 ^b	961 ^a	71 ^b	470 ^a	486 ^a	29	51,8 ^b	72,9 ^c	21,3 ^b	81,7 ^c	73,0 ^b	53,2	63,1	90,8 ^{ab}	
Jahr																				
2007	50,6 ^c	331 ^c	430 ^a	261 ^a	10,37 ^b	57,1 ^a	957 ^b	79 ^a	420 ^c	468 ^b	36 ^a	56,5 ^a	81,2 ^a	25,1 ^a	90,2 ^a	74,6 ^a	48,4	59,1	91,9 ^{ab}	
2008	56,8 ^a	408 ^a	373 ^c	215 ^c	10,64 ^a	55,2 ^b	961 ^a	68 ^c	486 ^a	486 ^a	24 ^c	55,1 ^b	76,3 ^b	20,5 ^b	86,4 ^b	71,8 ^b	49,9	58,5	91,8 ^{ab}	
2010	53,0 ^b	383 ^b	394 ^b	242 ^b	10,45 ^b	50,6 ^c	960 ^a	70 ^b	468 ^b	468 ^b	28 ^b	50,1 ^c	70,4 ^c	21,5 ^b	78,9 ^c	73,0 ^b	53,2	63,1	90,8 ^{ab}	
p Sorte	0,007	<0,001	0,163	0,045	0,097	0,030	0,032	0,030	0,144	0,003	0,365	0,032	0,032	0,002	0,008	0,016	0,022	0,064	0,034	
p Ernte	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,187	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,187	0,387	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,145	
p Jahr	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,145	
p Sorte × Ernte	0,569	0,690	0,518	0,066	0,158	0,258	0,271	0,096	0,271	0,158	0,437	0,702	0,096	0,556	0,251	<0,001	<0,001	0,001	0,145	
p Sorte × Jahr	0,028	<0,001	0,128	<0,001	0,309	0,010	0,011	0,003	0,180	0,005	0,010	0,111	0,003	0,180	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	0,145	
p Ernte × Jahr	<0,001	<0,001	0,018	0,004	0,017	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,017	0,312	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,145	
RSD	2,4	13	2	23	0,25	1,9	1,9	1,7	2,0	2,0	5	1,7	1,7	1,7	2,0	1,0	1,0	3,0	0,9	
R ²	73,2	94,0	56,5	87,9	36,3	80,8	79,5	91,7	63,7	63,7	44,7	44,7	70,6	70,6	89,9	80,0	80,8	71,2	63,1	

¹ nach Cellulase-Methode bestimmt, ² Passagerate k=5 %/h

³ Für die Untersuchung der Verdaulichkeit *in vivo* wurde nur der mittlere Erntezeitpunkt herangezogen und die Wechselwirkung Sorte × Jahr nicht berücksichtigt, da sie nicht signifikant war.

mender effektiver OM-Abbaubarkeit des Futtermittels stiegen die TM-Aufnahme aus Maissilage (R²=0,567) und die ECM (R²=0,494) an. Auch die Abbaurate der NDF der Restpflanze war positiv mit der TM-Aufnahme aus Maissilage (R²=0,485) und ECM (R²=0,526) korreliert.

Die stärksten Korrelationen wurden jedoch zwischen der effektiven NFC-Abbaubarkeit und der TM-Aufnahme aus Maissilage (R²=0,648) sowie der ECM (R²=0,639) festgestellt. Die Maissilageaufnahme und in weiterer Folge die Milchleistung wurden also maßgeblich von der effektiven Abbaubarkeit der Futtermittel im Pansen beeinflusst. Eine Steigerung der effektiven OM-Abbaubarkeit der Maissilage um 10 % bewirkte einen Anstieg der Maissilageaufnahme um 3,5 kg TM/Tag sowie eine Erhöhung der ECM um 6,7 kg/Tag.

Die effektive Abbaubarkeit ist jedoch in der Praxis schwer zu erfassen. Daher wurden in *Abbildung 2* die untersuchten Maissilagen nach ihrer Reifenzahl sowie ihrem TM-Gehalt in der Gesamtpflanze bzw. im Kolben in Gruppen eingeteilt und die effektive OM-Abbaubarkeit dieser Gruppen bei unterschiedlichen Passageraten im Pansen graphisch dargestellt. Zwischen den Reifegruppen sind die Unterschiede in der effektiven OM-Abbaubarkeit eher gering. Dagegen nahm die effektive Abbaubarkeit bei TM-Gehalten von über 35 - 40 % in der Gesamtpflanze deutlich ab. Wurden die Silagen nach ihrem TM-Gehalt im Kolben eingeteilt, so ging die effektive Abbaubarkeit ab einem TM-Gehalt von 50 - 55 % deutlich zurück. Der Rückgang der effektiven Abbaubarkeit mit fortschreitender Reife war umso größer, je höher die Passagerate, d.h. das Futteraufnahme-Niveau der Milchkühe, angenommen wurde. Je später die Maissila-

Tabelle 7: Tägliche Futter- und Nährstoffaufnahme sowie Milchleistung von Kühen in Abhängigkeit von Silomais-Sorte und Erntejahr

Sorte	Lebendmasse kg	Futteraufnahme -kg-			Nährstoffaufnahme -g-			Milchleistung -kg-			Laktose					
		Mais	GF	KF	GES	XP aus GF	nXP aus GF	NEL aus GF	XP aus GES	nXP aus GES		NEL aus GES	ECM' -kg-	ECM aus GF ²	Fett	Eiweiß
Nuestro	658	13,4	14,9	3,8	18,7	1.213	1.922	94,8 ^{ab}	2.885 ^{ab}	2.865 ^{ab}	126,0 ^{ab}	27,2	18,0 ^{ab}	4,48	3,38	4,74
NK Falkone	621	14,7	16,4	4,1	20,5	1.256	2.100	104,8 ^a	3.080 ^{ab}	3.132 ^a	139,0 ^a	27,8	21,1 ^a	4,53	3,21	4,82
ES Beatle	641	13,7	15,3	3,8	19,2	1.175	1.947	96,8 ^{ab}	2.940 ^{ab}	2.921 ^{ab}	128,4 ^{ab}	28,3	18,6 ^{ab}	4,91	3,4	4,79
Roberto	667	13,4	14,9	3,7	18,6	1.142	1.930	96,8 ^{ab}	2.794 ^{ab}	2.863 ^{ab}	127,8 ^{ab}	26,1	18,5 ^{ab}	4,45	3,41	4,66
PR39T45	627	14,2	16,0	4,0	20,0	1.224	2.000	98,8 ^{ab}	3.056 ^{ab}	3.024 ^{ab}	132,4 ^{ab}	27,2	19,2 ^{ab}	4,49	3,24	4,74
Ronaldmito	642	13,5	15,2	3,8	19,0	1.182	1.962	97,9 ^{ab}	2.893 ^{ab}	2.917 ^{ab}	129,2 ^{ab}	27,7	19,0 ^{ab}	4,66	3,4	4,78
DK315	666	13,6	15,2	3,9	19,1	1.194	1.953	97,1 ^{ab}	2.983 ^{ab}	2.951 ^{ab}	129,7 ^{ab}	28,3	18,7 ^{ab}	4,64	3,39	4,71
PR39F58	629	14,2	15,9	4,0	19,9	1.230	2.041	101,8 ^{ab}	3.138 ^a	3.079 ^a	135,0 ^{ab}	27,9	20,1 ^{ab}	4,61	3,29	4,81
Friedrixx	649	12,7	14,2	3,5	17,8	1.126	1.809	89,3 ^b	2.755 ^b	2.706 ^b	118,4 ^b	27,9	16,1 ^b	4,95	3,42	4,76
Jahr																
2007	640	15,2 ^a	17,0 ^a	4,4 ^a	21,3 ^a	1.280 ^a	2.190 ^a	109,9 ^a	3.282 ^a	3.297 ^a	145,6 ^a	31,0 ^a	22,6 ^a	5,24 ^a	3,4	4,73 ^b
2008	653	14,7 ^b	16,4 ^a	4,2 ^a	20,5 ^a	1.293 ^a	2.074 ^b	102,4 ^b	3.294 ^b	3.158 ^a	136,8 ^a	28,8 ^a	20,3 ^b	4,54 ^b	3,39	4,91 ^a
2010	641	11,3 ^b	12,7 ^b	3,0 ^b	15,7 ^b	1.009 ^b	1.624 ^b	80,5 ^c	2.265 ^b	2.364 ^b	106,1 ^b	23,0 ^b	13,5 ^c	4,12 ^b	3,26	4,63 ^b
p Sorte	0,001	<0,001	0,068	0,076	0,057	0,149	0,070	0,045	0,018	0,032	0,037	0,939	0,039	0,780	0,574	0,758
p Jahr	0,938	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,006	0,305	<0,001
p Sorte × Jahr	0,003	0,385	0,359	0,854	0,215	0,119	0,317	0,321	0,034	0,120	0,164	0,181	0,308	0,998	0,725	0,426
RSD	10	1,3	1,4	0,4	1,7	99	172	8,7	235	246	11,4	3,4	2,7	0,70	0,25	0,17

¹ tatsächliche energie-korrigierte Milchleistung, ² errechneter Wert: (NEL aus GF - Erhaltungsbedarf NEL) / 3,2 (Ø Leistungsbedarf in NEL pro kg Milch)

gen geerntet wurden, desto geringer war also die effektive OM-Abbaubarkeit und somit auch die Maissilageaufnahme und ECM der Milchkühe.

4. Diskussion

Im vorliegenden Versuch wurde ein signifikanter Einfluss der Sorte auf den OM-, XP-, ADL- und ME-Gehalt sowie die effektive Nährstoffabbaubarkeit der Restpflanze festgestellt. VERBIČ et al. (1995), TOVAR-GOMEZ et al. (1997) und AKBAR et al. (2002) stellten zwischen Sorten ebenfalls deutliche Unterschiede hinsichtlich der ruminalen Abbaubarkeit der Restpflanze fest, während GRUBER und HEIN (2006) keine Sortenunterschiede in der OM-Verdaulichkeit beobachteten. Im Gegensatz zur eigenen Untersuchung traten in früheren Arbeiten auch signifikante Unterschiede hinsichtlich des Gehalts an leicht verdaulichen Kohlenhydraten (TOVAR-GOMEZ et al. 1997) sowie NDF und ADF (TOVAR-GOMEZ et al. 1997, KRUSE 2006, ZELLER et al. 2014) zwischen verschiedenen Sorten auf. Diese Ergebnisse zeigen, dass sowohl hinsichtlich der Nährstoffzusammensetzung als auch der ruminalen Abbaubarkeit der Restpflanze große Unterschiede zwischen Sorten bestehen und somit großes Potential bezüglich der züchterischen Verbesserung des Futterwerts der Restpflanze besteht.

Mit fortschreitender Reife gingen im aktuellen Projekt der XP- und ME-Gehalt sowie die effektive Abbaubarkeit der Restpflanze signifikant zurück. In früheren Versuchen nahm, neben dem XP-Gehalt, auch der Gehalt an leicht verdaulichen Kohlenhydraten (Stickstoff-freie Extraktstoffe, NFC) in der Restpflanze ab, während der Gehalt an Faserkohlenhydraten (XF, NDF, ADF) anstieg (GRUBER et al. 1983, PEX et al. 1996, GRUBER und HEIN 2006, KRUSE 2006, ZELLER et al. 2014). Ein deutlicher Rückgang der ruminalen Nährstoffabbaubarkeit bzw. Verdaulichkeit der Restpflanze wurde auch in den Versuchen von GRUBER et al. (1983), THOMET et al. (1986), FLACHOWSKY et al. (1993), JOHNSON et al. (1999), BAL et al. (2000), AKBAR et al. (2002) sowie GRUBER und HEIN (2006) festgestellt, wodurch die eigenen Ergebnisse bestätigt werden. Aus Sicht des Futterwerts der Restpflanze ist also ein möglichst früher Erntetermin anzustreben, da er mit fortschreitender Reife deutlich abnimmt.

Mit Ausnahme des XP-Gehalts hatte die Sorte im aktuellen Versuch keinen signifikanten Einfluss auf die Nährstoffzusammensetzung und effektive Abbaubarkeit des Kolbens. In früheren Untersuchungen traten hinsichtlich der Nährstoffzusammensetzung von Maiskörnern (ETTLE et al. 2001) bzw. Maiskolben (GRUBER und HEIN 2006) ebenfalls kaum signifikante Unterschiede zwischen verschiedenen Sorten auf, während KRUSE (2006) vor allem bei geringen TM-Gehalten im Kolben deutliche Sortenunterschiede hinsichtlich des Gehalts an Gerüstsubstanzen beobachtete. Im Gegensatz

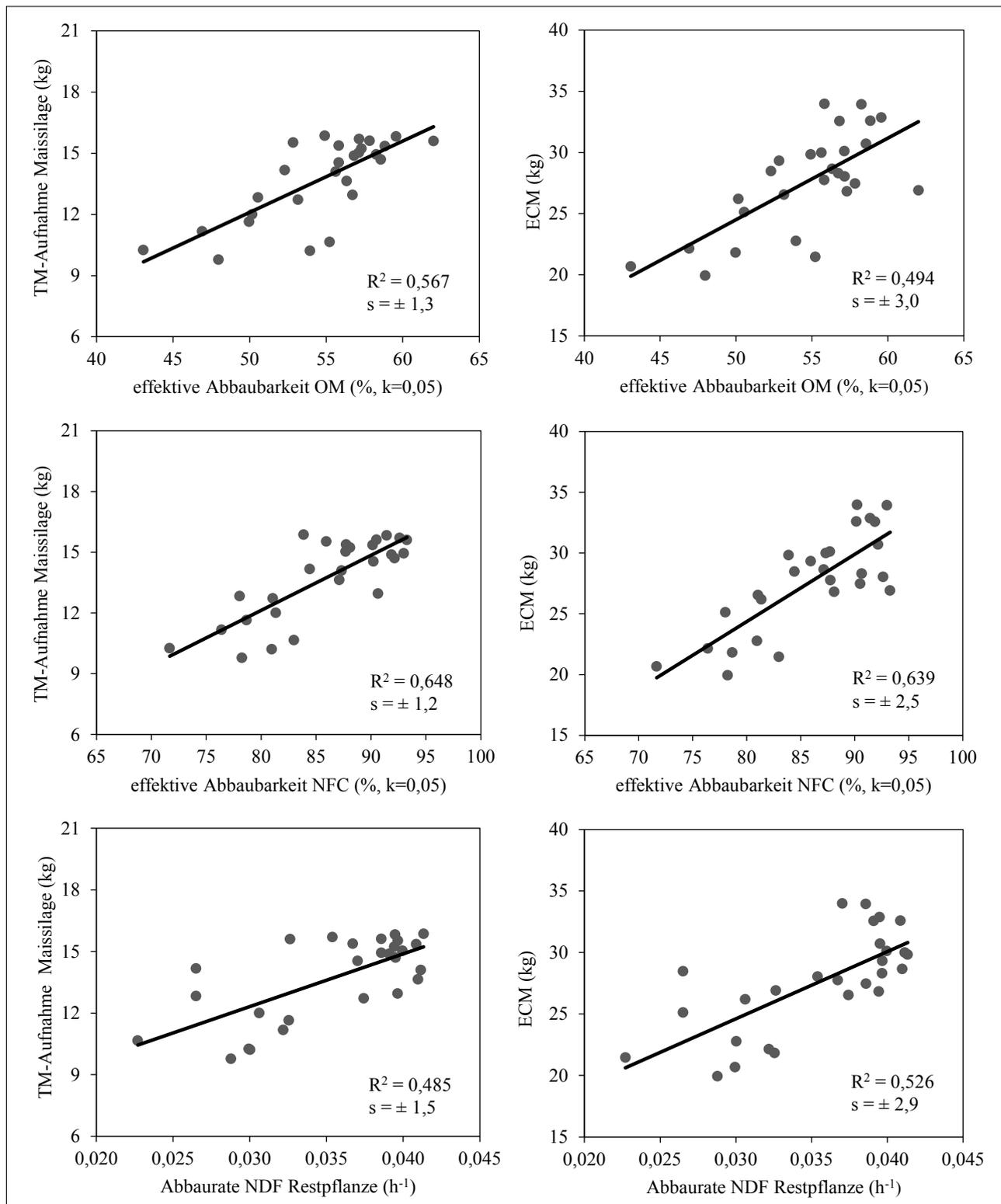


Abbildung 1: Korrelationen zwischen effektiver OM-Abbaubarkeit der Gesamtpflanze, effektiver NFC-Abbaubarkeit der Gesamtpflanze sowie Abbaurrate der NDF der Restpflanze und TM-Aufnahme aus Maissilage (links) bzw. ECM (rechts) der Milchkühe

zum eigenen Versuch wurde in früheren Untersuchungen die ruminale Abbaubarkeit von Maiskörnern (JOHNSON et al. 1999, ETTLE et al. 2001) bzw. Maiskolben (AKBAR et al. 2002) signifikant von der Sorte beeinflusst. In der Arbeit von ZELLER et al. (2014) traten dagegen keine wesentlichen Sortenunterschiede hinsichtlich der ruminale

Nährstoffabbaubarkeit auf. Darüber hinaus wurde auch die OM-Verdaulichkeit in der Arbeit von GRUBER und HEIN (2006) nicht von der Sorte beeinflusst. Was den Futterwert des Kolbens betrifft, sind die Unterschiede zwischen den Sorten eher gering, weshalb bei der Sortenwahl vor allem der Futterwert der Restpflanze beachtet werden sollte.

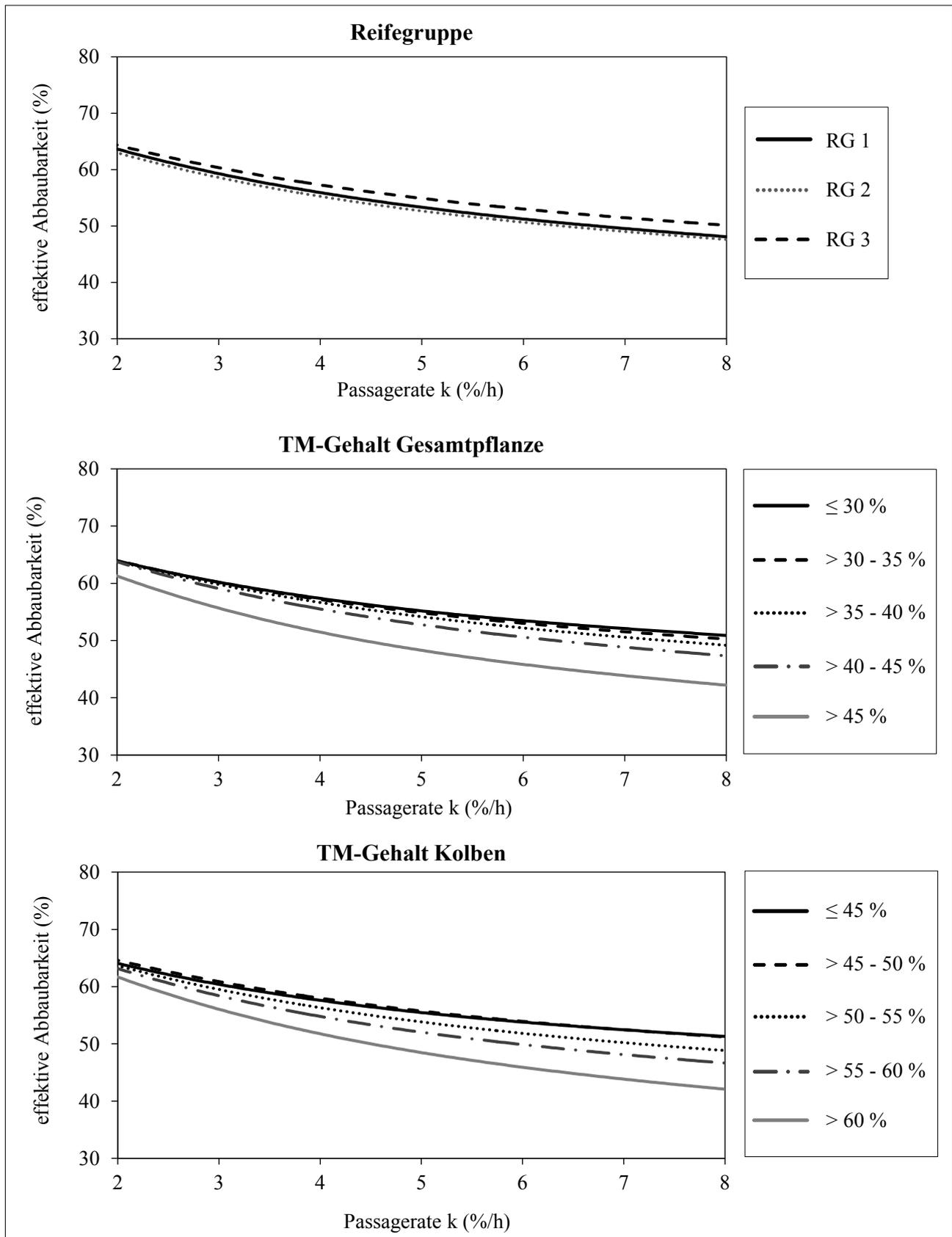


Abbildung 2: Effektive OM-Abbaubarkeit der Gesamtpflanze bei verschiedenen Passageraten in Abhängigkeit von der Reifegruppe sowie vom Ernte-TM-Gehalt von Gesamtpflanze bzw. Kolben

In der vorliegenden Untersuchung stiegen der NFC- und ME-Gehalt des Kolbens vor allem zwischen erstem und zweitem Erntezeitpunkt deutlich an, während der Gehalt an Gerüstsubstanzen zurückging. GRUBER et al. (1983), PEX et al. (1996), ETTLE und SCHWARZ (2003) sowie KRUSE (2006) kamen in ihrem Versuch zu ähnlichen Ergebnissen. Die effektive Abbaubarkeit des Kolbens ging im aktuellen Projekt mit fortschreitender Reife signifikant zurück, was durch die Ergebnisse von ETTLE et al. (2001) bestätigt wird. In der Arbeit von FLACHOWSKY et al. (1993) stieg dagegen die ruminale Abbaubarkeit des Kolbens bei einer Sorte im Laufe der Abreife an, während sie bei einer anderen Sorte konstant blieb. GRUBER und HEIN (2006) stellten darüber hinaus einen Rückgang der OM-Verdaulichkeit des Kolbens mit fortschreitender Reife fest. Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass auch der Futterwert des Kolbens bei später Ernte zurückgeht, da der Gehalt an NFC gegen Ende des Reifeprozesses nicht mehr steigt, gleichzeitig aber die ruminale Abbaubarkeit und Verdaulichkeit deutlich sinken.

Die Sorte hatte im aktuellen Projekt einen signifikanten Einfluss auf den Gehalt an OM, XP und ADF sowie auf die effektive Abbaubarkeit (Ausnahme: XP) und Verdaulichkeit (Ausnahme: NDF) der Nährstoffe in der Gesamtpflanze. GRUBER und HEIN (2006) stellten ebenfalls einen Einfluss der Sorte auf den ADF-Gehalt von Silomais fest. In weiteren Untersuchungen beeinflusste die Sorte den Stärke- und ADL-Gehalt (KUEHN et al. 1999), den NDF-Gehalt (JUNG et al. 1998) bzw. den Stärke-, NDF- und ADF-Gehalt (PEYRAT et al. 2014). Dagegen wurde in den Arbeiten von GRUBER et al. (2006) sowie FERRARETTO und SHAVER (2015) kein Unterschied zwischen verschiedenen Sorten hinsichtlich des Gehalts an Faserkohlenhydraten beobachtet. THOMET et al. (1986), JUNG et al. (1998), KUEHN et al. (1999), HÖNER et al. (2002), JOHNSON et al. (2003), GRUBER und HEIN (2006), GRUBER et al. (2006), PEYRAT et al. (2014) sowie FERRARETTO und SHAVER (2015) stellten, wie im aktuellen Projekt, deutliche Unterschiede in der ruminale Nährstoffabbaubarkeit bzw. OM-Verdaulichkeit zwischen verschiedenen Silomais-Sorten fest. Im Versuch von ETTLE et al. (2002) hatte die Sorte zwar einen Einfluss auf die Nährstoffverdaulichkeit, jedoch nicht auf die ruminale Nährstoffabbaubarkeit. Zum Einfluss der Sorte auf den Gehalt an verschiedenen Nährstoffen gibt es also bisweilen sehr unterschiedliche Ergebnisse. Die meisten Versuche zeigten jedoch, dass es zwischen Sorten deutliche Unterschiede in der ruminale Abbaubarkeit und Verdaulichkeit gibt, weshalb diese Parameter eine großen Einfluss auf den Futterwert von Silomais haben.

Im vorliegenden Versuch stiegen der Kolbenanteil und der NFC-Gehalt in der Gesamtpflanze mit fortschreitender Reife an, während der Gehalt an XP und Gerüstsubstanzen sowie die effektive Abbaubarkeit signifikant zurückgingen. Frühere Untersuchungen zeigten ähnliche Zusammenhänge was die Veränderung der Nährstoffzusammensetzung der Gesamtpflanze mit fortschreitender Reife betrifft (GRUBER et al. 1983, PEX et al. 1996, DI MARCO et al. 2002, ETTLE und SCHWARZ 2003, JENSEN et al. 2005, PEYRAT et al. 2014, KHAN et al. 2015). BAL et al. (2000), ANDRAE et al. (2001) und JOHNSON et al. (2003) kamen ebenfalls zum Ergebnis, dass die ruminale Nährstoffabbaubarkeit der Gesamtpflanze mit fortschreitendem Vegetationsstadium zurückgeht. ANDRAE et al.

(2001), JENSEN et al. (2005) und KHAN et al. (2015) stellten darüber hinaus auch eine abnehmende Nährstoffverdaulichkeit mit zunehmender Reife fest. In den Untersuchungen von GRUBER et al. (1983), THOMET et al. (1986), PEX et al. (1996), DI MARCO et al. (2002), ETTLE und SCHWARZ (2003) sowie GRUBER und HEIN (2006) blieb die OM-Verdaulichkeit dagegen während der Abreife weitgehend konstant. Während der Gehalt an NFC (v.a. Stärke) mit fortschreitender Reife steigt, gehen die Verdaulichkeit und vor allem die ruminale Abbaubarkeit zurück. Der optimale Erntezeitpunkt von Silomais ist also immer ein Kompromiss aus hohem Stärkegehalt und möglichst hoher Verdaulichkeit der Restpflanze.

In der aktuellen Untersuchung hatte die Sorte einen tendenziellen Einfluss auf die Maissilage-, Grundfutter-, Kraftfutter- und Gesamtfutteraufnahme pro Tag. Weiters wurden zwischen den Sorten deutliche Unterschiede in der ECM aus dem Grundfutter festgestellt, während die tatsächliche ECM bei allen Sorten ähnlich hoch war. In den Versuchen von KUEHN et al. (1999), ETTLE et al. (2002) und NENNICH et al. (2003) wurden bei Verfütterung verschiedener Silomais-Sorten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Futteraufnahme sowie tatsächlicher Milchleistung beobachtet. Dagegen traten bei FERRARETTO und SHAVER (2015) bei Verfütterung verschiedener Restpflanzen-Typen sowie in der Untersuchung von NENNICH et al. (2003) beim Vergleich von früh- und mittelfrührefenden Sorten deutliche Unterschiede bezüglich Futteraufnahme und Milchleistung auf. In einem weiteren Versuch wurde zwar die Milchleistung signifikant von der Sorte beeinflusst, jedoch nicht die Futteraufnahme (LIM et al. 2015). Diese Ergebnisse zeigen, dass zwischen verschiedenen Sorten durchaus Unterschiede in der Futteraufnahme und Milchleistung auftreten können, wobei vor allem die NDF-Abbaubarkeit und -Verdaulichkeit der Restpflanze eine wichtige Rolle spielt (FERRARETTO und SHAVER 2015).

Im vorliegenden Projekt traten zwischen der effektiven Nährstoffabbaubarkeit und der TM-Aufnahme bzw. ECM mittelstarke bis starke Korrelationen auf, welche darauf schließen lassen, dass Futteraufnahme und Milchleistung durch eine hohe Pansenabbaubarkeit der Nährstoffe positiv beeinflusst werden. FERNANDEZ et al. (2004) stellten ebenfalls einen Anstieg der Futteraufnahme mit zunehmender ruminale Abbaubarkeit der Maissilage fest. OBA und ALLEN (1999) sowie IVAN et al. (2005) kamen zum Schluss, dass vor allem eine hohe Abbaubarkeit bzw. Verdaulichkeit der NDF von Silomais einen positiven Einfluss auf Futteraufnahme und Milchleistung haben.

Aus den Ergebnissen der aktuellen Untersuchungen geht hervor, dass bei einem Ernte-TM-Gehalt von über 35 - 40 % in der Gesamtpflanze sowie über 50 - 55 % im Kolben ein deutlicher Rückgang der effektiven OM-Abbaubarkeit und somit des Futterwertes zu erwarten ist. Im Versuch von BAL et al. (1997) wurde bei einem TM-Gehalt von 35 % in der Gesamtpflanze die höchste Milchleistung erreicht, während bei späterer Ernte ein deutlicher Rückgang der OM-Verdaulichkeit und somit eine geringere Milchleistung festgestellt wurde. KHAN et al. (2015) kamen zum Schluss, dass der optimale Erntezeitpunkt bei 30 - 35 % TM-Gehalt in der Gesamtpflanze liegt, da bei höheren TM-Gehalten die Futteraufnahme und Milchleistung zurückging.

5. Schlussfolgerungen

Die Nährstoffzusammensetzung von Silomais wird vor allem vom Erntezeitpunkt und vom Jahr (von den Witterungsverhältnissen während der Vegetationsperiode) beeinflusst. Mit fortschreitender Reife nimmt der Gehalt an XP und Gerüstsubstanzen ab, während der Gehalt an Nicht-Faserkohlenhydraten zunimmt. Die Abbaubarkeit und Verdaulichkeit der Nährstoffe wird dagegen sowohl vom Erntezeitpunkt und vom Jahr als auch von der Sorte signifikant beeinflusst. Die effektive Nährstoffabbaubarkeit geht mit fortschreitender Reife deutlich zurück. Da Futteraufnahme und Milchleistung mit der effektiven OM-Abbaubarkeit der Maissilage positiv korreliert sind, sollten späte Erntetermine und Sorten mit geringer Abbaubarkeit bzw. Verdaulichkeit vermieden werden. Der optimale Erntezeitpunkt der aktuellen Silomais-Sorten liegt bei 35 (bis max. 40) % TM-Gehalt in der Gesamtpflanze bzw. (50 bis) 55 % TM-Gehalt im Kolben (entspricht Mitte der Teigreife). In diesem Reifestadium kann gleichzeitig ein hoher NFC-Gehalt im Kolben und eine hohe Abbaubarkeit bzw. Verdaulichkeit in der Restpflanze erreicht werden, wodurch eine hohe Futteraufnahme und Milchleistung ermöglicht werden.

6. Literatur

- AKBAR, M.A., P. LEBZIEN und G. FLACHOWSKY, 2002: Measurement of yield and in situ dry matter degradability of maize varieties harvested at two stages of maturity in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 100, 53-70.
- ANDRAE, J.G., C.W. HUNT, G.T. PRITCHARD, L.R. KENNINGTON, J.H. HARRISON, W. KEZAR und W. MAHANNA, 2001: Effect of hybrid, maturity, and mechanical processing of corn silage on intake and digestibility by beef cattle. *J. Anim. Sci.* 79, 2268-2275.
- BAL, M.A., J.G. COORS und R.D. SHAVER, 1997: Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *J. Dairy Sci.* 80, 2497-2503.
- BAL, M.A., R.D. SHAVER, K.J. SHINNERS, J.G. COORS, J.G. LAUER, R.J. STRAUB und R.G. KOEGEL, 2000: Stage of maturity, processing, and hybrid effects on ruminal in situ disappearance of whole-plant corn silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 86, 83-94.
- BALLARD, C.S., E.D. THOMAS, D.S. TSANG, P. MANDEBVU, C.J. SNIFFEN, M.I. ENDRES und M.P. CARTER, 2001: Effect of corn silage hybrid on dry matter yield, nutrient composition, in vitro digestion, intake by dairy heifers, and milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 442-452.
- BARRIÈRE, Y., G. DIAS GONÇALVES, J.C. EMILE und B. LEFÈVRE, 2004: Higher intake of DK265 corn silage by dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 87, 1439-1445.
- Di MARCO, O.N., M.S. AELLO, M. NOMDEDEU und S. VAN HOUTTE, 2002: Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (in vivo, in situ and in vitro). *Anim. Feed Sci. Technol.* 99, 37-43.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen - Wiederkäuer. 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 212 S.
- ETTLE, T. und F.J. SCHWARZ, 2003: Effect of maize variety harvested at different maturity stages on feeding value and performance of dairy cows. *Anim. Res.* 52, 337-349.
- ETTLE, T., P. LEBZIEN, G. FLACHOWSKY und F.J. SCHWARZ, 2001: Effect of harvest date and variety on ruminal degradability of ensiled maize grains in dairy cows. *Arch. Anim. Nutr.* 55, 69-84.
- ETTLE, T., F.J. SCHWARZ, P. LEBZIEN und G. FLACHOWSKY, 2002: Futterwert von Silagen aus unterschiedlichen Maishybriden und Einfluss auf Leistungskriterien von Milchkühen. *Landbauforschung* 52, 157-165.
- FERNANDEZ, I., C. MARTIN, M. CHAMPION und B. MICHALET-DOREAU, 2004: Effect of corn hybrid and chop length of whole-plant corn silage on digestion and intake by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87, 1298-1309.
- FERRARETTO, L.F. und R.D. SHAVER, 2015: Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 98, 2662-2675.
- FILYA, I., 2004: Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 116, 141-150.
- FLACHOWSKY, G., W. PEYKER, A. SCHNEIDER und K. HENKEL, 1993: Fibre analyses and in sacco degradability of plant fractions of two corn varieties harvested at various times. *Anim. Feed Sci. Technol.* 43, 41-50.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1991: Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 65, 229-234.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, No. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 135 S.
- GRUBER, L. und W. HEIN, 2006: Ertrag und Futterqualität von Silomais in Abhängigkeit von Vegetationsstadium, Sorte und Standort. 118. VDLUFA-Kongress, 19.-22.09.2006, Freiburg im Breisgau, 244-259.
- GRUBER, L., H. KOPAL, F. LETTNER und F. PARRER, 1983: Einfluss des Erntezeitpunktes auf den Nährstoffgehalt und den Ertrag von Silomais. *Das wirtschaftseigene Futter* 29, 87-109.
- GRUBER, L., K. TAFERNER, L. HABERL, G. MAIERHOFER, J. GASTEINER und M. URDL, 2006: Einfluss von Vegetationsstadium, Sorte, Standort und Konservierung von Silomais auf den Gehalt an Rohprotein- und Kohlenhydrat-Fractionen sowie den ruminalen in situ-Abbau der Trockenmasse. 118. VDLUFA-Kongress, 19.-22.09.2006, Freiburg im Breisgau, 226-239.
- GRUBER, L., G. TERLER, A. SCHAUER und F. KASTENHUBER, 2014: Nährstoffgehalt und Pansenabbaubarkeit verschiedener Silomais-Sorten. 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 09.-10.04.2014, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 97-126.
- HEIN, W. und L. GRUBER, 2003: Unterschiede österreichischer Silomais Sorten hinsichtlich Ertrag und Futterwert. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, 25.-27.11.2003, BAL Gumpenstein, Irdning, 1-8.
- HÖNER, K., P. LEBZIEN, T. ETTLE, F.J. SCHWARZ und G. FLACHOWSKY, 2002: Einfluss von Silagen aus unterschiedlichen Maishybriden auf die Umsetzungen im Verdauungstrakt von Kühen. *Landbauforschung* 52, 149-156.
- IVAN, S.K., R.J. GRANT, D. WEAKLEY und J. BECK, 2005: Comparison of a corn silage hybrid with high cell-wall content and digestibility with a hybrid of lower cell-wall content on performance of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 88, 244-254.

- JENSEN, C., M.R. WEISBJERG, P. NØRGAARD und T. HVELP-LUND, 2005: Effect of maize silage maturity on site of starch and NDF digestion in lactating dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 118, 279-294.
- JOHNSON, L., J.H. HARRISON, C. HUNT, K. SHINNERS, C.G. DOGGETT und D. SAPIENZA, 1999: Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: A contemporary review. *J. Dairy Sci.* 82, 2813-2825.
- JOHNSON, L.M., J.H. HARRISON, D. DAVIDSON, C. HUNT, W.C. MAHANNA und K. SHINNERS, 2003: Corn silage management: Effects of hybrid, maturity, chop length, and mechanical processing on rate and extent of digestion. *J. Dairy Sci.* 86, 3271-3299.
- JUNG, H.G., D.R. MERTENS und D.R. BUXTON, 1998: Forage quality variation among maize inbreds: in vitro fiber digestion kinetics and prediction with NIRS. *Crop. Sci.* 38, 205-210.
- KHAN, N.A., P. YU, M. ALI, J.W. CONE und W.H. HENDRIKS, 2015: Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *J. Sci. Food Agric.* 95, 238-252.
- KRUSE, S., 2006: Charakterisierung und Modellierung des Abreifeverhaltens von Silomaisgenotypen mittels futterwertbestimmender Parameter. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, 132 S.
- KUEHN, C.S., J.G. LINN, D.G. JOHNSON, H.G. JUNG und M.I. ENDRES, 1999: Effect of feeding silages from corn hybrids selected for leafiness or grain to lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 82, 2746-2755.
- LIM, J.M., K.E. NESTOR, JR. und L. KUNG, JR., 2015: The effect of hybrid type and dietary proportions of corn silage on the lactation performance of high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98, 1195-1203.
- MAINKA, C., 2009: Möglichkeiten der züchterischen Verbesserung der Silomaisqualität. In: SCHWARZ, F.J. und U. MEYER (Hrsg.): Optimierung des Futterwerts von Mais und Maisprodukten. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, 127-135.
- McDONALD, I., 1981: A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agr. Sci.* 96, 251-252.
- NENNICH, T.D., J.G. LINN, D.G. JOHNSON, M.I. ENDRES und H.G. JUNG, 2003: Comparison of feeding corn silages from leafy or conventional corn hybrids to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 2932-2939.
- OBA, M. und M.S. ALLEN, 1999: Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82, 135-142.
- ØRSKOV, E.R. und I. McDONALD, 1979: The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agr. Sci.* 92, 499-503.
- ØRSKOV, E.R., F.D. HOVELL und F. MOULD, 1980: The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5, 195-213.
- PEX, E.J., F.J. SCHWARZ und M. KIRCHGESSNER, 1996: Zum Einfluss des Erntezeitpunktes von Silomais auf Verdaulichkeit und Energiegehalt von Maissilage bei Rind und Schaf. *Das wirtschaftseigene Futter* 42, 83-96.
- PEYRAT, J., P. NOZIÈRE, A. Le MORVAN, A. FÉRARD, P.V. PROTIN und R. BAUMONT, 2014: Effects of ensiling maize and sample conditioning on in situ rumen degradation of dry matter, starch and fibre. *Anim. Feed Sci. Technol.* 196, 12-21.
- SÜDEKUM, K.H., 2005: Möglichkeiten und Grenzen einer Standardisierung der in situ-Methodik zur Schätzung des ruminalen Nährstoffabbaus. *Übers. Tierern.* 33, 71-86.
- TERLER, G., L. GRUBER, A. SCHAUER, M. URDL und B. STEINER, 2016: Prüfung des Futterwerts aktueller Silomaisorten. Abschlussbericht zum Projekt "Silomais9", HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 56 S.
- THOMAS, E.D., P. MANDEBVU, C.S. BALLARD, C.J. SNIFFEN, M.P. CARTER und J. BECK, 2001: Comparison of corn silage hybrids for yield, nutrient composition, in vitro digestibility, and milk yield by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2217-2226.
- THOMET, P., D. DUBOIS, T. RIHS und J. TROXLER, 1986: Prüfung der Verdaulichkeitsunterschiede von fünf ausgewählten Maissorten. *Mitteilungen für die Schweizerische Landwirtschaft* 34, 61-72.
- TOVAR-GOMEZ, M.R., J.C. EMILE, B. MICHALET-DOREAU und Y. BARRIERE, 1997: In situ degradation kinetics of maize hybrid stalks. *Anim. Feed Sci. Technol.* 68, 77-88.
- VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 2012: Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch) - Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 2190 S.
- VERBIĆ, J., J. STEKAR und M. RESNIK-ČEPON, 1995: Rumen degradation characteristics and fibre composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding. *Anim. Feed Sci. Technol.* 54, 133-148.
- WEISSBACH, F. und S. KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfutter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. *Übers. Tierern.* 23, 189-214.
- ZELLER, F., D. DOBBERSTEIN, M. BUNZEL und F.J. SCHWARZ, 2009: Kohlenhydratzusammensetzung von Maisrestpflanzen und deren Futterwert. In: SCHWARZ, F.J. und U. MEYER (Hrsg.): Optimierung des Futterwerts von Mais und Maisprodukten. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, 5-18.
- ZELLER, F.M.E., B.L. EDMUNDS und F.J. SCHWARZ, 2014: Effect of genotype on chemical composition, ruminal degradability and in vitro fermentation characteristics of maize residual plants. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 98, 982-990.

Gärfutterqualitäten – Wo stecken die Reserven?

Reserves in quality silage production

Reinhard Resch^{1*}

Zusammenfassung

Die Qualität des wirtschaftseigenen Grundfutters nimmt für den Grünland- und Viehwirtschaftsbetrieb eine zentrale Rolle hinsichtlich des betrieblichen Erfolges ein. Im Wesentlichen hängt die Gärfutterqualität vom Futterwert der Futterpflanzen und vom Gärverlauf ab. Beide werden von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Durch die Auswertung von etwa 5.000 chemischen und sensorischen Untersuchungsdaten von Silageproben aus Praxisbetrieben konnten Schwachstellen, die gleichzeitig qualitative Verbesserungspotenziale darstellen, im österreichischen Gärfutter festgestellt werden.

In österreichischen Grassilagen lag der durchschnittliche Buttersäuregehalt mit 11,3 g/kg TM, insbesondere im 1. Aufwuchs, deutlich über dem empfohlenen Orientierungswert von 3,0 g/kg TM. Die Ursachen für die häufigen Fehlgärungen hingen stark mit dem mäßig bis schwer vergärbaren Dauergrünlandfutter zusammen. Das Risiko der Fehlgärung könnte durch TM-Gehalte von 350 bis 400 (450) g/kg FM bzw. NDF-Gehalte von 415 bis 490 g/kg TM (NDF = Summe an Zellwandbestandteilen) und Vermeidung von erdiger Verschmutzung im Erntegut reduziert werden. Die Einstufung des Verschmutzungsgrades über den Rohaschegehalt war in ca. 25 % der Bewertungen fehlerhaft, daher wäre eine ergänzende Untersuchung von Eisen- und/oder Sandgehalt empfehlenswert. Erdfreies Futter enthält in der Regel weniger als 500 mg Eisen bzw. weniger als 20 g Sand/kg TM. Zusätzlich könnte mechanische Futteraufbereitung (Knickzetter, scharfes Anstreuen), häckseln unter 3 cm Schnittlänge, der sachgemäße Einsatz von Silierhilfsmitteln sowie optimale Verteilung/Verdichtung in Verbindung mit rascher luftdichter Versiegelung die Gärung beschleunigen und so das Fehlgärungsrisiko bei Grassilagen minimieren.

Maissilage ist schneller verderblich als Grassilage, daher ist für gute Futterhygiene die Silagestabilität besonders wichtig. Die Untersuchung von österreichischen Maissilagen ergab deutlichen Verbesserungsbedarf bei der Verdichtung, der Gärdauer bis zur Siloöffnung und beim zu geringen wöchentlichen Vorschub. Eine Erhöhung der Stabilität und damit eine Risikoreduktion hinsichtlich Nacherwärmungen und Schimmelbildung könnte zusätzlich erreicht werden, wenn das obere Drittel der Silomiete sachgemäß mit organischen Säuren (Propion-, Ameisen-, Sorbin-, Benzoesäure) oder mit Essigsäure

Summary

Concerning operational success, quality of homegrown forage is important for grassland and dairy farms. Silage quality depends mainly on the nutritive value of forage plants and the fermentation process. Both are influenced by different factors. Data analysis of 5,000 silage samples of Austrian farmers showed us many weak points. Some of those points are reserves to improve quality of silage.

The average content of butyric acid of Austrian grass silages was 11.3 g kg⁻¹ DM, which is significantly beyond the recommended orientation level of lower than 3 g kg⁻¹ DM. Bad fermentation is often related to difficult fermentable forage of permanent grassland. The risk of unfavorable fermentation could be reduced by wilting (DM 350 to 400 [450] g kg⁻¹ FM), optimal cell wall content (NDF) of 415 to 490 g kg⁻¹ DM and avoidance of soil in harvested forage. Classification of soil contamination by crude ash caused mistakes in 25 % of all observed cases. Additional analysis of iron (Fe) and/or sand (HCl insoluble ash) content is helpful for evaluation of degree of soil contamination. Forage without soil contamination had less than 500 mg Fe kg⁻¹ DM and less than 20 g sand kg⁻¹ DM. Improvement of silage quality could additionally be managed by mechanical forage treatment (conditioner), cutting or chopping to less than 3 cm particle length, professional input of silage additives, best fodder spreading resp. compaction on the silo and a hermetically sealed surface. These arrangements could enable to lower pH-value to a stable level more quickly and minimize the risk of bad fermentation of grass silage.

Corn silage is more sensitive in terms of spoilage than grass silage. Therefore, good hygienic status strongly depends on silage stability. Analysis of Austrian corn silages showed a demand of improvement in better compaction, longer fermentation period until opening and the low weekly feed rate. Risk of silage heating and spoilage by mold could be reduced, if the top third of the corn silage is professionally treated with organic acids (propionic acid, formic acid, sorbin acid, bezoe acid) or acetic acid producing bacteria. An optimal harvest date is important for best corn silage quality. Evaluation of the perfect maturity stage by crude fibre is insufficient, because this parameter represents not all components of the plant cell wall.

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, email: reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

bildenden Bakterien behandelt würde. Bei Silomais ist die Wahl des optimalen Erntezeitpunktes entscheidend für die Futterqualität. Die Bewertung über das Rohfasersystem ist hier nicht mehr ausreichend, weil damit nur ein Teil der Faserbestandteile abgebildet werden kann.

Mit steigendem Leistungspotenzial der Nutztiere steigen auch die Ansprüche an die Grundfutterqualität. Maßgeschneiderte Futter- und Gärqualitäten von Gras- und Maissilagen, die den Anforderungen eines nachhaltigen Grünland- und Viehbetriebes entsprechen, erfordern eine intensive Auseinandersetzung mit der Wertigkeit der Futterbestände und deren standortangepasster Bewirtschaftung, speziell aber auch mit der Optimierung der Siliertechnik und Organisation der Futterernte, -konservierung und -lagerung bis hin zur Futtervorlage.

Erst durch gewissenhafte Qualitätskontrolle der Futterbestände durch Feldbegehung und der Futterkonserven anhand regelmäßiger Laboranalysen (Futter- und Gärqualität) und Sinnenbewertung können Schwachstellen bewusst gemacht und zu Reservepotenzialen transformiert werden. In diesem Sinne wäre es an der Zeit sich vom Rohfasersystem zu verabschieden und sich mit den Zellwandbestandteilen NDF, ADF und ADL anzufreunden, weil diese die Verhältnisse in den Futterpflanzen und deren Verwertbarkeit für das Tier viel realistischer erfassen als der Rohfasergehalt. Die konsequente Durchführung von qualitätsfördernden Maßnahmen („Qualitätsverstärker“) hilft wesentlich bei der Sicherstellung guter Grundfutterqualitäten, auch in Jahren mit ungünstigen Wetterbedingungen.

Mit den LK-Silageprojekten wurde in Österreich ein Weg der gemeinsamen Professionalisierung eingeschlagen, wo durch koordinierte Zusammenarbeit von Beratung, Forschung, Verbänden und Landwirten spezifische Erkenntnisse für die Verbesserung der Grundfutterqualität erarbeitet werden. Die Praktiker haben durch dieses Wissen Entscheidungsmöglichkeiten zur Verfügung, um ihre Grundfutterqualität und tierische Grundfutterleistung zielgerichtet und kreislaufbezogen zu entwickeln.

Schlagwörter: Grassilage, Maissilage, Gärqualität, Zellwandbestandteile

Increasing potential of performance of ruminants also raise requirements for forage quality. Tailor-made forage and silage qualities of grass and corn silages should be appropriate for sustainable grassland and dairy farms. Optimal forage systems need intensive examination with high value grassland management, also best silage technologies and effective organisation of forage harvest, conservation, storage and forage submission.

Control of grassland-composition status by frequently field-inspection and of silage quality by chemical and sensitive analysis could make aware of weak points. Weaknesses should be transformed to quality reserves. In this context, it is time to turn away from the traditional crude fibre system, because modern cell wall analysis (NDF, ADF, ADL) show the real proportions and usability of forage plants for ruminants much better. All quality-improving arrangements are helpful in terms of good silage quality, especially in years of bad weather conditions.

LK-Silage projects in Austria are characterised by coordinated team work of consultants, research, agricultural organisations and farmers to get actual and specific results for quality improvement and recommendations. Positive project effects are higher consciousness of partners concerning forage quality and common professionalisation. A better knowledge in questions of silage quality is helpful in terms of target-oriented and circle-based decisions to develop silage quality and forage performance of ruminants.

Key words: grass silage, corn silage, fermentation quality, cell wall components

1. Einleitung

Milchvieh haltende Landwirte produzieren in Österreich größtenteils im Berggebiet (BMLFUW 2015, *Abbildung 1*) und füttern traditionell sehr grundfutterbetont. Der wirtschaftliche Erfolg dieser Betriebe hängt daher stark von Qualität und Menge des wirtschaftseigenen Grünlandfutters bzw. Silomaises ab. Nach BMLFUW (2016) bzw. RESCH (2015) wurden im Jahr 2015 auf 529.735 ha Wiesen (davon 95.602 ha Feldfutterbau) rund 2,78 Mio. t Grassilage-TM und auf 91.854 ha Silomais rund 1,3 Mio. t Maissilage-TM erzeugt.

Die Qualitäten der Futterpflanzenbestände, deren Konservierung, Lagerung und Futtervorlage sind nach SPIEKERS et al. (2009) entscheidend für die tierischen Grundfutterleistungen. Für eine zukunftsorientierte Entwicklung im

Bereich Grundfutterqualität muss die Frage aufgeworfen werden, wo Schwachstellen auftreten und welche Möglichkeiten der Qualitätsverbesserung ausgeschöpft werden können. Dieser Beitrag widmet sich den Gärfutterqualitäten, weil in Österreich etwa 75 % des konservierten Grundfutters als Silage vorliegt und daher die Bedeutung entsprechend hoch ist.

Jährlich verschaffen sich nur rund 1 % der österreichischen Landwirte Klarheit über ihre eigenen Silagequalitäten, indem sie die Futterkonserven chemisch analysieren lassen oder selbst eine sensorische Bewertung mit dem ÖAG-Schlüssel durchführen. Allgemeingültige Auswertungen zur Qualität von Grassilage und Silomais erfordern repräsentative Untersuchungen in der österreichischen Praxis. Karl Buchgraber setzte mit dem Silageprojekt Steirisches Ennstal von 1988 bis 1990 einen Meilenstein in der österreichischen Gärfut-

terforschung (BUCHGRABER und RESCH 1993), weil hier erstmals eine abgegrenzte Region umfassend in punkto Silage bewertet werden konnte. Seit dem Jahr 2003 organisieren die Fütterungsreferenten der Landwirtschaftskammern der Bundesländer gemeinsam mit den Arbeitskreisen Milchproduktion, dem Futtermittellabor Rosenau (LK Niederösterreich), dem Maschinenring und den Landeskontrollverbänden (LKV) sowie der HBLFA Raumberg-Gumpenstein Projekte zu Untersuchung der Grassilage- und Silomaisqualität (RESCH 2010), so auch im Erntejahr 2016. Von unschätzbarem Wert ist, dass zu jeder Silageprobe auch das Management der Futterkonservierung abgefragt wurde. Erst durch diese Zusatzinformationen kann eine Verbindung zwischen der Futterqualität und der Arbeitsweise der Betriebe hergestellt werden. Alle nachfolgenden Aussagen über das österreichische Gärfutter konnten direkt aus den Ergebnissen dieser Praxisprojekte abgeleitet werden. Aus Platzgründen konnten in diesem Beitrag nicht alle möglichen Qualitätsfragen zum Gärfutter besprochen werden.

2. Material und Methoden

2.1 Grassilagedaten

Die Daten aus den LK-Silageprojekten der Erhebungsjahre 2003, 2005, 2007, 2009 und 2016 stellen in Österreich mit ~5.000 Grassilagen den größten Pool an Grassilage-Probedaten aus Praxisbetrieben dar. Die Silagen stammen aus allen Bundesländern, ausgenommen Burgenland und Wien. Die Erhebungen und Probenziehungen auf den landwirtschaftlichen Betrieben wurden von Mitarbeitern der Landeslandwirtschaftskammern, vorwiegend im Zuge

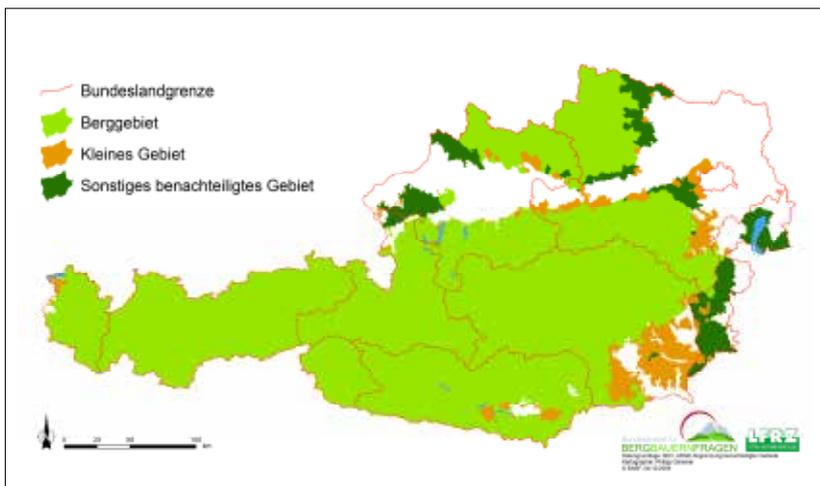


Abbildung 1: Benachteiligte Gebiete in Österreich (Karte BABF 2009)

Tabelle 1: Anteil verschiedener Siliersysteme für Grassilage in Abhängigkeit von der Wirtschaftsweise (LK-Silageprojekt 2016)

Wirtschaftsweise	Fahr-silo	Silo-haufen	Hoch-/Tiefsilo	Rundballen	Silo-schlauch	Anzahl Proben
Biobetrieb	43,0	0,9	6,1	48,2	1,8	114
UBB	58,6	0,4	2,6	38,4	0	268
Verzicht	44,4	0	0	55,6	0	27
ohne ÖPUL	72,9	1,4	3,5	22,2	0	144
Gesamt	59,0	1,0	3,6	36,0	0,3	553

der Milchvieh-Arbeitskreisberatung, durchgeführt. Die chemische Futtermittelanalytik erfolgte im Futtermittellabor Rosenau (Landeslandwirtschaftskammer Niederösterreich) mittels Standardmethoden und im Projektjahr 2016 auch mit Hilfe der Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS). Alle Proben wurden auf den Roh Nährstoffgehalt, entsprechend der Weender-Nährstoffanalytik und auf Gärqualität (VDLUFA 1976) untersucht. Die Energiebewertung erfolgte auf Basis des Roh Nährstoffgehalts mit Hilfe von Regressionen (GRUBER et al. 1997), welche aus der DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer (DLG 1997) abgeleitet wurden. Im Projektjahr 2016 wurden zusätzlich die Gehalte an Gerüstsubstanzen nasschemisch nach VAN SOEST (1963a) bzw. VAN SOEST (1963b) sowie der Zuckergehalt mit NIRS analysiert.

Im Projektjahr 2016 wurden bei 553 Grassilageproben deutliche Unterschiede bezüglich des angewendeten Siliersystems bzw. der betrieblichen Wirtschaftsweise festgestellt (Tabelle 1). Unter den ÖPUL-Teilnehmern (Bio, UBB, Verzicht) wendeten im Durchschnitt 53 % das Fahrsilosystem und 42 % das Rundballensystem an. Nicht-ÖPUL-Betriebe bevorzugten das Fahrsilosystem mit ~73 % wesentlich stärker. Auf den 1. Aufwuchs entfielen 72 % der eingesendeten Grassilagen, der Rest von 28 % teilte sich auf die Aufwüchse 2 bis 5 auf. Die Zuordnung der Proben entsprechend der Futterzusammensetzung ergab 72 % Grassilagen aus Dauergrünland, 17 % Feldfuttersilagen und 11 % Mischsilagen aus Dauergrünland und Feldfutter.

2.2 Maissilagedaten

Die Teilnahme an Silomaisprojekten war bis dato verhalten, weil in den Erhebungsjahren 2009 und 2016 in Summe nur 225 Maissilagen mit chemischen Analysen und Fragebogendaten erfasst wurden. Um die Repräsentativität für österreichweite Aussagen zu verbessern, stellte das Futtermittellabor Rosenau anonymisierte Analysendaten von Maissilagen der Untersuchungsjahre 2009 bis 2012 (1.564 Proben) und 2016 (439 Proben) zur Verfügung. Zusätzlich wurden 226 Datensätze einer Silomais-Fragebogenaktion des Jahres 2012 berücksichtigt, wo Fragen der Nacherwärmung und Schimmelbildung behandelt wurden.

2.3 Datenauswertung

Die Auswertungen der Daten erfolgten vorwiegend deskriptiv mit dem Softwarepaket SPSS (Version 24). Mehrfaktorielle Analysen wurden mit Statgraphics (Version 15.2.14) durchgeführt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Mit der Ausbreitung der Silagesysteme als schlagkräftige Möglichkeit der Konservierung von Futterpflanzen wurde

bereits früh erkannt, dass mindere Silagequalitäten negative Auswirkungen auf die Tierproduktion nach sich ziehen (WEIßBACH et al. 1977). Um die Qualität der Grassilagen verbessern zu können, wurden qualitätsbestimmende Faktoren eruiert (GROSS und RIEBE 1974). Bis heute wird an Möglichkeiten der Qualitätserhöhung gearbeitet (DLG 2011), weil die Gärfutterqualität von zentraler Wichtigkeit für den Erfolg auf Rinderbetrieben ist.

Das Einmaleins der Gärfutterproduzenten sind die sogenannten „Silierregeln“. Bei gewissenhafter Befolgung dieser Regeln sollte mit hoher Wahrscheinlichkeit eine gute bis sehr gute Silagequalität zu erreichen sein. Als wesentliche Erfolgsbasis sollen der Futterwert der Grünlandpflanzen und deren Silierbarkeit sehr gut sein, damit die Qualität des Gärfutters optimal werden kann. Eine gute Siliertechnik ist notwendig, um die geernteten Futterpflanzen unter minimalen Wertverlusten lagerstabil konservieren zu können.

3.1 Grassilagequalität in Österreich

Gärqualität

Der TM-Gehalt spielt eine zentrale Rolle bei der erfolgreichen Gärung von Futterpflanzen. Die Kunst der Futteranwelkung besteht in der richtigen Abstimmung von Geräteeinsatz und Wetterbedingungen, sodass die TM-Schwankungen im gesamten Erntegut +/- 50 g/kg FM vom Durchschnittsgehalt nicht übersteigen. Nasse Futterpartien bis ca. 280 g TM/kg FM können durch Gärstoffbildung TM-Massenverluste von über 10 % erleiden und neigen zu verlustreichen Fehlgärung, welche durch Buttersäureproduktion und Eiweißabbau gekennzeichnet ist (RESCH et al. 2011). Zu starke Anwelkung über 450 g/kg FM mindert die Säureproduktion und die Verdichtbarkeit deutlich, wodurch die Gefahr der Verpilzung und geringerer Haltbarkeit nach Siloöffnung ansteigt. Aus diesem Grund wird für Grassilage ein TM-Gehalt von 300 bis 400 g/kg FM empfohlen.

Mit 11,3 g Buttersäure/kg TM lag der Durchschnittswert für die Grassilagen 2016 im unzufrieden stellenden Fehlgärungsbereich. Dasselbe galt für die Projektjahre 2003 bis 2009, in welchen der mittlere Buttersäuregehalt praktisch gleich hoch war (RESCH 2010). Für eine sehr gute Gärqualität sollte der Buttersäuregehalt unter 3 g/kg TM (Abbildung 2), für „gute“ Gärqualität mit leichter Fehlgärung unter 8 g/kg TM liegen. Beim Dauerwiesenfutter des Jahres 2016 zeichnete sich in der Gärqualität ein positiver Trend mit etwas weniger Buttersäure und deutlich weniger Eiweißabbau (NH₂-N vom Gesamt-N) ab. Im Gegensatz dazu war beim Feldfutter des Jahres 2016 praktisch keine positive Entwicklung

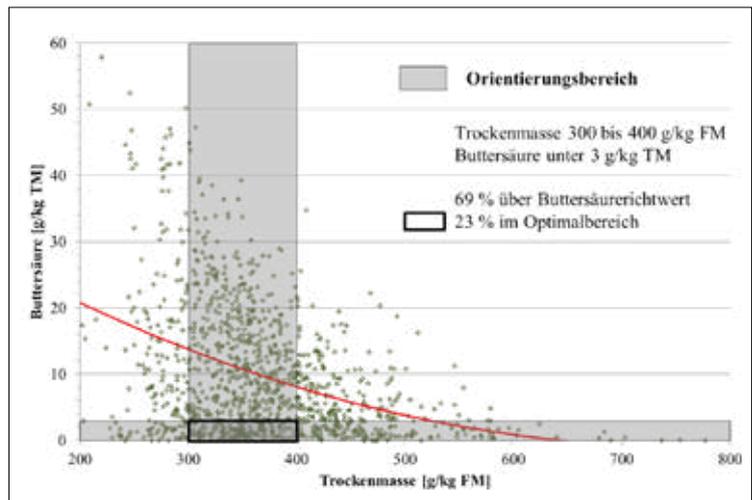


Abbildung 2: Buttersäuregehalte österreichischer Grassilagen in Abhängigkeit vom TM-Gehalt (Daten LK-Silageprojekt 2016)

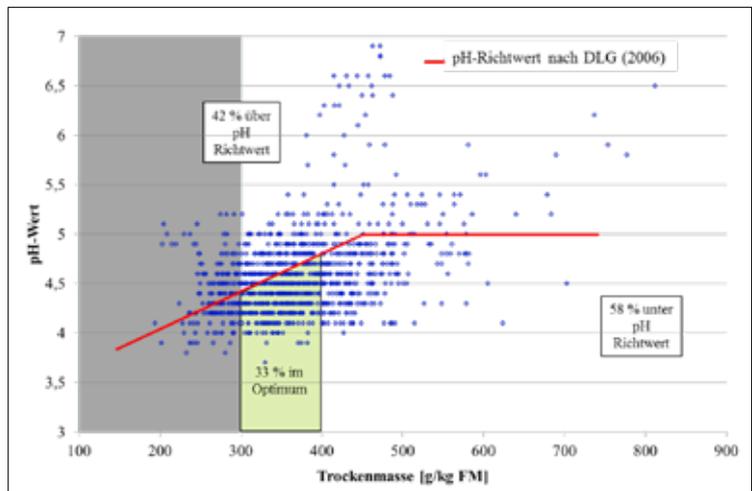


Abbildung 3: Bewertung des pH-Wertes von Grassilagen anhand der DLG-Richtwerte in Abhängigkeit vom TM-Gehalt (Daten LK-Silageprojekt 2016)

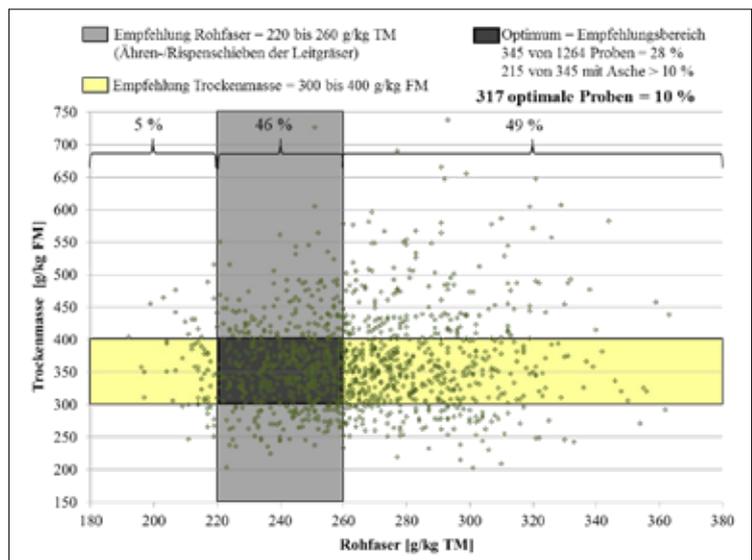


Abbildung 4: Empfehlungsbereich für TM- sowie Rohfasergehalt der Grassilage und tatsächliche Verteilung in der österreichischen Praxis im Jahr 2016 (Daten LK-Silageprojekt 2016)

erkennbar (Tabelle 2). Buttersäurebildung tritt besonders stark im Futter des 1. Aufwuchses auf (Tabelle 2) und wird durch zu geringe Anwelkung, Rohfasergehalte über 270 g/kg TM und erdige Verschmutzung begünstigt. Außerdem vermehren sich die sporenbildenden Buttersäurebakterien (Clostridien) optimal bei Temperaturen über 30 °C, meist durch Zeitverzögerung beim luftdichten Verschluss, und pH-Werten über 5,4, also am Beginn der anaeroben Gärung.

Bei einer mehrfaktoriellen Analyse stellte sich heraus, dass die Höhe des pH-Wertes einen hoch signifikanten Einfluss auf den Buttersäuregehalt ausübte. Überschreitungen des pH-Richtwertes führten in vielen Fällen zu erhöhten Buttersäuregehalten (Abbildung 3). Weiters sorgten erhöhte Gehalte an Hemizellulose, Zellulose und Rohasche für mehr Buttersäure. Positive Wirkungen wurden durch die Futterzerkleinerung auf Schnittlängen unter 3 cm sowie den Einsatz von Bakterien-Impfkulturen mittels Dosierautomaten erzielt.

Ein guter Gärerfolg kann erreicht werden, wenn der pH-Wert möglichst schnell unter den kritischen DLG-Richtwert (Abbildung 3) sinkt. Ideal wären mehr als 0,2 pH-Einheiten unterhalb des DLG-Richtwerts. Den pH-Richtwert unterschritten nur 40 % der Nasssilagen, 64 % der Grassilagen im TM-Empfehlungsbereich und 74 % der trockenen Grassilagen. Mit zunehmendem TM-Gehalt erhöhte sich also die Wahrscheinlichkeit einer zufriedenstellenden Gärung.

Von den 2016 eingesendeten Silageproben waren 16 % zu nass siliert (unter 300 g TM/kg FM) und 32 % waren stark bis sehr stark angewelkt (über 400 g/kg FM). In Österreich lagen somit 52 % der Grassilagen im Empfehlungsbereich von 300 bis 400 TM/kg FM und dennoch war das keine Garantie für eine optimale Milchsäuregärung, weil sogar bei optimalem Fasergehalt (220 bis 260 g XF/kg TM) eine deutliche Fehlgärung mit einem durchschnittlichem Buttersäuregehalt von 10 g/kg TM auftrat. Die Ergebnisse zeigen seit Jahren, dass das eher kräuterreiche Dauergrünlandfutter aus Österreich mäßig bis schwer vergärbbar ist. Für das österreichische Grünlandfutter wären daher TM-Gehalte zwischen 350 und 400 (450) g/kg FM bei kurzer Schnittlänge unter 3 cm empfehlenswert.

Im trockenen Bereich stammten 56 % der Proben aus Ballensilagen, bei welchen die starke Anwelkung an und für sich kein Problem darstellt. Gärheuballen mit TM-Gehalten über 500 g/kg FM sollten zwecks optimaler Luftdichtheit dennoch 8-lagig gewickelt werden. Das Pressballensystem ist hinsichtlich des TM-Gehaltes gegenüber dem Fahrsilo bzw. Hoch-/Tiefsilo bevorteilt, weil es von 250 bis 850 g TM/kg FM gut anwendbar ist. Bei jungem Futter (220 g XF/kg TM) und einer Futterlänge unter 5 cm sowie optimaler Verteilung und Verdichtung sollten Fahrsilos bzw. Hoch-/Tiefsilos insbesondere

Tabelle 2: Durchschnittliche Grassilagequalitäten in Österreich aus den LK-Silageprojekten 2003-09 und 2016 in Abhängigkeit vom Aufwuchs

Parameter	Kürzel	Einheit	Dauerwiese				Feldfutter			
			2003-09	2016	2003-09	2016	2003-09	2016	2003-09	2016
Aufwuchs			1.	1.	2.+	2.+	1.	1.	2.+	2.+
Probenanzahl		n	1643	287	467	118	353	70	155	28
Trockenmasse	TM	g/kg FM	369	355	390	397	376	358	404	384
Rohprotein	XP	g/kg TM	145	151	150	145	154	158	162	156
nutzbares Rohprotein	nXP	g/kg TM	133	136	129	126	133	136	131	129
N-Bilanz im Pansen	RNB	g/kg TM	2,1	2,5	3,4	3,0	3,4	3,5	5,0	4,4
Σ Zellwandbestandteile	NDF	g/kg TM	*514	441	*530	479	*503	438	*508	467
Zellulose + Lignin	ADF	g/kg TM	*344	291	*387	318	*346	302	*360	330
Lignin	ADL	g/kg TM	*51	37	*69	50	*60	41	*51	51
Rohfaser	XF	g/kg TM	264	253	259	270	268	258	261	279
Rohfett	XL	g/kg TM	30	32	30	30	31	33	30	32
Rohasche	XA	g/kg TM	101	101	109	108	104	107	109	115
Zucker	XZ	g/kg TM	70	75	52	59	66	64	41	45
OM-Verdaulichkeit	dOM	%	73	74	71	69	72	74	71	70
Umsetzbare Energie	ME	MJ/kg TM	10,1	10,3	9,7	9,5	10,0	10,2	9,7	9,6
Nettoenergie-Laktation	NEL	MJ/kg TM	6,05	6,17	5,78	5,63	5,94	6,10	5,75	5,66
Calcium	Ca	g/kg TM	7,1	6,3	8,5	8,4	8,1	7,7	9,6	9,7
Phosphor	P	g/kg TM	3,0	3,3	3,3	3,3	3,1	3,4	3,4	3,6
Kalium	K	g/kg TM	29,4	28,5	29,0	26,9	31,1	29,8	30,6	29,9
Eisen	Fe	mg/kg TM	759	761	923	1091	579	567	682	1002
pH-Wert	pH		4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,6	4,6
Milchsäure	Ms	g/kg TM	43,9	42,8	43,0	40,0	47,0	50,9	46,4	47,6
Essigsäure	Es	g/kg TM	11,1	13,7	10,9	11,2	13,1	16,1	12,1	12,7
Buttersäure	Bs	g/kg TM	13,0	11,7	8,4	6,2	9,9	10,0	6,0	9,1
Gesamtsäure	Gs	g/kg TM	68,0	69,3	62,3	57,6	69,6	78,2	64,6	70,0
NH ₃ -Anteil von Gesamt-N		%	8,5	5,0	7,4	4,6	8,9	6,9	7,9	5,6
Ethanol	Eth	g/kg TM		3,1		2,4		6,7		3,4
DLG-Punkte		0-100	73	76	80	86	77	78	82	81
Verdichtung		kg TM/m ³	173	155	190	127	177	142	180	128

* im LK-Silageprojekt wurden erst ab 2007 Zellwandbestandteile analysiert (ca. 10 % der Proben)

im oberen Drittel nur mit Erntegut bis max. 450 g TM/kg FM befüllt werden. 14 % der Grassilagen des LK-Silageprojektes 2016 von Fahr- oder Hoch-/Tiefsilos wiesen TM-Gehalte über 400 g/kg FM auf.

Zellwandbestandteile

Die Ernte im Vegetationsstadium „Ähren-/Rispen-schieben“ bei den Leitgräsern (Knaulgras und Goldhafer) bzw. im „Knospenstadium“ bei Leguminosen gilt als optimaler Silierzeitpunkt, weil in diesem Stadium eine hohe Verdaulichkeit, ein guter Proteingehalt und gleichzeitig ein ansprechender Ertrag erzielt werden können. Unabhängig von den Wetterbedingungen einzelner Jahre schaffen es nur rund 50 % der engagierten österreichischen Landwirte, die bei Silageprojekten teilnehmen, den Erntezeitpunkt hinsichtlich Futterqualität optimal auszuwählen (RESCH 2010). Der Begriff Ähren-/Rispen-schieben ist zwar geläufig, aber Praktiker haben dennoch Schwierigkeiten das Reifestadium der Pflanzen auf den eigenen Futterflächen einzustufen.

Seit über 100 Jahren wird der Rohfasergehalt (XF) des Futters mit dem Vegetationsstadium in Verbindung gebracht und heutzutage für die Silierung ein optimaler Bereich von 220 bis 260 g XF/kg TM empfohlen. Aus *Abbildung 4* geht hervor, dass im Jahr 2016 insgesamt 49 %, also die Hälfte der untersuchten österreichischen Grassilagen zu spät geerntet wurden, was nach (RESCH) 2010 der durchschnittlichen IST-Situation entspricht. Dennoch waren 2016 die durchschnittlichen Rohfasergehalte im 1. Aufwuchs um 10 g geringer als im LK-Silageprojekt 2003-09. Eine Reduktion um 10 g Rohfaser bedeutet eine höhere Verdaulichkeit und damit eine Zunahme von 0,1 MJ NEL/kg TM bzw. eine Verbesserung der Grundfutterleistung um ca. 200 kg/Kuh und Jahr. Der regenreiche Sommer 2016 führte zu gutem Ertragszuwachs, aber auch zu höheren Fasergehalten in den Folgeaufwüchsen, was sich negativ auf Verdaulichkeit und Energiegehalt auswirkte.

Der Rohfasergehalt gilt mittlerweile als ungenau, weil er nur einen Teil der Zellwandbestandteile und daher die tatsächliche Futterzusammensetzung relativ unzureichend abbildet. Der gesamte Anteil an Zellwandbestandteilen (Hemizellulose, Zellulose und Lignin) wird mit der NDF (Neutral-Detergentien-Faser) wesentlich besser erfasst und beträgt im Stadium Ähren-/Rispen-schieben ca. 415 bis 490 g/kg TM. Laut NDF-Bewertung überschritten lediglich 25 % der Grassilagen den optimalen Erntezeitpunkt, was eine große Diskrepanz gegenüber der Rohfaserbewertung bedeutet. Andererseits wiesen 31 % der Grassilagen aus dem Jahr 2016 NDF-Werte unterhalb der Empfehlungen auf und wären daher eigentlich zu früh geerntet worden. Im Gegensatz zur Rohfaserinterpretation zeigt die harmonische

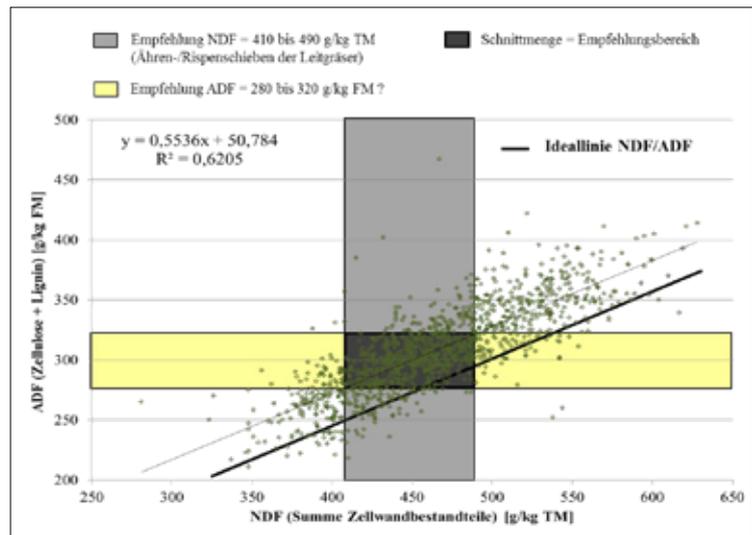


Abbildung 5: Beziehung zwischen NDF- und ADF-Gehalt in österreichischen Grassilagen (Daten LK-Silageprojekt 2016)

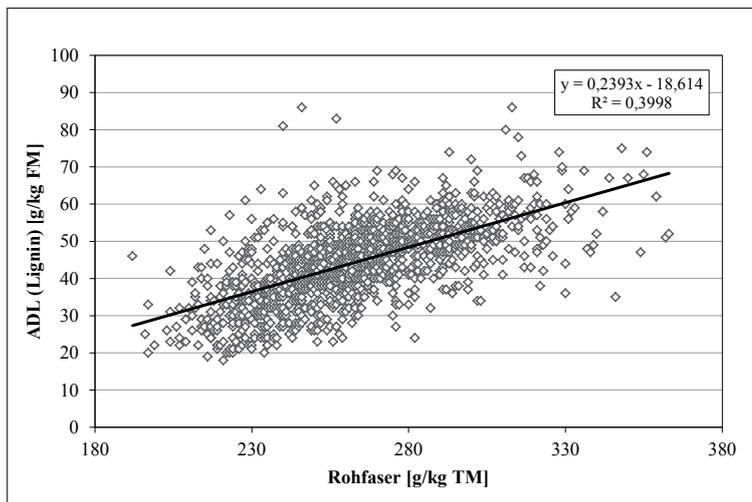


Abbildung 6: Beziehung zwischen Rohfaser- und Ligningehalt in österreichischen Grassilagen (Daten LK-Silageprojekt 2016)

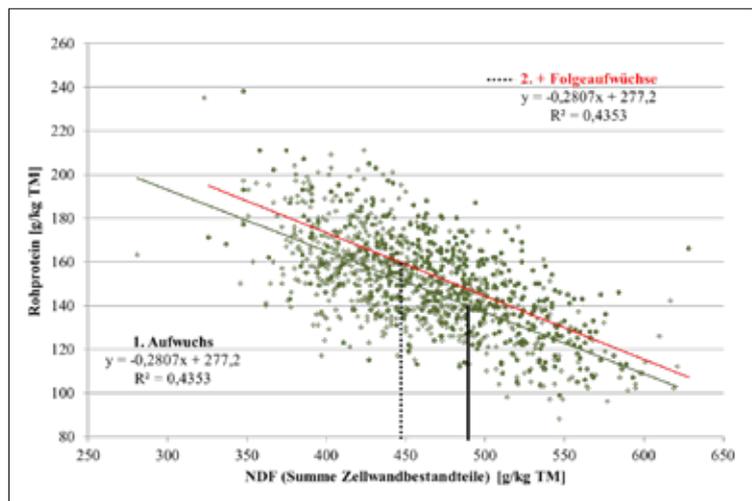


Abbildung 7: Beziehung zwischen NDF- und Rohproteingehalt in Grassilagen verschiedener Aufwüchse (Daten LK-Silageprojekt 2016)

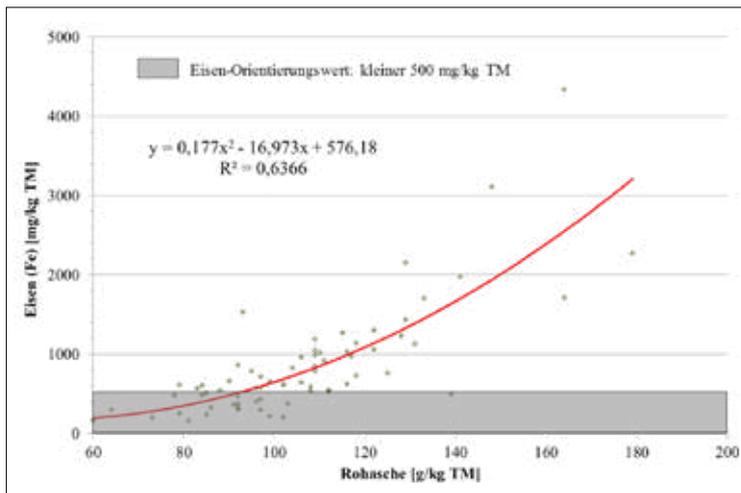


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen Rohasche- und Eisengehalt in österreichischen Grassilagen (Daten LK-Silageprojekt 2016)

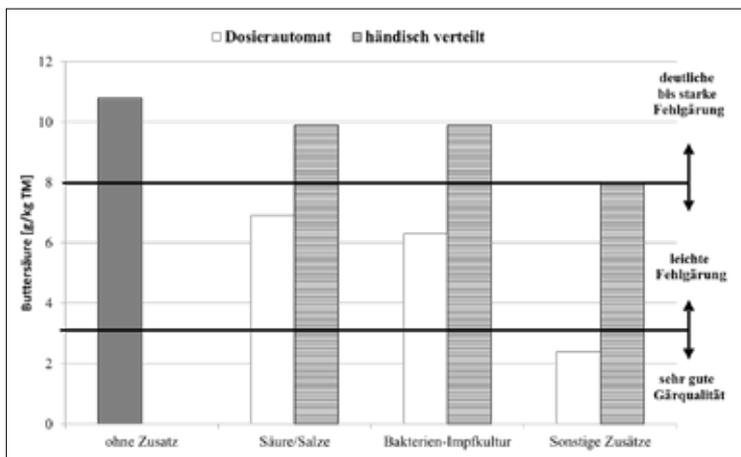


Abbildung 9: Einfluss von Silierzusätzen und deren Verteilung auf den Buttersäuregehalt von Grassilagen in Österreich (Daten LK-Silageprojekt 2016)

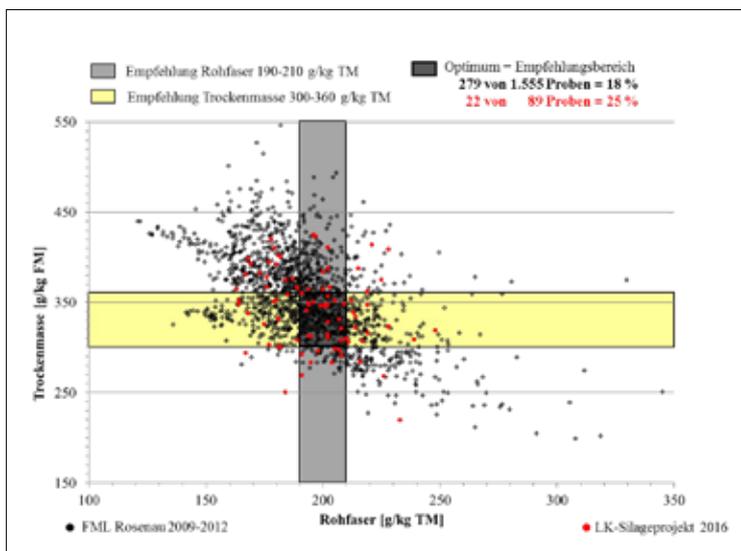


Abbildung 10: Empfehlungsbereich für TM- sowie Rohfasergehalt von Maissilage und tatsächliche Verteilung in der österreichischen Praxis (Daten FML Rosenau 2009-2012, LK-Silageprojekt 2016)

NDF-Verteilung, dass es in Österreich unter den engagierten Landwirten prinzipiell ein sehr ausgeprägtes Qualitätsbewusstsein in punkto Grundfutter gibt.

Die Auswertung der schwer bis unverdaulichen Zellwandbestandteile (ADF = Zellulose + Lignin) zeigte schließlich, dass österreichische Grassilagen mehr ADF enthielten als Grassilagen aus europäischen Gunstlagen. Die DLG-Empfehlungen für ADF reichen von 230 bis 270 g/kg TM (SPIEKERS 2011), während in Österreich 260 bis 310 g ADF/kg TM als Maß für gute Grundfutterqualität vorgeschlagen sind. Nach den österreichischen ADF-Empfehlungen lagen 43 % der Grassilagen im Jahr 2016 über dem ADF-Orientierungsbereich. Für die erhöhten ADF-Gehalte in den Grassilagen sind hauptsächlich Pflanzenarten mit höherem Stängelanteil verantwortlich.

Die grafische Gegenüberstellung von NDF- und ADF-Gehalten (Abbildung 5) zeigt, dass eine ADF-Reduktion um 15 bis 20 g ADF/kg TM anzustreben wäre. Diese sollte nicht über eine Vorverlegung des Erntezeitpunktes sondern über eine gezielte Lenkung der Pflanzenbestände des wirtschaftlich genutzten Dauergrünlandes in Richtung blattreicherer Arten und Zuchtsorten mit höherer Verdaulichkeit erreicht werden können.

Lignin ist der für Pansenmikroben unverdauliche Teil der Zellwand, weshalb es für den Wiederkäuer nicht verfügbar ist. Die Ergebnisse aus dem LK-Silageprojekt zeigen, dass Werte zwischen 18 und 86 g/kg TM in Grassilagen auftraten. In der Rohfaser ist ein Teil des gesamten Lignins enthalten, daher wäre anzunehmen, dass eine hohe Korrelation zwischen beiden Parametern besteht. Die Regressionsanalyse (Abbildung 6) ergab allerdings nur eine moderate lineare Abhängigkeit (Korrelationskoeffizient 0,65) zwischen den Variablen.

Nach RESCH (2016) entwickelten sich die österreichischen Grünlandfutterbestände hinsichtlich Lignifizierung (Verholzung) sehr unterschiedlich. Mit zunehmendem Alter des Futters nimmt der der Ligningehalt grundsätzlich zu, aber bei gleichen XF-Gehalten sind ADL-Schwankungen von über +/-40 g/kg TM durchaus plausibel. Stark verholzende Pflanzenarten sind im Futterwert schlechter, weil sie weniger verdaulich sind. Für Betriebe mit hohen Milchleistungen sind hoch verdauliche Futterpflanzen von Wichtigkeit, daher ist für diese Betriebe die nasschemische Ligninanalyse auf jeden Fall empfehlenswert.

Viele Pflanzenarten des Dauergrünlandes neigen bei gehobener Bewirtschaftungsintensität (Nutzung und Düngung) zur raschen Verholzung, was die höheren Zellulose- und Ligningehalte (ADF bzw. ADL) und die ungünstigere Silierbarkeit erklärt. Rund 40 % der untersuchten Grassi-

lagen hatten zu hohe ADF-Gehalte und damit schlechte Voraussetzungen für gute Gärqualität (Abbildung 5). In der standortangepassten, qualitätsorientierten Lenkung der Dauerwiesenbestände hin zu spätreiferen, blattreichen Arten und Zuchtsorten mit möglichst geringem Raygrasanteil besteht daher die größte Herausforderung für die nächsten Jahre!

Die Bewertung des Entwicklungsstadiums über den Rohfasergehalt führt vielfach zu falschen Schlussfolgerungen, weil dieser Wert nur einen Teil der Zellwandbestandteile abbildet. Daher sollte die Rohfaser in der Praxis so rasch wie möglich durch die wesentlich genauere Gerüstsubstanztanalyse abgelöst werden. Projektdaten liefern hier die Grundlage für österreichspezifische Praxisempfehlungen.

Proteingehalte

Die Versorgung mit wirtschaftseigenem Protein ist für viehhaltende Betriebe äußerst wichtig, weil zugekauft Protein hohe Kosten verursacht. Landwirte sind daher an Grassilagen mit guten Proteingehalten interessiert. Anhand der Praxisproben des Futtermittellabors Rosenau (STÖG-MÜLLER 2016) konnte in den Jahren 1998 bis 2015 ein leichter Abwärtstrend im Proteingehalt der untersuchten Grassilagen beobachtet werden.

Die durchschnittlichen Proteingehalte der Grassilagen aus Dauerwiesenfutter lagen im 1. Aufwuchs des Jahres 2016 mit 152,6 g XP/kg TM um ~5 g höher als der Mittelwert der Jahre 2003 bis 2009. Somit wurde der Orien-

tierungswert von 140 g/kg TM zumindest bei 72 % der Proben überschritten. Hingegen lagen die XP-Gehalte im 2. Aufwuchs mit 139,6 g/kg TM um ~8 g niedriger als der Vergleichsmittelwert (RESCH 2010) aus vorherigen LK-Silageprojekten. Den Orientierungswert der Folgeaufwüchse (> 160 XP/kg TM) überschritten nur ~27 % der eingesendeten Grassilagen des Jahres 2016. Die XP-Gehalte von Feldfuttersilagen waren im Durchschnitt um 7 g höher als jene von Silagen aus Dauergrünlandfutter.

Die Rohproteingehalte der Grassilagen stehen mit der Gesamtheit an Zellwandbestandteilen (NDF) in einer moderaten Beziehung (Abbildung 7), wobei die Datenvarianz nur zu ~40 % (R^2) über ein lineares Regressionsmodell erklärt werden kann. Im Durchschnitt konnte der XP-Orientierungswert im 1. Aufwuchs bei einem NDF-Gehalt von ~490 g/kg TM bzw. bei den Folgeaufwüchsen bei ~440 g NDF/kg TM erreicht werden (Abbildung 7). Die XP-Spannweite betrug bei gleichem NDF-Gehalt teilweise über +/- 30 g XP bezogen auf den XP-Mittelwert, d.h. dass die Pflanzenbestände für die Grassilageproduktion hinsichtlich Gräser-, Leguminosen- und Kräuteranteil sehr verschieden zusammengesetzt waren. Der Abbau von Protein zu NPN-Verbindungen, wie Ammoniak (RESCH und GRUBER 2015), hing mit dem TM-Gehalt bzw. dem Gehalt an Hemizellulose bzw. Zellulose zusammen. Gegenüber den LK-Silageprojekten 2003 bis 2009 wurde im Projektjahr 2016 ein deutlicher Rückgang des Proteinabbaus beobachtet (Tabelle 2 und 3).

Tabelle 3: Darstellung der Grassilage-Qualität in Österreich aus den LK-Silageprojekten 2003-09 und 2016 in Abhängigkeit vom Siliersystem

Parameter	Kürzel	Einheit	Fahrsilo		Silohaufen		Hoch-/Tiefsilo		Ballensilage	
			2003-09 ¹	2016						
Probenanzahl		n	1783	336	74	6	131	21	868	210
Anteil		%	62,4	58,6	2,6	1,0	4,6	3,7	30,4	36,6
Trockenmasse	TM	g/kg FM	365	352	349	369	369	352	400	387
Rohprotein	XP	g/kg TM	150	153	148	149	144	150	148	150
nutzbares Rohprotein	nXP	g/kg TM	132	134	132	130	132	134	133	133
N-Bilanz im Pansen	RNB	g/kg TM	2,8	3,1	2,5	3,0	2,0	2,7	2,5	2,7
Σ Zellwandbestandteile	NDF	g/kg TM		450		495		440		446
Zellulose + Lignin	ADF	g/kg TM		297		322		294		302
Lignin	ADL	g/kg TM		40		45		43		41
Rohfaser	XF	g/kg TM	263	257	264	278	266	253	263	260
Rohfett	XL	g/kg TM	31	32	31	31	31	31	30	31
Rohasche	XA	g/kg TM	105	105	100	105	102	103	100	102
Zucker	XZ	g/kg TM		63		34		45		78
OM-Verdaulichkeit	dOM	%	72,4	73,1	72,5	70,7	72,2	73,6	72,5	72,6
Umsetzbare Energie	ME	MJ/kg TM	9,99	10,10	10,04	9,75	10,02	10,05	10,05	10,08
Nettoenergie-Laktation	NEL	MJ/kg TM	5,96	6,04	5,99	5,78	5,98	6,10	6,00	6,00
Calcium	Ca	g/kg TM	7,5	6,3	7,7	7,8	8,2	7,5	7,7	7,8
Phosphor	P	g/kg TM	3,1	3,4	3,0	3,8	3,0	3,0	3,1	3,2
Kalium	K	g/kg TM	29,8	29,2	28,3	27,1	28,7	27,6	29,5	28,5
Eisen	Fe	mg/kg TM	774	945	1145	-	1286	-	673	721
pH-Wert	pH		4,5	4,5	4,4	4,6	4,5	4,4	4,4	4,6
Milchsäure	Ms	g/kg TM	43,0	45,0	49,9	38,0	46,8	59,0	46,8	41,0
Essigsäure	Es	g/kg TM	12,0	15,0	12,8	16,0	12,1	17,0	10,1	11,0
Buttersäure	Bs	g/kg TM	11,9	10,7	14,6	9,3	11,8	7,8	9,2	9,6
Gesamtsäure	Gs	g/kg TM	66,9	72,0	77,4	65,0	70,7	85,0	66,0	62,0
NH ₃ -Anteil von Gesamt-N		%	8,6	5,3	9,0	6,8	8,4	5,1	7,8	4,9
Ethanol	Eth	g/kg TM		2,2		1,1		3,9		3,9
DLG-Punkte		0 bis 100	74	78	71	80	73	85	79	78
Verdichtung		kg TM/m ³	189	196	181		185	202	155	123

¹LK-Silageprojekte 2003, 2005, 2007, 2009

Futterverschmutzung

Neben zu hohen Zellwandgehalten und zu geringer Anwelkung ist unter anderem die erdige Futterverschmutzung für die hohen Buttersäuregehalte verantwortlich. Im Jahr 2016 wiesen 60 % der untersuchten Grassilagen mehr als 100 g Rohasche/kg TM auf. Die Milchkühe können den „Dreck“ im Gärfutter nicht selektieren und müssen ihn fressen. Bei Zunahme des Gehalts an Rohasche (XA) um 10 g kommt es zu einer Reduktion der Energiedichte um 0,1 MJ NEL/kg TM. Der XA-Orientierungswert von 100 g/kg TM erwies sich nach RESCH et al. (2014) als fehlerbehaftet, weil die Interpretation hinsichtlich Verschmutzungsgrad in 25 % der Fälle falsch liegt. Mit dem Eisengehalt (Fe) oder dem Sandgehalt (HCl-unlösliche Asche), welche stark mit dem Aschegehalt korrelieren, kann der Verschmutzungsgrad wesentlich besser eingestuft werden (Abbildung 8). Finden sich mehr als 1.000 mg Eisen bzw. mehr als 20 g Sand/kg TM in der Grassilage, kann von deutlicher Erdverschmutzung gesprochen werden. Nach dieser Bewertung waren im Jahr 2016 insgesamt 28 % der Grassilagen deutlich verschmutzt.

In punkto Reduktion des Rohaschegehalts wurde in Österreich bei den Grassilagen keine Verbesserung registriert, obwohl 99,7 % der befragten Landwirte eine Schnitthöhe von mindestens 5 cm einhielten und 32 % sogar höher als 7 cm mähten. Offensichtlich wird die Bedeutung des vorhandenen Erdverschmutzungsproblems als „Qualitäts- und Energieräuber“ in der Praxis unterschätzt. Die Bewertung des Verschmutzungsgrades funktioniert mit dem Rohaschewert nur unbefriedigend und sollte durch die Analyse des Eisen- und/oder Sandgehaltes ergänzt werden. Ursachen für Erdverschmutzung sind Wühlmausbefall, geringe Narbendichte (offener Boden) und zu tiefe Einstellung von Ernte- und Werbegeräten (Zetter, Schwader) sowie Fehler in der Fahrweise (Schlupf, Vorgewende) und Probleme mit der Bereifung (Profil, Druck, Typ).

Silierzusätze als Problemlöser?

In den LK-Silageprojekten der Jahre 2003 bis 2009 wurden rund 20 % der eingesendeten Grassilagen mit Silierzusätzen behandelt. Im Vergleich dazu wurden im Erntejahr 2016 nur bei 14 % der Grassilagen Siliermittel zugesetzt. Hinsichtlich der Wirkungsgruppe wurden 68 % Bakterien-Impfkulturen, 20 % Säuren/Salzverbindungen und 12 % Sonstige Zusätze verwendet. Auffallend war, dass im Jahr 2016 von den gesamten Bakterien-Anwendungen 83 % und von den Säure-/Salzverbindungen sogar 93 % im Fahrilosystem stattfanden. Im Pressballensystem wurden vergleichsweise selten Siliermittel angewendet und wenn, dann bevorzugt Bakterien-Impfkulturen.

Die Wirkung von Silierhilfsmitteln kann gut über die Reduktion des Buttersäuregehaltes gemessen werden (Abbildung 9). Die händische Verteilung und Dosierung wurde in 37 % der Anwendungen praktiziert. Hier war der Erfolg sehr gering, d.h. der Buttersäuregehalt konnte nur geringfügig reduziert werden. Der händische Einsatz von Siliermitteln würde mit hoher Wahrscheinlichkeit einer Kosten-/Nutzenrechnung nicht standhalten. Die Applikation von Silierzusätzen mittels Dosierautomaten war dagegen im Durchschnitt im Stande, den Buttersäuregehalt in der Grassilage deutlich zu senken. Der Erfolg von Silierzusät-

zen in der pH-Absenkung war darüber hinaus auch dadurch erkennbar, dass 82 % der behandelten Grassilagen unterhalb des DLG-Richtwertes für den pH-Wert lagen (vergleiche Abbildung 3).

Es gibt kein Universalmittel für alle Einsatzbereiche und schon gar kein Zaubermittel für österreichische Grassilagen, mit dem alle möglichen Fehler ausgegült werden können. Siliermitteleinsatz erfordert Fachwissen zu Fragen der Gärfutterqualität und insbesondere in der Produktauswahl (Silierbarkeit, TM-Bereich) und deren optimaler Anwendung. Aufgrund der schlechteren Silierbarkeit österreichischer Grünlandbestände ist das DLG-Empfehlungsschema zu diskutieren und möglicherweise zu überarbeiten.

3.2 Maissilagequalität in Österreich

Als energiereiche Futterpflanze ist Silomais insbesondere in den Gunstlagen Österreichs in Form von Maissilage ein wichtiger Bestandteil von Wiederkäuerrationen. An den gesamten Futterkonserven Österreichs beträgt der Maissilageanteil etwa 20 %. Teilnehmer am LK-Silageprojekt 2016 bauten Silomais von 200 bis über 800 m Seehöhe an. Die Reifezahlen der angebauten Maissorten reichten bei Vorlage für Milchkühe von 220 bis 430 und bei Mastvieh von 280 bis 500. Die Anbauzeit erstreckte sich von 5. April bis 4. Juni 2016. Im Jahr 2016 traten teilweise Hagelschäden bis zu 60 % Schadausmaß auf. Bei der Silomaisernte wurden vorwiegend 6 bis 8-reihige Häcksler (1 bis 10-Reiher) verwendet. Die durchschnittliche Häckselhöhe betrug 28 cm (15 bis 55 cm). Für den Kornaufschluss setzten 70 % Corncracker ein, ein Betrieb produzierte Shredlage.

Einstufung Erntezeitpunkt

Durch den Zuchtfortschritt bei Silomais werden dem Landwirt heute Sorten mit hohen TM-Erträgen und guten Stärkegehalten feilgeboten. Sortenwahl, Anbauzeitpunkt und Vegetationsverlauf, das Abreifeverhalten und der Erntezeitpunkt bestimmen die Qualität der Maispflanzen (AMLER 2009). Landwirte füttern heute meist Wiederkäuer mit hohem genetischen Potential. Die bedarfsgerechte Struktur- und Energieversorgung erfordert daher, je nach Anspruch der Betriebe, maßgeschneiderte Maissorten und treffsichere Empfehlungen für den optimalen Erntezeitpunkt.

Bei Silomais bestimmt die Kolbenreife den Erntezeitpunkt (AMLER 2013). Wenn sich die Maiskörner am Ende der Teigreife befinden soll der TM-Gehalt der Gesamtpflanze den Empfehlungen von 300 bis 360 g/kg FM entsprechen und der Stärkegehalt über 300 g/kg TM liegen. In diesem Reifestadium weist die Gesamtpflanze etwa einen Rohfasergehalt von 190 bis 210 g/kg TM auf. In der österreichischen Praxis lagen im Jahr 2016 nur insgesamt 25 % der Maissilagen im TM- bzw. XF-Empfehlungsbereich. Von den 1.560 Maissilagen, welche in den Jahren 2009 bis 2012 untersucht wurden, lagen nur 18 % im Empfehlungsfenster (Abbildung 10). Rund 13 % der Maissilagen hatten TM-Gehalte unter 300 g/kg FM und waren somit der Gefahr der Gärstoffverluste ausgesetzt. Bei diesen Silagen war der Kolbenanteil bzw. der Reifegrad der Maiskörner zu gering. Zu später Anbau, falsche Sortenwahl (zu hohe RZ) oder ungünstige Witterungsbedingungen (Trockenheit, Nässe, Kälte) können dafür verantwortlich sein.

Auffallend war, dass in den Jahren 2009 bis 2012 insgesamt 30 % der Maissilagen mit TM-Gehalten über 360 g/kg FM und XF-Gehalten unter 190 g/kg TM konserviert wurden, d.h. diese Maissilagen hatten einen höheren Kolbenanteil als im Empfehlungsbereich. Im LK-Silageprojekt 2009 hatten vor allem Mastbetriebe deutlich höhere TM-Gehalte im Silomais (RESCH 2010). Je trockener die Maissilage, umso kürzer muss gehäckselt werden, damit die Verdichtung entsprechend passt. Milchviehbetriebe mit Maisanteilen über

30 % in der Ration können bei solchen meist hochenergetischen Maissilagen mit der Wiederkäuerverträglichkeit der Ration Schwierigkeiten bekommen, insbesondere wenn sie auch Top-Grassilagen mit niedrigem NDF-Gehalt verfüttern. Die Lignifizierung der Maispflanze betrug nach österreichischen Untersuchungen zwischen 20 und 39 g ADL/kg TM. Wünschenswert wären ADL-Gehalte unter 30 g/kg TM, weil dadurch die Verdaulichkeit der Maissilage verbessert wird. In der Praxis erreichten 47 % der Maissilagen dieses Ziel.

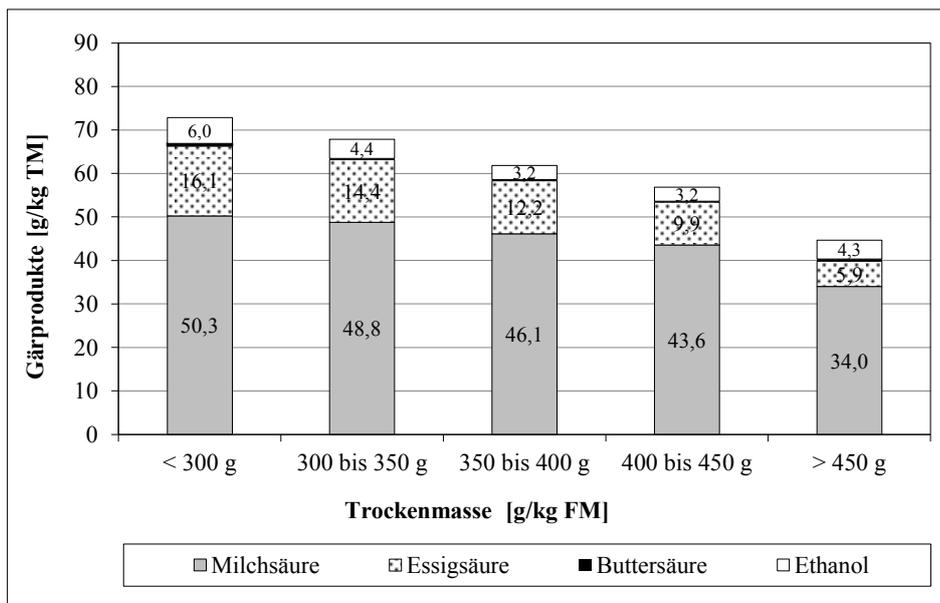


Abbildung 11: Gärprodukte von Maissilagen in Abhängigkeit vom TM-Gehalt (Daten: AK-Mast Nö. 2015, LK-Silageprojekt 2016)

Für die heute zur Verfügung stehende Sortenpalette von Silomais reichen die traditionellen qualitativen Empfehlungsparameter TM- und Rohfasergehalt für die Praktiker nicht mehr aus. Bei Maissilagen ist, ebenso wie bei Grassilagen, notwendig, die Zellwandbestandteile (NDF, ADF, ADL) in der praktischen Futterbewertung einzusetzen und sich vom Rohfasersystem zu verabschieden. Betriebe mit hohem Anteil an Maissilage in der Ration sollten darüber hinaus die physikalisch effektive NDF (peNDF) mit Hilfe der Schüttelbox ermitteln, weil bei Partikellängen unter 4 mm keine Strukturwirkung für den Wiederkäuer zu erwarten ist.

Tabelle 4: Darstellung der Maissilage-Qualität in Österreich in den Untersuchungsjahren 2009 bis 2012 und 2016

Parameter	Einheit	Österreich				Orientierungsbereich Österreich 2016				
		2009	2010	2011	2012	Min.	unteres Viertel	Mittelwert	oberes Viertel	Max.
Probenanzahl	n	174	621	617	147					
Trockenmasse	g/kg FM	370	343	363	368	219	320	352	378	514
Rohprotein	g/kg TM	66	70	72	72	46	63	67	70	161
nXP	g/kg TM	128	129	129	130	119	127	128	130	154
RNB	g/kg TM	-7,5	-9,5	-9,1	-9,2	-13,0	-10,0	-9,8	-9,0	1,0
NDF	g/kg TM	465	417	412	419	283	362	386	408	470
ADF	g/kg TM	248	234	242	251	160	214	229	244	296
ADL	g/kg TM	33	33	34	38	17	24	27	30	40
Rohfaser	g/kg TM	187	191	197	194	134	180	193	206	296
Rohfett	g/kg TM	29	29	30	31	26	30	32	33	38
Rohasche	g/kg TM	36	36	37	36	22	33	36	38	85
Stärke	g/kg TM	290	326	323	341	164	321	349	378	447
dOM	%					67	73	74	75	78
ME	MJ/kg TM	10,88	10,87	10,81	10,87	9,86	10,74	10,87	11,03	11,65
NEL	MJg/kg TM	6,58	6,57	6,52	6,56	5,82	6,47	6,57	6,68	7,14
Calcium (Ca)	g/kg TM	1,9	2,0	2,2	2,1	1,4	1,8	2,0	2,1	2,8
Phosphor (P)	g/kg TM	2,0	2,0	1,9	1,9	1,3	1,7	1,9	2,1	2,9
pH						3,6	3,8	3,9	3,9	5,0
Milchsäure	g/kg TM	43	51	51	85	5	35	44	53	114
Essigsäure	g/kg TM	16	18	16	17	4	10	14	15	89
Buttersäure	g/kg TM	1	0	0	1	0	0	1	1	3
NH ₃ von N _{tot}	%					0,7	4,3	6,0	7,1	19,6
Ethanol	g/kg TM					0,1	2,7	4,2	5,3	15,7
DLG-Bewertung	Punkte					65	96	99	100	100
Verdichtung	kg TM/m ³					157	179	211	224	309

Von den untersuchten Maissilagen enthielten 90 % mehr als 300 g Stärke/kg TM. Die durchschnittliche Energiedichte der Maissilagen lag bei Milchviehbetrieben bei 6,52 MJ NEL/kg TM und bei Mastbetrieben bei 11,00 MJ ME/kg TM (6,66 MJ NEL/kg TM).

Gärprodukte in Maissilagen

Bisweilen erschien die Untersuchung der Gärqualität von Maissilage in der Praxis wenig sinnvoll, weil die Bewertung mittels DLG-Schema in den meisten Fällen zu sehr guten Ergebnissen führte. Das trifft prinzipiell auch für die Analysen des LK-Silageprojektes 2016 zu, weil 97 % der eingesendeten Maissilagen das Maximum von 100 DLG-Punkten erreichten.

In Anbetracht der vielen Maissilagen mit TM-Gehalten über dem Empfehlungsbereich und hohen Stärkegehalten stellt sich die Frage, ob in den Gärprodukten Hinweise auf eine mögliche Labilität in punkto Haltbarkeit zu finden sind. Die Zusammensetzung der Gärprodukte ändert sich mit zunehmendem TM-Gehalt (*Abbildung 11*), insbesondere die Reduktion von Milch- und Essigsäure fällt auf. Bis zum TM-Bereich von 400 bis 450 g/kg FM lagen die durchschnittlichen Essigsäuregehalte über 10 g/kg TM, somit sollte bei Einhaltung des wöchentlichen Mindestvorschubs die Stabilität der Maissilage gegeben sein. Bei TM-Gehalten über 450 g TM/kg FM verringerte sich der Essigsäuregehalt in den untersuchten Maissilagen massiv, wodurch die Haltbarkeit der Maissilage an der Luft auf weniger als 3 Tage reduziert werden könnte. Außerdem zeigten die sehr trockenen Maissilagen eine erhöhte Alkoholproduktion, was ein Hinweis auf vermehrte Tätigkeit von Hefepilzen ist.

Die Teilnehmer des LK-Silageprojektes und anderer Maissilageuntersuchungen haben durch die Analyse der Gärqualität gezeigt, dass Maissilagen auch im TM-Bereich bis 400 g/kg FM sehr gut vergären und ausreichende Essigsäuregehalte erzielen können, weshalb auch prinzipiell eine gute Haltbarkeit zu erwarten ist. Eine Anpassung des TM-Orientierungsbereiches für Maissilagen auf 300 bis 400 g TM/kg FM wäre zu diskutieren, sofern der Vor-schub angemessen ist. Zur Sicherung der aeroben Stabilität von Maissilagen über 400 g TM/kg FM wird der Einsatz von Silierzusätzen der Wirkungsrichtung Verbesserung der aeroben Stabilität (organische Säuren wie z.B. Propion-, Ameisen-, Sorbin- oder Benzoesäure; heterofermentative Milchsäurebakterien) zumindest im oberen Drittel des Silos empfohlen.

Proteingehalt und Proteinabbau

Die Maissilagen des Jahres 2016 wiesen mit durchschnitt-

lich 65 g/kg TM geringe Rohproteingehalte auf (*Tabelle 4*). Für Mastbetriebe ist der Silomais auch als Proteinquelle wichtig, daher zählt jedes Gramm an wertvollem Protein. Bei der Gärung wird Protein teilweise zu Ammoniak (NH₃) abgebaut. Im LK-Silageprojekt 2016 machte NH₃ 5,6 % des gesamten Stickstoffs aus. Da der DLG-Empfehlungswert für Ammoniak in Silagen bei kleiner 8 % liegt, kann die Situation als in Ordnung befunden werden. Aus den Projektdaten wurde ersichtlich, dass der Proteinabbau mit zunehmendem TM-Gehalt der Maissilagen von 4,7 auf 6,4 % anstieg.

Verdichtung

Unter den Teilnehmern des LK-Silageprojektes betrug die durchschnittliche Silokubatur für Maissilage 328 m³. Das Erntegut wurde größtenteils mittels Kipper oder Abschleppwagen angeliefert, d.h. es ist für den Fahrer schwierig eine gleichmäßige Schicht auf den Fahrsilo abzuladen. Die Anliefermenge betrug im Schnitt 53 m³ pro Stunde und schwankte in der Praxis von 9 bis 133 m³ Erntegut pro Stunde. Die Verteilung erfolgte hauptsächlich mit Hilfe von Front-/Radlader. Für die Walzarbeit wurden Schlepper mit einem Durchschnittsgewicht von 8,5 t eingesetzt (3 bis 30 t). Vom Beginn der Silierung bis zur luftdichten Abdeckung wurden durchschnittlich 10,5 Stunden (1 bis 36 Stunden) benötigt.

Die mittlere Verdichtung von 203 kg TM/m³ basiert leider nur auf einer geringen Datenmenge. Dennoch zeigen die Ergebnisse, dass der geforderte DLG-Orientierungswert (*Abbildung 12*) für die Verdichtung von Maissilagen in der Praxis kaum erreicht wurde. Die Trendlinie liegt ca. 60 kg unter dem DLG-Orientierungswert für Maissilagen. Im Projektjahr 2009 lagen die Verdichtungswerte mit durchschnittlich 173 kg TM/m³ noch wesentlich tiefer (RESCH 2010).

Es ist wenig verwunderlich, dass die teilnehmenden Maissilageproduzenten im Durchschnitt nicht in der Lage waren, eine gute Verdichtung des Erntegutes zu erreichen.

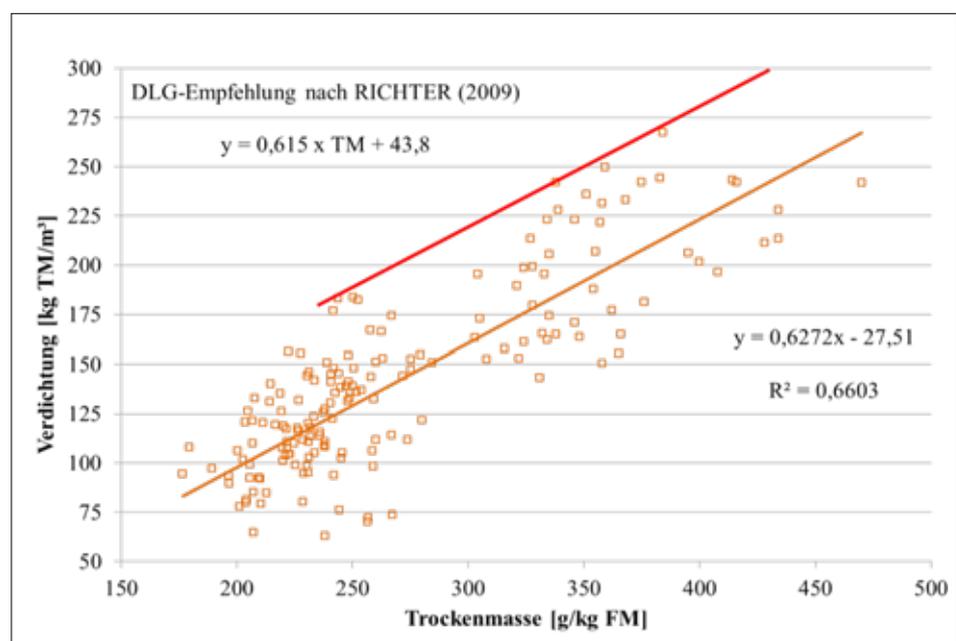


Abbildung 12: Verdichtung von österreichischen Maissilagen in Abhängigkeit vom TM-Gehalt (Daten Silageprojekt Steirisches Ennstal 1988 bis 1990, LK-Silageprojekt 2012 bis 2013)

Die Anliefermengen waren aufgrund der leistungsstarken Selbstfahrhäcksler mit 6 und mehr Reihen enorm hoch. Der Zeitdruck für Abladen, Verteilung und Walzarbeit bewirkte ein durchschnittliches Defizit von 60 kg TM/m³ gegenüber dem Richtwert. Geringere Verdichtung bedeutet mehr Porenvolumen und rascherer Lufteintritt nach Siloöffnung, wodurch sich die Haltbarkeit der Maissilage verringert.

Nacherwärmung und Schimmelbildung

Maissilage ist aufgrund der hohen Energiedichte eine leicht verderbliche Futterkonserven, daher muss Nacherwärmung und Schimmelbildung aus futterhygienischer Sicht mit allen zur Verfügung stehenden Möglichkeiten verhindert werden. Nacherwärmungen beginnen bereits ab einer Silagetemperatur von 20 °C. Im LK-Silageprojekt 2016 wurden teilweise Temperaturmessungen durchgeführt. Dabei kam heraus, dass 33 % der Maissilagen diesen Wert von 20 °C leicht überschritten und somit eine Gefahr der Nacherwärmung bestand. Im Jahr 2012/13 wurden auf 226 Betrieben Erhebungen zur Nacherwärmungs- und Schimmelproblematik durchgeführt. Insgesamt 29 % der befragten Betriebe hatten damals Probleme mit der Nacherwärmung.

Zwecks guter Stabilität nach Siloöffnung sollte Maissilage mindestens 6 Wochen gären, damit die volle mikrobiologische Stabilität erreicht wird. Zum Zeitpunkt der Beprobung (ab Ende Oktober 2016) hatten bereits 44 % der Teilnehmer im Jahr 2016 die Maissilage für die Fütterung geöffnet. Von jenen Betrieben, die den Maissilo bereits offen hatten, wurde der Silo in 80 % der Fälle vor 6 Wochen Gärdauer aufgemacht, 20 % dieser Betriebe öffneten nach nicht einmal 2 Wochen Gärdauer.

In punkto Schimmelbildung gaben 8 % der Teilnehmer an, dass sie leichte Probleme mit Rand- bzw. Oberflächenschimmel hatten. Bei der Befragung im Jahr 2012 hatten 64 % der Betriebe in diesem Bereich Schimmelprobleme und 4 % größere Probleme mit blauen oder roten Schimmelknollen in der Maissilage. Bei Maissilage gibt es offensichtlich Jahre mit höherem pilzlichen Infektionsdruck und Jahre mit geringeren Problemen.

Ein Maissilo sollte hinsichtlich der Anschnittfläche so ausgelegt sein, dass pro Woche ein Vorschub von mindestens 100 cm im Winter und über 150 cm im Sommer erreicht wird. Im LK-Silageprojekt 2016 hatten 70 % der Teilnehmer weniger als 100 cm Vorschub/Woche und 10 % sogar unter 50 cm/Woche. Die Kombination von geringer Entnahmemenge, unzureichender Verdichtung und früher Siloöffnung führt vielfach zu Problemen mit Nacherwärmung, aber auch zu Schimmelbildung. Nacherwärmt oder schimmelige Maissilage ist aus futterhygienischer Sicht für Wiederkäuer bedenklich und sollte daher nicht vorgelegt werden!

Siliermitteleinsatz in Maissilagen?

Insgesamt setzten 17 % der Teilnehmer am LK-Silageprojekt 2016 Siliermittel ein, davon 10 % Säuren/Salzverbindungen und 7 % Bakterien-Impfkulturen. Die Verteilung erfolgte in ca. 70 % der Fälle händisch. 50 % der Zusätze wurden nur zur Behandlung der obersten Schichten bzw. der Oberfläche verwendet und gleich viele Landwirte behandelten den gesamten Maissilo mit dem Zusatzmittel. Aufgrund der geringen Anzahl an Siliermittelanwendern kann in diesem

Beitrag keine repräsentative Aussage zum Gärerfolg durch Siliermitteleinsatz getätigt werden.

Ein dosierter Einsatz von organischen Säuren (Propion-, Ameisen-, Sorbin- oder Benzoessäure) mit sorgfältiger Verteilung über Dosierautomaten wäre insbesondere in Jahren mit erhöhtem Pilzinfektionsdruck zumindest im oberen Futterstockdrittel des Maissilos empfehlenswert, um die Stabilität zu verbessern und damit Problemen durch Nacherwärmung und Schimmelknollen wirkungsvoll zu begegnen.

3.3 Schlussfolgerungen

Für den Grünland- und Viehwirtschaftsbetrieb nimmt die Qualität des wirtschaftseigenen Grundfutters eine zentrale Rolle hinsichtlich des betrieblichen Erfolges ein. Die Entwicklung einer maßgeschneiderten Futter- und Gärqualität von Gras- und Maissilagen, welche den Anforderungen des Betriebes entsprechen, erfordert eine intensive Auseinandersetzung mit den Futterbeständen und deren Bewirtschaftung, aber auch mit der optimalen Siliertechnik und Organisation der Futterernte, -konservierung, -lagerung und Silagevorlage.

Erst durch gewissenhafte Qualitätskontrolle der Futterbestände und der Futterkonserven anhand von genauer Beobachtung sowie regelmäßiger Laboranalysen (Boden, Futter- und Gärqualität) und Sinnenbewertung werden Schwachstellen bewusst. Die Beschäftigung mit Schwachstellen ist nicht immer einfach, aber hilft die größten Qualitätspotentiale auszuschöpfen. Die konsequente Anwendung von standortangepassten qualitätsfördernden Maßnahmen („Qualitätsverstärker“) bewirkt eine Professionalisierung und Sicherstellung der Grundfutterqualitäten auch in Jahren mit ungünstigen Witterungsbedingungen.

4. Literatur

- AMLER, R., 2009: Der Einfluss der Reifedifferenz von Korn zu Restpflanze auf den optimalen Erntezeitpunkt und die standortgerechte Sortenwahl von Energie- und Silomais. *Gesunde Pflanzen* 61, 57-71.
- AMLER, R., 2013: Beitrag zum Sortentyp und Merkmalskennung der Reifedynamik durch den phänologischen Indikator, dem Silomais-Reifeindex. *Gesunde Pflanzen* 65, 57-64.
- BUCHGRABER, K. und R. RESCH, 1993: Der Einfluss der Produktion von Grassilagen auf die Futterqualität und Gärbiologie sowie die Auswirkungen auf die Verfütterung und Milchqualität in der Praxis – Silageprojekt „Steirisches Ennstal“. *BAL Veröffentlichungen*, Heft 20, BAL Gumpenstein, Irnding, 9-32.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2015: Benachteiligte landwirtschaftliche Gebiete. Abteilung II/3 – Agrarumwelt (ÖPUL), Bergbauern und Benachteiligte Gebiete, Biologische Landwirtschaft, 30.09.2015, https://www.bmlfuw.gv.at/land/laendl_entwicklung/berggebiete-benachteiligte_gebiete/benachteiligte_geb.html, besucht am 30.01.2017.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2016: Grüner Bericht 2016, 15.09.2016, <https://gruenerbericht.at/cm4/jdownload/download/2-gr-bericht-terreich/1650-gb2016>, besucht am 08.02.2017.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen. 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 212 S.

- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 2011: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 8. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 416 S.
- GROSS, F. und K. RIEBE, 1974: Gärfutter - Betriebswirtschaft, Erzeugung, Verfütterung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 283 S.
- GRUBER, L., A. STEINWIDDER, T. GUGGENBERGER und G. WIEDNER, 1997: Interpolation der Verdauungskoeffizienten von Grundfuttermitteln der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer, Aktualisiertes Arbeitspapier der ÖAG-Fachgruppe Fütterung über die Grundlagen zur Berechnung der Verdaulichkeit und des UDP-Gehaltes auf der Basis der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. 7. Auflage, LFZ Raumberg-Gumpenstein.
- RESCH, R., 2010: Qualitätsbewertung von österreichischen Grassilagen und Silomais aus Praxisbetrieben, Abschlussbericht der wissenschaftlichen Tätigkeit „Silagequalität“, Nr. 3561 (DaFNE 100535), LFZ Raumberg-Gumpenstein, 87 S.
- RESCH, R., 2016: Einfluss des Vegetationsstadiums auf die Strukturkohlenhydratgehalte von Grundfutter. 43. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 16.-17. März 2016, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 11-19.
- RESCH, R., 2016: Grundfutterbilanz 2015 für Österreich. Statistische Daten zu Grundfuttersituation 2015 für die Statistik Austria. Tabellen.
- RESCH, R. und L. GRUBER, 2015: Proteinfractionen von Dauerwiesenfutter in Abhängigkeit von Konservierungsverfahren und Lagerungsdauer. ALVA-Jahrestagung 2015, 01.-02. Juni 2015, Graz, 167-169.
- RESCH, R., A. ADLER, P. FRANK, A. PÖLLINGER, G. PERATONER, F. TIEFENTHALLER, C. MEUSBURGER, G. WIEDNER und K. BUCHGRABER, 2011: Top-Grassilage durch optimale Milchsäuregärung. Der fortschrittliche Landwirt, ÖAG-Sonderbeilage 7/2011, 11.
- RESCH, R., P. FRANK, G. STÖGMÜLLER, F. TIEFENTHALLER, G. PERATONER, A. ADLER, J. GASTEINER und E.M. PÖTSCH, 2014: Futterverschmutzung mit Erde - Ursachen, Erkennung und Auswirkungen. Landwirt, ÖAG-Sonderbeilage 5/2014, 1-16.
- SPIEKERS, H., 2011: Ziele in der Wiederkäuerfütterung: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 8. überarbeitete Auflage, DLG-Verlag, Bundesarbeitskreis Futterkonservierung, Frankfurt am Main, 13-17.
- SPIEKERS, H., H. NUBBAUM und V. POTTHAST, 2009: Erfolgreiche Milchviehfütterung. 5. erweiterte und aktualisierte Auflage mit Futterkonservierung, DLG Verlag, Frankfurt am Main, 576 S.
- STÖGMÜLLER, G., 2016: Grundfutterqualität in österreichischen Betrieben - Analysenergebnisse des Futtermittellabors Rosenau der letzten Jahre. 43. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 16.-17. März 2016, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 1-10.
- VAN SOEST, P.J., 1963a: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. – I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. J. Assoc. Offic. Anal. Chem. 46, 825-828.
- VAN SOEST, P.J., 1963b: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. – II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. J. Assoc. Offic. Anal. Chem. 46, 829-835.
- VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 1976: Methodenbuch Band III - Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- WEIBBACH, F., K., BERG, G. WEISE und O. KNABE, 1977: Methoden und Tabellen zur Schätzung der Vergärbarkeit. 3. Auflage, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Leipzig, 53 S.

Mein Weg zu bester Silage-Qualität

Medardus Schweiger^{1*}

Der Betrieb Schweiger, vlg. Empl, liegt in der Gemeinde Aigen im Ennstal im Bezirk Liezen (Steiermark) auf einer Seehöhe von etwa 653 m im vorwiegenden Grünlandgebiet mit spezifischem Ackerbau (Silomais-, Getreide- und Kartoffelanbau sowie Feldfutterbau). Seit meiner Übernahme 1999 führe ich den Betrieb mit meiner Familie konventionell und im Nebenerwerb als Milchvieh-, Aufzucht- und Stiermastbetrieb. Wir bewirtschaften insgesamt 15 ha landwirtschaftliche Nutzfläche, davon 2,63 ha Ackerfläche (1,36 ha Silomais und 1,27 ha Feldfutter), der Rest ist mehrjähriges Grünland (2 bis 4 Schnitte). Unsere Flächen liegen sehr gut arrondiert in Betriebsnähe, sind ausschließlich eben und daher relativ einfach und leicht zu bearbeiten. Der Betrieb nimmt am ÖPUL (UBB/Umweltgerechte und biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung) teil, wobei Handelsdünger nur im Silomaisbau (250 kg Linzer Star/ha) eingesetzt wird und das restliche Wirtschaftsgrünland nur mit eigenen Wirtschaftsdüngern (Stallmist und verdünnte Gülle) gedüngt wird.

Die 14 Milchkühe (80 % Braunvieh und 20 % Holstein Friesian) haben aktuell eine durchschnittliche Laktationsleistung von 7.505 kg Milch mit 4,45 % Fett und 3,64 % Eiweiß. Die Kälber werden 6 Wochen in Einzelboxen gehalten und kommen danach in eine Gruppenbucht mit Tieflaufsystem. Die weibliche Nachzucht wird zur Gänze am Betrieb aufgezogen bzw. den Sommer über gealpt (ca. 160 Weidetage) und zu 100 % für die eigene Bestandsergänzung verwendet. Die Stierkälber werden am Betrieb im Boxenlaufstall gehalten, fertig gemästet (durchschnittlich 6-8 Masttiere jährlich) und mit ca. 20 bis 22 Monaten an die Landena KG in Stainach verkauft.

Fütterung

Die Futtermittelration der Milchkühe setzt sich aus Grassilage (*ad libitum*), Maissilage (ca. 20 %), Heu oder Grummet (ca. 5 %) und Kraftfutter (je nach Leistung max. 6 kg/Tag) zusammen und wird täglich morgens und abends frisch vorgelegt. Eine Mineralstoffmischung wird mit Viehsalz und Weizenkleie abgemischt und in Bechern *ad libitum* angeboten. Die Kühe kommen von Mai bis Ende Oktober halbtags auf die Weide und werden ab Mittag im Stall ergänzend mit Heu und Grassilage gefüttert. Durch die Ballensilage ist es uns möglich geworden auch im Sommer qualitative hochwertige Silage zu verfüttern. Maissilage ist nur von Mitte Oktober bis Mitte Mai Bestandteil der Ration, da die Menge für Ganzjahresfütterung nicht ausreicht und das Siliersystem (Feldhaufen) für Verfütterung in den Sommermonaten nicht optimal geeignet ist.

Bei der Milchproduktion steht Qualität vor Quantität im Vordergrund. Um mit konstanten Milchinhaltstoffen das ganze Jahr über zu punkten, ist eine hohe Grundfutterqualität von größter Bedeutung.

Die Ration der Masttiere setzt sich aus ca. 50 % Maissilage, 50 % Grassilage (3. oder 4. Schnitt) und Kraftfutter zusammen.

Pflanzenbestand und Futterernte

Um hochwertiges Grundfutter zu erzeugen, ist uns ein dementsprechender Pflanzenbestand, sowohl im Dauergrünland als auch im Feldfutterbau, wichtig. Auf unserem Betrieb werden Pflanzenbestände auf nicht ackerfähigen Böden von Zeit zu Zeit mit der ÖAG-Nachsaatmischung NI (Übersaat) nachgesät. Auf den ackerfähigen Flächen wird



¹ Schlattham 6, A-8943 Aigen

* Ansprechpartner: Medardus Schweiger, email: medardus.schweiger@raumberg-gumpenstein.at

Feldfutter nach Silomais gebaut und für mindestens 3 bis 4 Hauptnutzungsjahre genutzt. Dies ist nicht nur für die Fruchtfolge bedeutend, man gibt auch dem Pflanzenbestand die Möglichkeit sich zu entwickeln (Bestandesführung). Beim richtigen Erntezeitpunkt ist das goldene Mittelmaß zwischen Qualität und Quantität gefragt (Ähren/Rispen schieben). Die optimale Bodenfeuchtigkeit (trockener Boden) sowie richtig eingestellte Erntemaschinen tragen ebenfalls zum Konservierungserfolg bei. Grundsätzlich erfolgt die Mahd vom späten Nachmittag bis hin zum Abend mit einem Scheibenmäherwerk und einer durchschnittlichen Schnitthöhe von ca. 8 cm. Unmittelbar nach dem Schnitt wird das Mähgut gezettet und am nächsten Tag nachmittags, je nach Witterung bei einem angestrebten Anwelkgrad von ca. 40 % TM, geschwadet. Das Feldfutter erfordert aufgrund des höheren Kleeanteils ein zusätzliches Wenden um diesen Anwelkgrad zu erreichen.

Siliersystem

In den 90er Jahren wurde das Siliersystem am Hof von Hochsilos auf Ballensilage umgestellt. Das Pressen und Wickeln der Siloballen wird an einen verlässlichen und pflichtbewussten Landwirt ausgelagert. Der Knackpunkt bei der Silagebereitung ist, dass man sich auf solche Personen, vor allem bei witterungsbedingten Stresssituationen, verlassen kann. Aus fütterungstechnischen Gründen werden Ballen mit einem Durchmesser von 140 cm gepresst, mit 12 Messern geschnitten und 6-fach gewickelt. Die fertigen Ballen werden unmittelbar im Anschluss, spätestens aber am nächsten Tag, auf dem befestigten Ballenlagerplatz am Hof liegend gelagert. Zur Fütterung werden die Ballen vom Ballenlager direkt mit dem Ballenschneider in die Tenne gebracht, wo sie aufgeschnitten werden, die Silage händisch auf den Futtertisch abgeworfen und den Kühen vorgelegt wird.

Qualitätsmanagement Grassilage

Gute Gärfutterqualitäten zu erzeugen ist eine große Herausforderung und für den wirtschaftlichen Erfolg unseres Be-

triebes in jeder Hinsicht wichtig. Laufende Grundfutteruntersuchungen geben einem dabei ein reales Feedback. Durch Analysenwerte einer Topsilage mit 207 g Rohprotein/kg TM, 89 g Rohasche/kg TM, einer Nettoenergiekonzentration von 6,57 MJ NEL/kg TM und einem Buttersäuregehalt von 0,8 g/kg TM im 4. Aufwuchs findet man die Bestätigung für einen konsequenten Weg. Nur qualitativ hochwertige, saubere und nicht verdorbene Silage fördert die Tiergesundheit, Fruchtbarkeit sowie Leistungsfähigkeit der Milchkühe und verringert den Kraftfutteraufwand in der Milchproduktion. Die kontinuierliche Erzeugung solcher Qualitäten erfordert eine ständige Weiterentwicklung des eigenen Know-Hows, die Führung optimaler Pflanzenbestände, die Einhaltung der Silierregeln, ein betriebsspezifisch passendes Siliersystem und optimale Wetterbeobachtung.

Erfolgsrezept und Ausblick

Die Umstellung des Siliersystems von den Hochsilos auf die Rundballensilage war die richtige Entscheidung. Durch dieses System sind die Futterröhrte gut kalkulierbar, Überhänge können unkompliziert verkauft werden und man muss nicht die gesamte Fläche auf einmal ernten um effizient zu arbeiten. Ein wichtiger fütterungstechnischer Aspekt ist die Möglichkeit der abwechselnden Vorlage von zwei unterschiedlichen Schnitten (z.B. 1. Schnitt mit 3. Schnitt).

Optimierungspotential gibt es in punkto händischer Vorlage: Zur Arbeitserleichterung ist daher die Investition in eine Fress- und Liegehalle (Liegeboxen) mit befahrbarem Futtertisch und einer Transponderstation fürs Kraftfutter angedacht, wodurch die Kühe im Sommer einen freien Zugang zur Weide haben.

„Never change a winning Team“; unter diesem Motto werden wir demütig weiterarbeiten und wirtschaften, uns leise freuen, wenn alles gut läuft und sollte es einmal nicht so gut laufen, dann gibt es nichts was nicht lösbar ist!

Netto-Lebensmittelproduktion der Milchviehhaltung und die Verfütterung von industriellen Nebenprodukten als potenzielle Verbesserungsstrategie

The net contribution of dairy cows to human food supply and feeding industrial by-products as a potential strategy for improvement

Paul Ertl^{1*} und Wilhelm Knaus²

Zusammenfassung

Aufgrund der ineffizienten Umwandlung von pflanzlichen Futtermitteln in tierische Produkte führt die Verfütterung großer Mengen an potenziell humanernährungstauglichen Futtermitteln (z.B. Getreide oder Hülsenfrüchte) an Nutztiere zu einer Verringerung der verfügbaren Menge an Protein und Energie für die menschliche Ernährung (= negative Netto-Lebensmittelproduktion). Auswertungen auf nationaler Basis haben gezeigt, dass Milchkühe knapp 1,5-mal mehr Energie und rund 2-mal mehr Protein für die menschliche Ernährung produzieren, als sie in Form von potenziell essbaren Futtermitteln fressen. Die Schwankungsbreite zwischen Betrieben ist in der Praxis allerdings sehr hoch. So ist die Netto-Lebensmittelproduktion auf Betrieben in Berg- und Hügellregionen generell trotz geringerer Milchleistungen im Vergleich zu Betrieben in den Gunstregionen zumeist höher, da höhere Milchleistungen meist auch einen höheren Einsatz an nährstoffreichen Kraftfuttermitteln erfordern und diese Kraftfuttermittel zu einem höheren Anteil auch für die Humanernährung geeignet sind. Erhalten Milchkühe zusätzlich zum Grundfutter auch Kraftfuttermittel, so ist aus Sicht einer effizienten Lebensmittelproduktion daher darauf zu achten, dass diese nicht oder zumindest nur teilweise aus potenziell humanernährungstauglichen Komponenten bestehen. Futtermittel, die diese Anforderungen erfüllen sind zum Beispiel Nebenprodukte aus der Lebensmittelverarbeitung.

Schlagwörter: Ernährungssicherung, Effizienz, Milchkühe, tierische Produktion, Nahrungsmittelkonkurrenz

Summary

Livestock is generally very inefficient in transforming plant-based feed materials into animal products. Thus, when fed large amounts of potentially human-edible feeds (e.g. grains or pulses), animals actually reduce the amount of protein or energy available for human nutrition (= negative net food production). Analyses for Austria have shown that on a national level, dairy cows produce about 1.5 times more energy and about 2 times more protein for human nutrition than they consume via potentially human-edible feeds. However, results vary widely between individual farms. Despite lower milk performances, farms in mountainous grassland areas often show higher net food production compared to farms in more favorable areas where milk yields are higher, because higher milk yields require higher amounts of nutrient-dense feedstuffs, which are often also human-edible. With regard to an efficient food production, forage-based rations for dairy cows should therefore be supplemented with feeds that are not or only partly potentially edible for humans. Among others, by-products from the food processing industry are examples for such feeds.

Keywords: food security, efficiency, dairy cow, animal production, feed versus food

Tierhaltung und Lebensmittelproduktion

Der stetige Anstieg im weltweiten Bedarf an tierischen Produkten führte in den letzten Jahrzehnten dazu, dass potenzielle, negative Auswirkungen der Tierproduktion immer mehr in den öffentlichen sowie wissenschaftlichen Fokus rückten. Durch die prognostizierte weitere Zunahme in der Nachfrage nach Fleisch- (+ 73 %) und Milchprodukten (+ 58 %) bis zum Jahr 2050 (FAO 2011) wird der öffentliche Druck auf tierische Produktionssysteme auch in Zukunft weiter steigen. Neben negativen Umweltaspekten, wie zum

Beispiel Treibhausgasemissionen, ist die schlechte energetische Effizienz bei der Umwandlung von Futtermitteln in tierische Produkte (~ 10:1) einer der Hauptkritikpunkte an Tierhaltungssystemen (SABATE und SORET 2014). Überschriften wie zum Beispiel „Das Vieh der Reichen frisst das Brot der Armen“ (Spiegel 49/1987) sind seit Jahrzehnten in gewissen Abständen auch in Massenmedien zu finden. In Hinblick auf Ernährungssicherung ist diese Kritik allerdings nur dann zulässig, wenn die gefütterten Futtermittel auch für den direkten menschlichen Verzehr geeignet sind, da es dann zu einer negativen Netto-Lebensmittelproduktion (NLP)

¹ Oberdorf 2, A-9800 Spittal/Drau

² Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

* Ansprechpartner: Dr. Paul Ertl, email: paul.ertl@gmx.at

kommen kann. Die NLP (NLP = Output an Lebensmitteln [Energie bzw. Protein] minus Input) ist dann negativ, wenn der Output an Lebensmitteln über die tierischen Produkte geringer ist als der Input an potenziell essbaren Futtermitteln (z.B. Getreide und Hülsenfrüchte).

Effiziente Nahrungsproduzenten

Um die potenziell humanernährungstauglichen Anteile in der Ration zu berücksichtigen, reichen herkömmliche Definitionen von Effizienz (z.B. kg Milch je kg Lebendmasse bzw. kg Milch je kg Futter oder je MJ Futterenergie) nicht aus. Ein Effizienzparameter, der auch die potenziell humanernährungstauglichen Anteile der Ration berücksichtigt, ist die Lebensmittel-Konversionseffizienz (LKE), welche definiert ist als Output an Energie bzw. Protein in Form von tierischen Produkten im Verhältnis zum potenziell humanernährungstauglichen Input an Energie bzw. Protein im Futter (WILKINSON 2011, ERTL et al. 2015). Im Sinne einer nachhaltigen tierischen Produktion ist es erforderlich, weniger potenziell humanernährungstaugliche Futtermittel in der Nutztierfütterung einzusetzen (EISLER et al. 2014), um eine möglichst günstige LKE zu erzielen. Milchkühe, beziehungsweise Wiederkäuer im Allgemeinen, bieten dabei ein großes Potenzial, da sie aufgrund ihres komplexen Verdauungsapparates auch sehr faserreiche pflanzliche Rationskomponenten gut verwerten können. Damit stehen sie nicht zwangsläufig in Konkurrenz zur menschlichen Ernährung, während monogastrische Nutztiere von Natur aus ein dem Menschen ähnliches Nahrungsspektrum haben und somit eine Nahrungskonkurrenz nahezu unvermeidlich ist. Aufgrund der enormen Leistungssteigerungen in den letzten Jahrzehnten, wurden allerdings auch energie- und eiweißreiche Konzentratfuttermittel (Getreide und Hülsenfrüchte) an Milchkühe verfüttert, um den gestiegenen Energie- und Proteinbedarf der Tiere besser zu decken (KNAUS 2013), wodurch auch zwischen Menschen und Milchkühen eine Nahrungskonkurrenz entsteht.

Netto-Lebensmittelproduktion der Österreichischen Milchviehhaltung

Im Zuge einer gemeinsamen Arbeit der Universität für Bodenkultur Wien und des Bio-Instituts an der Höheren

Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein wurde die NLP von verschiedenen Tierkategorien auf nationaler Ebene untersucht. Die Datengrundlage bildeten dabei die Daten der Statistik Austria zur tierischen Produktion (= Output), sowie die österreichische Futtermittelbilanz, die Auskunft darüber gibt, welche Futtermittel, in welchen Mengen und an welche Nutztiere in Österreich verfüttert werden (= Input). Die Gegenüberstellung von Output und Input zeigte, dass Milchkühe in Österreich durchschnittlich ca. 1,5-mal mehr Energie und 2-mal mehr Protein in Form von Milch und Fleisch für die menschliche Ernährung produzieren, als sie in Form von potenziell essbaren Futtermitteln fressen. Damit erzielen sie im Vergleich zu anderen Nutztierkategorien den günstigsten Wert in Bezug auf die Effizienz der Lebensmittelproduktion. Auswertungen der Produktionsdaten von 30 ausgewählten Milchviehbetrieben aus unterschiedlichen Produktionssystemen Österreichs haben ebenfalls gezeigt, dass deren durchschnittliche LKE für Energie und Protein knapp größer als 1 ist, das heißt diese Betriebe leisten einen positiven Beitrag zur Lebensmittelproduktion. Die Analyse der Praxisdaten zeigte aber auch einen gewissen Zielkonflikt zwischen Fütterung auf höhere Leistungen und Reduzierung des Anteils an potenziell humanernährungstauglichen Futtermitteln in der Milchkuhfütterung (ERTL et al. 2015). Dies lässt sich dadurch erklären, dass höhere Milchleistungen auch eine höhere Nährstoffdichte der Ration erfordern, da die Futteraufnahme nicht im selben Ausmaß wie die Milchleistung ansteigt. Die höhere Nährstoffdichte wird häufig dadurch erreicht, dass der Anteil an Kraftfuttermitteln zu Lasten der nicht für die menschliche Ernährung geeigneten Grundfuttermittel erhöht wird und damit auch der Anteil an potenziell humanernährungstauglichen Futtermitteln in der Ration steigt. Die Folge ist, dass Betriebe mit moderaten Milchleistungen im Vergleich zu Betrieben mit höheren Milchleistungen oftmals eine höhere LKE erreichen, wie in *Abbildung 1* am Beispiel der LKE für Energie (MJ essbarer Output / MJ essbarer Input) sichtbar wird. So erreichte zum Beispiel bei einer durchschnittlichen Milchleistung von rund 8.200 kg je Kuh und Jahr kein einziger der 10 Betriebe im rechten Kasten eine LKE > 1, während 7 von 10 Betrieben im linken Kasten trotz einer um durchschnittlich über 1.500 kg geringeren Milchleistung eine LKE > 1 erzielten.

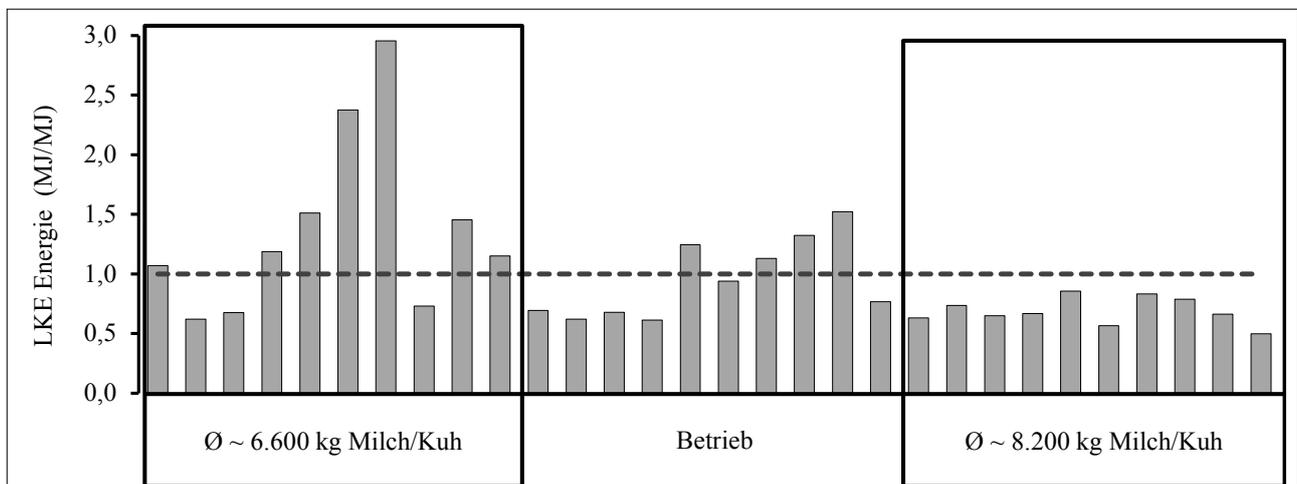


Abbildung 1: Lebensmittel-Konversionseffizienzen (LKE) für Energie von 30 österreichischen Milchviehbetrieben aus unterschiedlichen Produktionssystemen (jeder Balken entspricht einem Betrieb) (ERTL et al. 2015)

Industrielle Nebenprodukte als potenzielle Verbesserungsstrategie

Potenzial zur Lösung dieses Zielkonfliktes zwischen Fütterung auf höhere Milchleistungen und Reduzierung des humanernährungsgauglichen Anteils in Milchkuhrationen bieten industrielle Nebenprodukte. Durch ihren Einsatz lässt sich einerseits der Nährstoffgehalt der Ration steigern und andererseits ist eine direkte Verwertung dieser Nebenprodukte in der Humanernährung nur äußerst begrenzt möglich (BRADFORD 1999, GILL 2013). Um das Potenzial von industriellen Nebenprodukten zur Steigerung der NLP unter österreichischen Fütterungsbedingungen zu analysieren, wurden drei Fütterungsversuche am landwirtschaftlichen Betrieb der Höheren Bundeslehranstalt für Landwirtschaft, Ursprung, Elixhausen, durchgeführt. Die Versuche dauerten je 4 Monate und fanden jeweils zwischen Oktober und Februar in den Jahren 2013 bis 2016 statt. Die Herde des Schulbetriebes wurde in 2 Gruppen unterteilt, wobei eine Gruppe als Ergänzung zum Grundfutter (Heu und Grassilage) ein Standardkraftfutter aus Getreide und Hülsenfrüchten erhielt (= Kontrollgruppe), während der Versuchsgruppe als Ergänzung eine Mischung aus industriellen Nebenprodukten (Jahr 1: Mischung aus Maisfuttermehl, Trockenschnitzel, Raps- und Sojakuchen; Jahr 2 und 3: Weizenkleie und Trockenschnitzel) vorgelegt wurde. Die zentralen Daten der drei Fütterungsversuche sind in *Tabelle 1* zusammengefasst.

In den ersten beiden Fütterungsversuchen hatte der Ersatz von herkömmlichen Kraftfuttermitteln durch industrielle Nebenprodukte keine negativen Auswirkungen auf Futteraufnahme, Wiederkauverhalten, Milchleistungsdaten und Effizienzparameter, aber einen stark positiven Effekt auf die Netto-Lebensmittelproduktion. Im dritten Fütterungsversuch führte die Vorlage einer Ration, die zu 25 % aus Weizenkleie und Trockenschnitzel bestand (Basis Trockenmasse), im Vergleich zu einer reinen Grundfutter-Ration (Heu und Grassilage 1. Schnitt im Verhältnis 1:1 auf

Tabelle 1: Zusammenfassung von 3 Fütterungsversuchen zum Thema industrielle Nebenprodukte in der Milchviehfütterung zur Verbesserung der Netto-Lebensmittelproduktion (Angaben auf Trockenmassebasis, * = statistisch signifikanter Unterschied zwischen Kontroll- und Nebenprodukt-Ration)

Versuchszeitraum	Winter 13/14		Winter 14/15		Winter 15/16	
	Kontrolle	Nebenprodukte	Kontrolle	Nebenprodukte	Kontrolle	Nebenprodukt
Futtervorlage	Grundfutter <i>ad libitum</i> , 2x täglich; Kraftfutter leistungsabhängig		Total-Mischration <i>ad libitum</i> , 2x täglich		Total-Mischration <i>ad libitum</i> , 2x täglich	
Kraftfutteranteil	max. 8 kg TM/Kuh/Tag		25 %		0 25 %	
Grundfutterkomponenten	Grassilage und Luzerneheu 1. Schnitt		Grassilage 1. Schnitt, Heu 2. und 3. Schnitt		Grassilage und Heu 1. Schnitt	
Kraftfutterkomponenten	Erbsen Körnermais Ackerbohnen Hafer Weizen	Maisfuttermehl Trockenschnitzel Rapskuchen Sojakuchen	Gerste Triticale Körnermais Roggen Ackerbohnen	Weizenkleie Trockenschnitzel	Weizenkleie Trockenschnitzel	
Futteraufnahme, kg/Tag	21,2	21,1	18,1	18,5	17,2	19,0*
NDF-Aufnahme, kg/Tag	7,69	8,15*	6,87	8,15*	8,34	9,20*
Rohproteinaufnahme, kg/Tag	3,71	3,65	2,44	2,55	2,53	2,75*
Stärkeaufnahme, kg/Tag	2,44	1,62*	1,99	0,53*	-	0,43*
Rohfettaufnahme, kg/Tag	0,64	0,82*	0,51	0,55*	0,54	0,59*
Energieaufnahme, MJ NEL/Tag	140	138	117	114	104	131*
Milchleistung, kg/Tag	26,0	27,8	22,2	22,5	19,8	21,5*
ECM-Leistung, kg/Tag	26,9	27,7	22,5	22,7	20,8	22,6
Eiweißgehalt, %	3,35	3,32	3,23	3,21	3,17	3,27
Fettgehalt, %	4,38	4,27	4,29	4,23	4,53	4,53
Harnstoffgehalt, mg/100mL	21,6	18,4*	13,3	13,7	18,5	18,9
Lebendmasseänderung, kg/Tag	0,25	0,29	-0,16	0,03	-0,44	-0,05
N in Milch in % N-Aufnahme	24,1	24,1	29,7	28,3	24,2	24,1
kg ECM/kg TM-Aufnahme	1,28	1,28	1,27	1,25	1,21	1,13*
NLP Energie, MJ/Tag	18,0	69,2*	16,1	71,4*	67,7	68,1
NLP Protein, g/Tag	266	662*	321	720*	648	670

Trockenmassebasis) zu einer höheren Futteraufnahme und einer tendenziell höheren energiekorrigierten Milchleistung. In Summe wurde festgestellt, dass der Ersatz von herkömmlichen Kraftfuttermitteln durch Nebenprodukte aus der Lebensmittelindustrie eine vielversprechende Strategie zur Verbesserung der Netto-Lebensmittelproduktion von Milchkühen darstellt, wenngleich die Versuchsergebnisse aufgrund der begrenzten Versuchsdauer, sowie des nur moderaten Milchleistungsniveaus nur mit Einschränkungen auf die Praxis übertragen werden können.

Fazit

Die Nahrungsmittelproduktion ist die ureigenste und wichtigste Aufgabe der Landwirtschaft. Vor diesem Hintergrund ist die Verfütterung von potenziellen Lebensmitteln an Nutztiere im Allgemeinen und an Milchkühe im Besonderen sehr kritisch zu betrachten, da dadurch die Menge an verfügbaren Lebensmitteln für die menschliche Ernährung reduziert wird. In Hinblick auf zukünftige Entwicklungen ist daher ein Umdenken in der Tierernährung nötig und Effizienz neu zu definieren. Anstatt die Fütterung auf ein gewünschtes Leistungsniveau hin zu optimieren, sollte versucht werden Milchkühe mit nicht für die direkte menschliche Ernährung geeigneten Futtermitteln bestmöglich zu versorgen und das daraus resultierende Leistungsniveau zu akzeptieren. Industrielle Nebenprodukte bieten in dieser Hinsicht ein großes Potenzial und deren Verfütterung an Nutztiere sollte gegenüber einer thermischen Verwertung Priorität haben.

Danksagung

Für die Finanzierung dieses Projektes möchten wir uns recht herzlich beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, der Werner Lampert Beratungsges.m.b.H., Raiffeisen Salzburg, der Salzburger Landesregierung und Bio-Austria bedanken. Weiters gilt

unser Dank der HBLA Ursprung für die Bereitstellung der Versuchstiere und anderen Ressourcen vor Ort, sowie dem Verwalter der HBLA Ursprung, Herrn Franz Grießner, für seine tatkräftige Unterstützung während der praktischen Versuchsdurchführungen.

Literatur

- BRADFORD, G.E., 1999: Contributions of animal agriculture to meeting global human food demand. *Livest. Prod. Sci.* 59, 95-112.
- EISLER, M.C., M.R.F. LEE, J.F. TARLTON, G.B. MARTIN, J. BEDDINGTON, J.A.J. DUNGAIT, H. GREATHEAD, J.X. LIU, S. MATHEW, H. MILLER, T. MISSELBROOK, P. MURRAY, V.K. VINOD, R. VAN SAUN und M. WINTER, 2014: Steps to sustainable livestock. *Nature* 507, 32-34.
- ERTL, P., H. KLOCKER, S. HORTENHUBER, W. KNAUS und W. ZOLLITISCH, 2015: The net contribution of dairy production to human food supply: The case of Austrian dairy farms. *Agr. Syst.* 137, 119-125.
- ERTL, P., A. STEINWIDDER, M. SCHÖNAUER, K. KRIMBERGER, W. KNAUS und W. ZOLLITISCH, 2016: Net food production of different livestock: A national analysis for Austria including relative occupation of different land categories. *Die Bodenkultur: J. of Land Management, Food and Envir.* 67, 91-103.
- FAO, 2011: World Livestock 2011 – Livestock in food security. FAO, Rom, Italien.
- GILL, M., 2013: Converting feed into human food: the multiple dimensions of efficiency. Paper presented at the Proceedings of the FAO Symposium, Bangkok, Thailand, 27.11.2012.
- KNAUS, W., 2013: Re-thinking dairy cow feeding in light of food security. *AgroLife Scientific J.* 2, 36-40.
- SABATE, J. und S. SORET, 2014: Sustainability of plant-based diets: back to the future. *Am. J. Clin. Nutr.* 100, 476-482.
- WILKINSON, J.M., 2011: Re-defining efficiency of feed use by livestock. *Animal* 5, 1014-1022.

Futterwert und Einsatzmöglichkeiten von heimischen Eiweißfuttermitteln

Feeding value and use of local protein feed

Hubert Schuster^{1*}

Zusammenfassung

Der wichtigste heimische Eiweißlieferant bleibt das wirtschaftseigene Futter. Die Grünfütterer stehen hierbei an erster Stelle. Aufgrund des Mengenanteils lassen sich hier mit qualitätsverbessernden Maßnahmen auch die größten Effekte erzielen. Mehr Eiweiß aus dem wirtschaftseigenen Futter bedeutet gleichzeitig auch mehr Auswahl bei den Komponenten zur Eiweißergänzung. Hier ist eine breite Palette von heimischen Eiweißfuttermitteln vorhanden, die sich in Versuch und Praxis bewährt haben. Einige Punkte gilt es zu beachten:

- Rapsschrot ist als alleiniges Eiweißergänzungsfutter möglich
- Bei Raps- und Sojakuchen muss der Fettgehalt der Gesamtration beachtet werden, der aus Gründen der Verträglichkeit für die Pansenbakterien nicht über 4 % steigen sollte
- Frischer Biertreber kann bis zu 12 kg FM pro Kuh und Tag eingesetzt werden, wobei aufgrund der begrenzten Haltbarkeit eine Silierung erfolgen sollte
- Schlempen, Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen sollten als Eiweißfutter zu 50 % mit Rapsextraktionsschrot gemischt werden

Bei entsprechender Auswahl der Komponenten kann die Ration mit heimischen Eiweißfuttermitteln preisgünstiger als mit Sojaextraktionsschrot gestaltet werden.

Schlagwörter: Wiesen gras, Rapsextraktionsschrot, Biertreber, Schlempen, Körnerleguminosen

Summary

The main local protein source remains the self-produced forage. Hbage is the most important one. Due to the amount in the diet most effects can be achieved by improving the quality. More protein of self-produced forage means simultaneously more possibilities to choose between the different components of protein supplements. There are a lot of local protein feed materials, proved in trials and in practice. Some points are to be minded:

- Rape seed meal can replace all the protein in soya meal
- When using rape seed- and sojaexpeller, the total amount of fat in a diet ($\leq 4\%$) should be respected
- Wet brewers' grains may be fed to milking cows until 12 kg per cow and day. In respect to the limited durability, wet brewers' grains should be conserved
- Distilled dried grains with solubles, horse beans, peas and lupins should be mixed with rape seed meal at a ratio of 1:1

Alternative protein feed can although reduce the costs of the feeding.

Keywords: forage, brewers' grains, distilled dried grains with solubles, self-mixed concentrates

Wiesen gras als Haupteiweißlieferant

50 - 70 Prozent des gesamten Eiweißbedarfs von Milchkühen werden über das Grobfutter abgedeckt (*Tabelle 1*)! Wichtig sind daher hohe Eiweißgehalte im „Rohstoff“ Gras oder Klee, die auch durch entsprechende Konservierung bei guten Ernte- und Silierbedingungen „bei der Kuh ankommen“.

Mit der Erstellung von qualitativ hochwertigem Grobfutter allein ist es nicht getan – es muss den Kühen auch angeboten werden. Absolute Voraussetzung für eine wirtschaftliche Milchviehfütterung ist ein ständiges Angebot einer täglich frisch gemischten und vorgelegten Grundration. Dies sorgt nicht nur für eine höhere Aufnahme von Eiweiß aus Grobfutter, sondern auch für eine stabilere Pansengesundheit.

Tabelle 1: Verteilung von Inhaltsstoffen auf Grob- und Kraftfutter bei gemischter Ration für 25 kg Milch¹⁾

Inhaltsstoffe		GF	Ration	KF
Rohprotein	g	1.775 ²⁾	2.799	1.024
nXP	g	1.889	2.780	891
Energie	MJ NEL	88,2	124,7	36,5
pab. Kohlenhydr.	g	1.834	3.546	1.712
Rohfett	g	499	648	149
NDFom-strukt.	g	7.971	7.971	0
Milch [Energie]	kg	14,0	25,0	
Milch [Eiweiß]	kg	14,8	26,0	

¹⁾ Mischration mit 20 kg Gras-, 18 kg Maissilage, 1 kg Heu, 3,3 kg Getreideschrot, 1,9 kg Rapsextraktionsschrot, 180 g Mineralfutter (inkl. Viehsalz und Futterkalk)

²⁾ Davon 1.155 g aus Grassilage

¹⁾ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Prof.-Dürrwächter-Platz 3, D-85586 Poing/Grub

* Ansprechpartner: Dr. Hubert Schuster, email: hubert.schuster@lfl.bayern.de

Heimische Kraftfutter

Die Alternativen im Kraftfutterbereich lassen sich in drei Kategorien (Tabelle 2) aufteilen:

- Extraktionsschrote und Kuchen
- Brauerei- und Brennereinebenprodukte
- „Eiweiß vom Acker“

Rapsextraktionsschrot ist zusammen mit Biertreber das derzeit preisgünstigste Eiweißfuttermittel. Rapsextraktionsschrot lässt sich wie Sojaextraktionsschrot als alleinige Eiweißkomponente ohne Leistungseinbußen einsetzen. Bei Raps- und Sojakuchen ist zu beachten, dass der maximale Anteil in der Ration entsprechend des Fettanteils begrenzt werden muss, um keine Störungen bei der Pansenflora hervorzurufen. Der maximale Fettgehalt in der Ration sollte nicht mehr als ca. 4 % betragen (bei Einsatz von geschützten Fetten 6 %); die einsetzbare Menge liegt deswegen je nach Fettgehalt bei maximal 3 kg FM/Kuh und Tag. Bei Kuchen wird eine Mischung mit anderen Eiweißträgern empfohlen.

Biertreber bringt viel Eiweiß und Energie und wird von den Kühen gern gefressen. Der Mangel an strukturwirksamer Faser macht jedoch eine Begrenzung auf maximal 12 kg FM/Kuh und Tag notwendig. Schlempen sollten wegen ihres im Vergleich zu Raps- und Sojaextraktionsschrot geringen Lysin-Gehalts nicht als alleiniges Eiweißfutter eingesetzt

werden. Gute Ergebnisse bringen jedoch Mischungen mit Rapsextraktionsschrot im Verhältnis 1 : 1.

Auch dem Einsatz von „Eiweiß vom Acker“, wie Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen sind Grenzen gesetzt: bei allen dreien ist darauf zu achten, dass Sorten angebaut werden, die keine Stoffe beinhalten, die die Schmackhaftigkeit beeinträchtigen, wie z.B. Bitterstoffe. Ackerbohnen und Erbsen haben relativ hohe Stärkegehalte und können bei übermäßigem Einsatz und in Verbindung mit hohen Getreideanteilen Azidose begünstigen. Um die hohe Abbaubarkeit im Pansen zu begrenzen, sollten sie deswegen nicht gemahlen, sondern in gequetschter Form verfüttert werden. Bei Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen würde sich eine thermische Behandlung positiv auf Aufnahme und Abbauverhalten im Pansen auswirken. Sie ist in der konventionellen Milchviehfütterung kostenmäßig uninteressant, jedoch für den ökologisch wirtschaftenden Betrieb durchaus eine Lösung. Wie bei den Schlempen wird auch hier eine Mischung mit Rapsextraktionsschrot im Verhältnis 1 : 1 empfohlen. Auch ganze bzw. geschrotete Sojabohnen können an Milchkühe – im Gegensatz zu Schweinen – ohne Aufbereitung verfüttert werden, da das Protein weitgehend im Pansen abgebaut wird. Allerdings zwingt der Fettgehalt zu einer Begrenzung auf ca. 1,5 kg FM/Kuh und Tag. Aufgrund der Produktionskosten dürfte es jedoch sinnvoller sein, aus Sojabohnen kaltgepresstes Sojaöl zu gewinnen und den verbliebenen

Sojapresskuchen als Futtermittel einzusetzen. Je nach Fettgehalt können davon 2 - 3 kg FM/Kuh und Tag eingesetzt werden.

Tabelle 2: Heimische Eiweißfuttermittel im Vergleich mit Sojaextraktionsschrot (Gruber Tabelle 2016) – mittlere Gehalte und Einsatzempfehlungen

	NEL MJ/kg TM	XP g/kg TM	nXP g/kg TM	Empfehlung kg FM
Extraktionsschrote				
Sojaextraktionsschrot, 44 % XP	8,6	500	291	allein
Rapsextraktionsschrot	7,1	392	254	allein
Rapskuchen (8 % Fett)	7,9	370	180	50/50 ¹⁾
Sojakuchen (8 % Fett)	8,7	449	223	50/50 ¹⁾
Brauerei- und Brennereinebenprodukte				
Biertreber siliert	6,7	249	188	bis 12 kg
Weizentrockenschlempe	7,3	382	269	50/50 ¹⁾
Maisschlempe, flüssig	8,5	287	240	50/50 ¹⁾
„Eiweiß vom Acker“				
Erbsen	8,5	235	183	50/50 ¹⁾
Ackerbohnen	8,6	295	194	50/50 ¹⁾
Süßlupinen	9,2	376	217	50/50 ¹⁾
Sojabohnen	9,9	400	198	1,5

¹⁾ Mischung 50/50 mit Rapsextraktionsschrot

Tabelle 3: Hofmischungen – Vergleich heimische Eiweißfuttermittel und Sojaextraktionsschrot

Angaben in %	Euro/dt	ABO	ERB	RES	RKU	SOBO	SES
Ackerbohnen	14,00	25					
Erbsen	18,00		25				
Sojabohnen	40,00					25	
Rapskuchen	28,00				20		
Gerste	15,00	30	19	30	16	19	35
Weizen	16,00	19	25	29	35	40	35
Raps-Ex.-Schrot	24,00	25	30	40	28	20	
Soja-Ex.-Schrot	38,00						29
Mineralfutter 22/2	60,00	1	1	1	1	1	1
Milch kg [MJ NEL]		2,1	2,1	2,1	2,1	2,3	2,2
Milch kg [nXP]		2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1
Euro/dt		17,64	19,15	19,34	20,92	21,85	22,47

*Ohne Kosten für Mahlen und Mischen (ca. 1,50 Euro/dt)

Hofmischungen

Tabelle 3 zeigt Beispiele, wie sich mit den oben behandelten Komponenten günstige Hofmischungen erstellen lassen. Ein Kilogramm dieser Mischungen reicht in etwa für zwei kg Milch nach Energie und Eiweiß. Für die Kalkulation wurden die angeführten Preise verwendet. Bei Ackerbohnen und Erbsen muss ein zweites Eiweißfutter hinzugemischt werden, um den notwendigen Eiweißgehalt zu erreichen. Am teuersten kommt die Variante mit Sojaextraktionsschrot.

Literaturverzeichnis

LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft), 2016: Gruber Tabelle zur Fütterung in der Rindermast.

Bericht

44. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2017

Herausgeber:

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein

Druck, Verlag und © 2017

ISBN-13: 978-902849-48-9

ISSN: 1818-7722