

MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH

HBLFA RAUMBERG - GUMPENSTEIN
LANDWIRTSCHAFT

43. VIEHWIRTSCHAFTLICHE FACHTAGUNG

GRUNDFUTTERQUALITÄT
STRUKTURVERSORGUNG UND
FUTTERAUFNAHME
GENETIK UND FÜTTERUNG IN
DER RINDERMAST
RINDERAUFZUCHT
HALTUNGSFRAGEN

16. und 17. März 2016

Grimmingsaal

HBLFA Raumberg-Gumpenstein

raumberg-gumpenstein.at

43. Viehwirtschaftliche Fachtagung

Grundfutterqualität
Strukturversorgung und
Futteraufnahme
Genetik und Fütterung in
der Rindermast
Rinderaufzucht
Haltungsfragen

16. und 17. März 2016
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

HR 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

Beate Krays

Lektorat

Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber

Dipl.-Ing. Georg Terler

Druck, Verlag und © 2016

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

ISSN: 1818-7722

ISBN: 978-3-902849-35-9

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

Dieser Band wird wie folgt zitiert:

43. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 16.-17. März 2016, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2016

Inhaltsverzeichnis

Grundfutterqualität in österreichischen Betrieben – Analyseergebnisse des Futtermittellabors Rosenau der letzten Jahre.....	1
<i>G. STÖGMÜLLER</i>	
Einfluss des Vegetationsstadiums von Grundfutter auf den Gehalt an Strukturkohlenhydraten	11
<i>R. RESCH</i>	
Ausreichend Struktur in der Milchviehration? Von der Bewertung zur adäquaten Versorgung.....	21
<i>Q. ZEBELI und E. HUMER</i>	
Evaluierung von Modellen zur Schätzung der Futteraufnahme von Milchkühen	29
<i>L. GRUBER</i>	
Die richtige Genetik – Voraussetzung für Qualitätsrindfleisch in der Vermarktung.....	47
<i>F. PIRKER</i>	
Vermarktung von Qualitätsrindern am Beispiel der Murbodner.....	51
<i>J. HÖRZER</i>	
Auswirkungen hoher Mastendgewichte auf Mast- und Schlachtleistung sowie Fleischqualität von Stieren	53
<i>G. TERLER, M. VELIK, R. KITZER und J. KAUFMANN</i>	
Untersuchungen zum Rohproteinbedarf von Fleckviehbullen	63
<i>T. ETTLE, A. OBERMAIER, W. WINDISCH und H. SPIEKERS</i>	
Aktuelles zu den Fütterungskonzepten für Aufzuchtälber in den ersten Lebenswochen	71
<i>C. VAN ACKEREN</i>	
Einfluss von Tränkedauer und Fütterungsintensität auf die Aufzuchtleistung von weiblichen Rindern verschiedener Genotypen.....	75
<i>L. GRUBER, J. HÄUSLER, A. HAIGER, G. TERLER, D. EINGANG, A. ADELWÖHRER und A. SCHAUER</i>	
Bester Start ins Leben	91
<i>R. und T. REITER</i>	
Die Kuh im Blick – Schwachstellen erkennen und Potentiale nutzen.....	93
<i>A. PELZER</i>	
Haltung von Hochleistungsherden im Berggebiet	97
<i>G. EGGMAYR</i>	

Grundfutterqualität in österreichischen Betrieben – Analyseergebnisse des Futtermittellabors Rosenau der letzten Jahre

Forage quality in Austrian farms – Results of the analyses in the feedstuff laboratory Rosenau of the Chamber of Agriculture in Lower Austria in the last years

Gerald Stögmüller^{1*}

Zusammenfassung

Die Futterqualität von Grundfuttermitteln variiert zwischen den Schnitten und Jahren. Die Gehalte an Nähr- und Mineralstoffen, der Gärverlauf sowie die mikrobielle Belastung sind das Ergebnis vieler Faktoren, die vor, während oder nach der Futterernte wirken.

Das Futtermittellabor Rosenau der Landwirtschaftskammer Niederösterreich führt Futteranalysen für Landwirtinnen und Landwirte aus ganz Österreich durch. Aufgrund dieser Datenfülle können die Futterqualitäten gut verglichen werden. Die Auswertungen zeigen klar auf, dass Tabellenwerte nicht mit den regionalen Gehaltswerten übereinstimmen.

Eine gute Untergliederung stellt der Vergleich von landwirtschaftlichen Hauptproduktionsgebieten nach der Vorgabe der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft dar. Hiermit kann man landwirtschaftliche Betriebe mit ähnlichen Produktionsbedingungen vergleichen.

Die Durchschnittsdaten von Hauptproduktionsgebieten ersetzen keinesfalls die Analyse von Futtermitteln, wären aber eine sinnvolle Datengrundlage zur Interpretation von Analyseergebnissen.

Schlagwörter: Futterqualität, Nährstoffgehalt, Mineralstoffgehalt, Grundfutter

Summary

The quality of forage varies between cuts and years. The content of nutrients and minerals, the fermentation process as well as the microbial load is the result of many factors, before, during or after harvesting.

The feedstuff laboratory Rosenau of the Chamber of Agriculture in Lower Austria performs feed analyzes for farmers from all over Austria. Based on this data, the forage quality can be well compared. The evaluations clearly show that tables of feed value do not match the regional nutrient content.

A good breakdown provides the comparison of agricultural production areas according to the specification of the Federal Institute of Agricultural Economics. On that basis farms with similar production conditions can be compared.

The average data of production areas can no substitute analysis of feedstuff but would be a useful database for the interpretation of analytical results.

Keywords: Forage quality, nutrient content, mineral content, roughage

Einleitung

Auswertungen von Analysendaten im Futtermittellabor Rosenau zeigen eine große Variation in den erzeugten Futterqualitäten. Besonders Grassilagen und Heu variieren in den Gehalten von Nährstoffen und Mineralstoffen sehr stark. Zurückzuführen ist dies auf unterschiedliche Bewirtschaftungsintensitäten und dadurch variierende Pflanzenbestände und Nährstoffangebote im Boden, aber auch auf den Erntezeitpunkt und die Erntetechnik. Österreichische Landwirtinnen und Landwirte erkennen die Notwendigkeit der Ermittlung der Futterqualität und nutzen den Service der Futteranalyse in einem immer größeren Ausmaß. Gerade im höheren Leistungsbereich kann durch eine gezielte Rationsgestaltung einer unzureichenden oder falschen Kraftfutter- und Mineralfutterergänzung vorgebeugt werden.

Analytik und Befundung

Das Futtermittellabor Rosenau der Landwirtschaftskammer Niederösterreich wurde im Jahr 1978 gegründet, um Landwirten eine Servicestelle für die Bestimmung von Futterqualitäten zu bieten.

Die chemischen Analysen von Futtermitteln werden nach dem Methodenbuch des Verbandes der landwirtschaftlichen Forschungs- und Untersuchungsanstalten (VDLUFA 2012) durchgeführt. Berechnungen von Parametern (z.B. Energie) werden auf Basis der DLG-Futterwerttabelle (1997) durchgeführt. Die Lehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein mit den Experten in der Tierernährung, Futtermittelbewertung sowie Programmierung sind die fachlichen Anlaufstationen. Es wurden gemeinsam die Berechnungs-

¹ Futtermittellabor Rosenau der Landwirtschaftskammer Niederösterreich, Wienerstraße 64, A-3100 St. Pölten

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Gerald Stögmüller, email: gerald.stoegmueller@lk-noe.at

methoden sowie die Befundverwaltung für die praktische Anwendung adaptiert. In Absprache mit Fachexperten aus Gumpenstein, der Universität für Bodenkultur und auch

mit den Fütterungsreferenten der Landwirtschaftskammern werden die Befundinterpretation und die Ableitung der Daten für die Praxis laufend aktualisiert.



Abbildung 1: Landwirtschaftliche Hauptproduktionsgebiete (Quelle: Bundesamt für Agrarwirtschaft)

Datenbasis für die Auswertung der Futterqualitäten
 Das Futtermittellabor Rosenau untersucht inzwischen über 10.000 Futterproben pro Jahr. Der überwiegende Anteil davon sind Analysen der Rohnährstoffe in Silagen. Diese Futterproben stammen aus ganz Österreich. Mit dieser Datengrundlage kann eine gute Auswertung über die Jahre, Bundesländer und sogar Produktionsgebiete gemacht werden. Aufgrund der gut abgestimmten und durchgehenden Datenspeicherung, konnte die Auswertung der Daten ab dem Jahr 1998 durchgeführt werden.

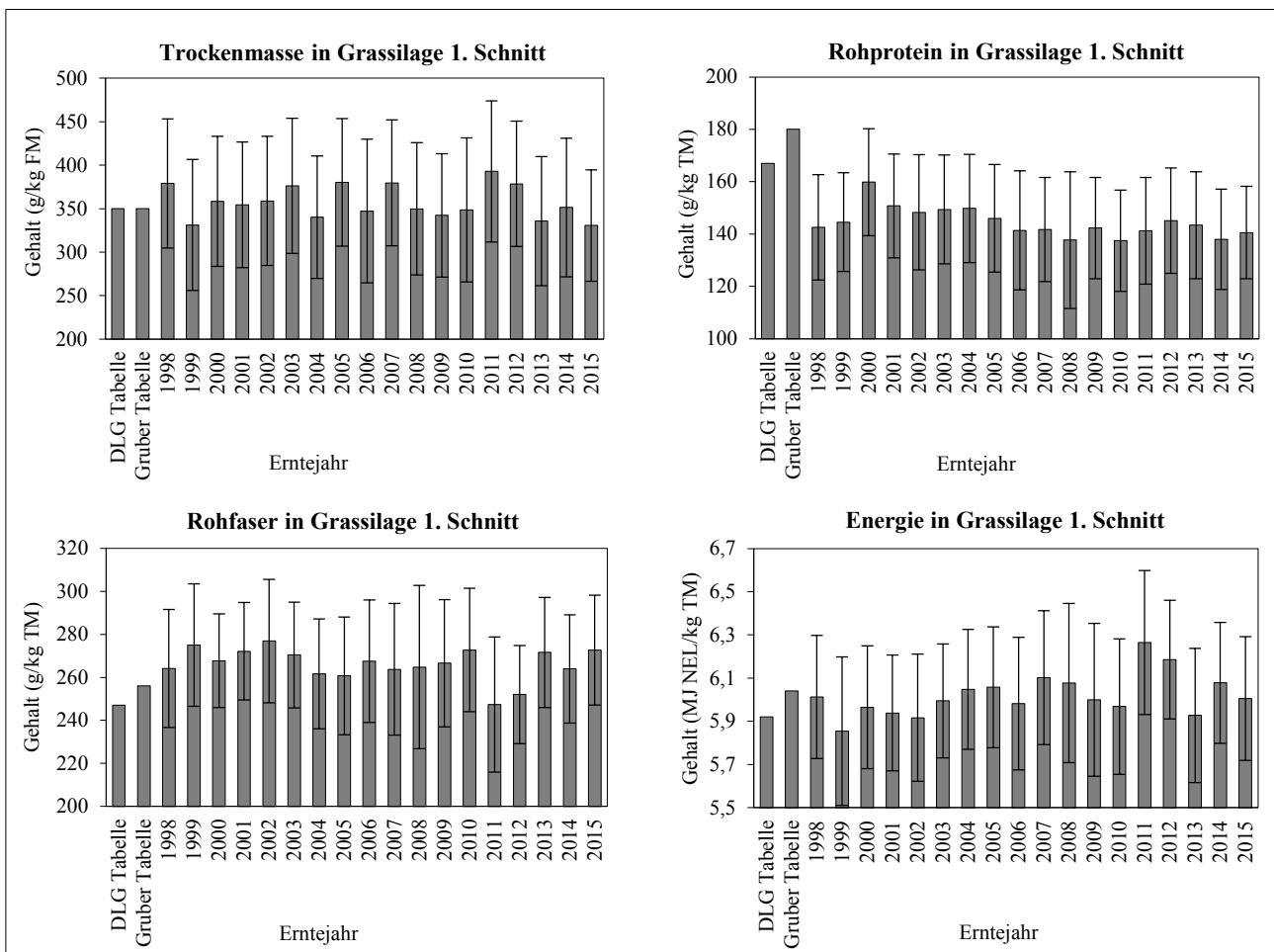


Abbildung 2: Jahresdurchschnitte österreichischer Futtermittel im Vergleich zu Werten der DLG-Tabelle und Gruber-Tabelle

Möglichkeiten der Auswertung

Die Auswertung von Analyseergebnissen wurde von mehreren Gesichtspunkten durchgeführt. Der Jahresdurchschnitt aller Futtermittel einer bestimmten Art umfasst eine hohe Anzahl an Analysen, ist aber gleichzeitig unspezifisch. Eine Unterteilung in Bundesländer zeigt schon eine Präzisierung. Als eine viel sinnvollere Detailierung stellte sich jedoch die Differenzierung nach Produktionsgebieten dar (*Abbildung 1*). Bei dieser Zusammenfassung können Betriebe mit ähnlichen Produktionsbedingungen verglichen und Entwicklungen erkannt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertung der durchschnittlichen Roh Nährstoffgehalte des ganzen österreichischen Bundesgebietes zeigt eine verblüffende Konstanz der Werte. Im Vergleich mit den Werten der DLG-Tabelle (1997) wird ersichtlich, dass der Durchschnitt österreichischer Grassilagen beim ersten Schnitt mit den DLG-Werten nicht gut übereinstimmt. Ein Vergleich mit Werten der Gruber-Tabelle zeigt ebenfalls eine stark abweichende Konzentration der Roh Nährstoffe.

1. Jahresdurchschnitte österreichischer Futtermittel im Vergleich zu Werten der DLG-Tabelle und Gruber-Tabelle

Die nachfolgenden Grafiken zeigen, dass die Roh Nährstoffgehalte im Durchschnitt konstant bleiben, obwohl die einzelnen Werte deutlich streuen (*Abbildung 2*).

2. Bundesländerauswertung am Beispiel Steiermark

Eine Untergliederung der Jahresdurchschnitte in Bundesländer zeigt schon deutliche Schwankungen in den Roh Nährstoffgehalten. Zu beachten ist hier unbedingt die Skalierung der Gehaltswerte (beginnt nicht bei Null!) (*Abbildung 3*).

3. Vergleich der Hauptproduktionsgebiete

Hauptproduktionsgebiete sind Regionen mit ähnlichen Produktionsbedingungen. Bodentypen, Höhenlage und Niederschlag sind vergleichbar. Hier können sich Betriebe untereinander gut vergleichen bzw. ihre Analyseergebnisse danach interpretieren. Die Grafiken zeigen je Produktionsgebiet zwei Balken, wobei der dunkle Balken den Durchschnitt der Jahre 1998 bis 2015 darstellt und der hellere Balken der Durchschnitt der letzten zwei Jahre ist (*Abbildung 4*).

4. Jahresauswertung von Hauptproduktionsgebieten am Beispiel der Hochalpen

Mit der Darstellung der Jahresdurchschnitte kann schon in einem gewissen Maß auf die Produktionsbedingungen (Mineralisierung von Stickstoff, Zeitfenster für die Ernte, ...) rückgeschlossen werden. Trotzdem muss auch bei diesen Durchschnittsdaten auf die sehr hohe Streuung der einzelnen Futterproben hingewiesen werden. Die linke Grafik zeigt die Jahresdurchschnitte, die rechte Grafik die Einzelproben dazu als Punktwolke (*Abbildung 5*).

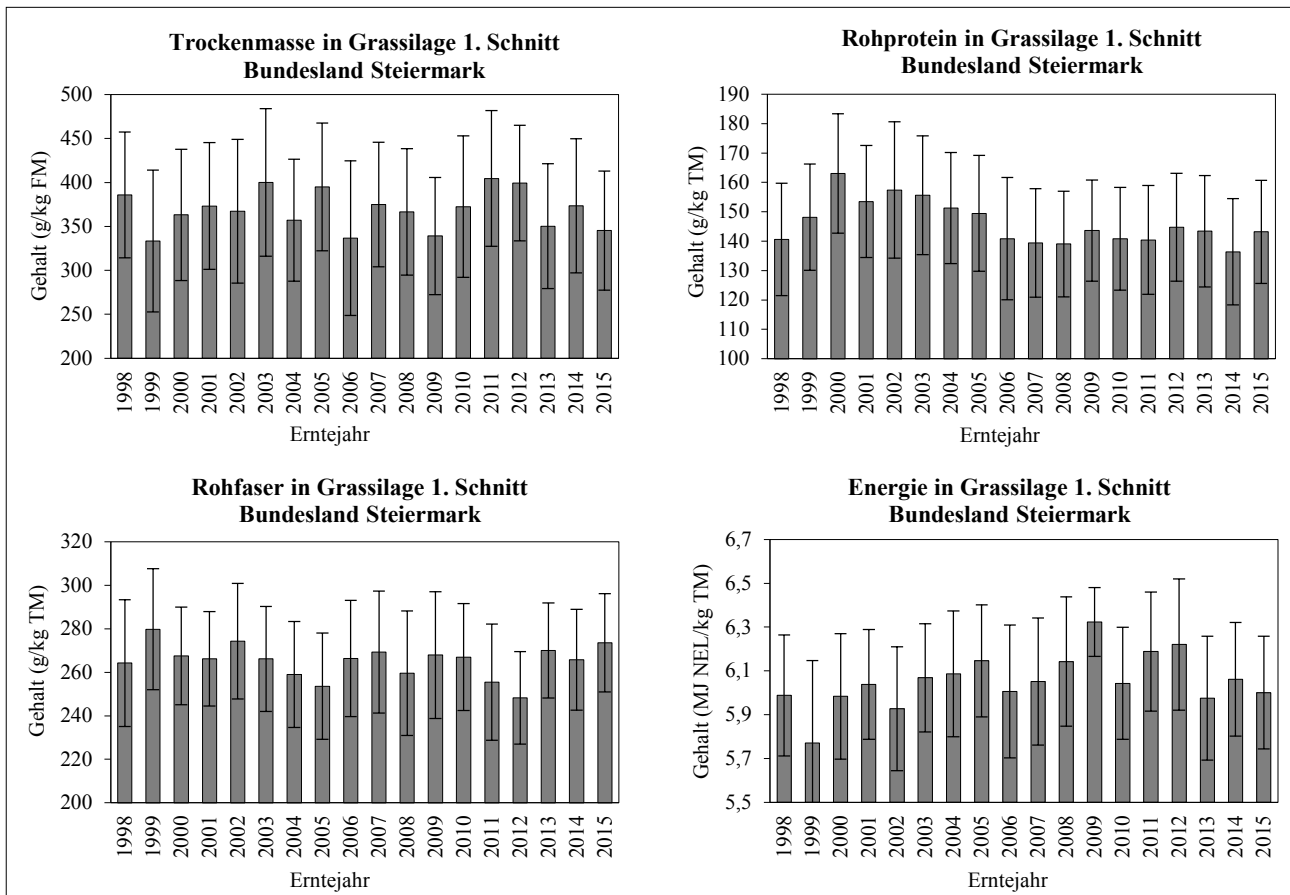


Abbildung 3: Bundesländerauswertung am Beispiel Steiermark

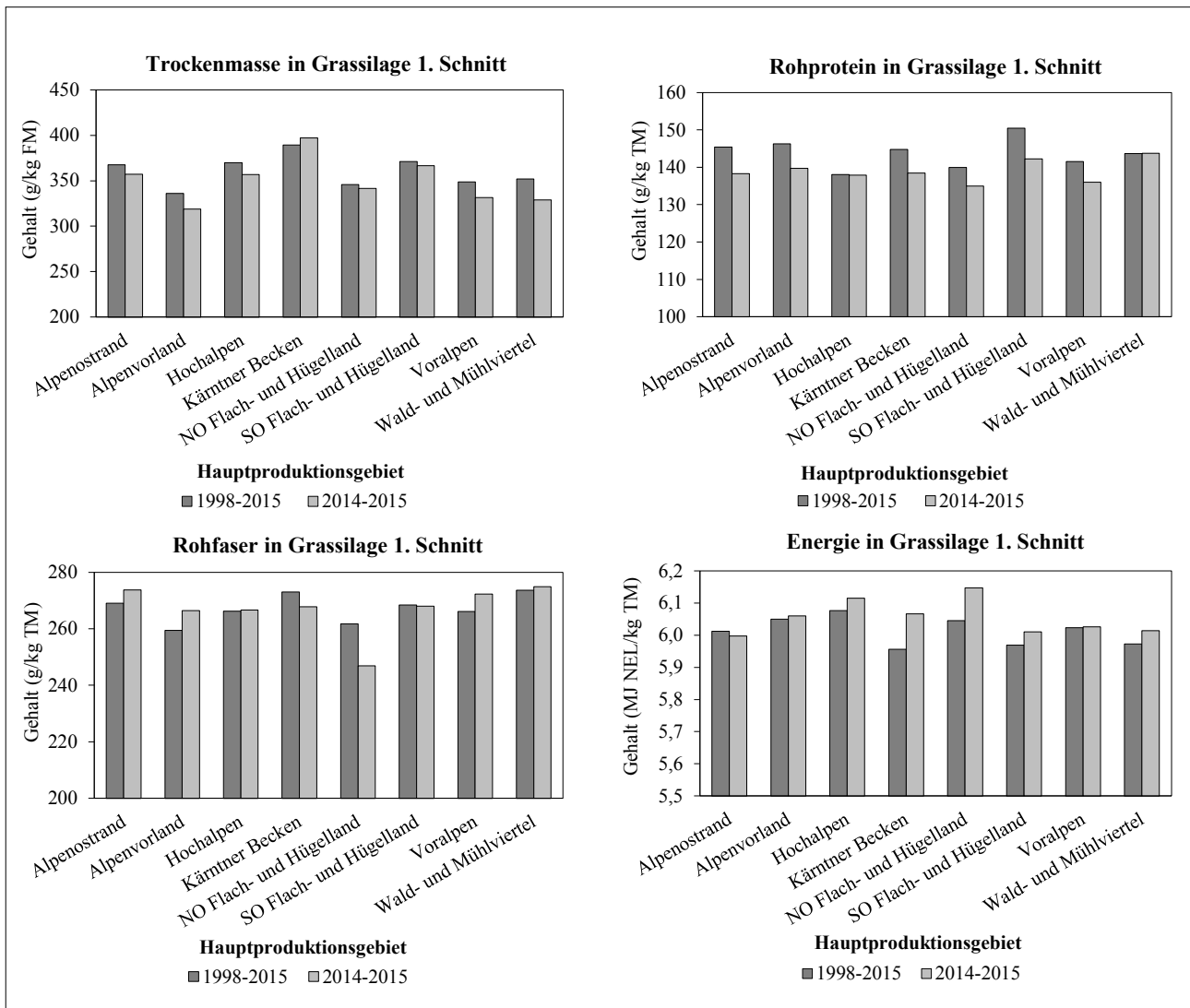


Abbildung 4: Vergleich der Hauptproduktionsgebiete

Anhand der gewählten Unterteilung in Hauptproduktionsgebiete können nun Entwicklungen in einem Gebiet erkannt werden. An diesem Beispiel erkennt man einen etwas früheren Nutzungszeitpunkt in den letzten Jahren (Rohfaser) mit dem Ergebnis höherer Energiekonzentration. Leider weisen die Silagen aber eher geringere Rohproteingehalte auf.

5. Mineralstoffgehalte von Grassilagen

1. Schnitt

Die Mineralstoffgehalte in Futtermitteln werden vom Pflanzenbestand, der Nährstoffverfügbarkeit, dem Reifezustand bei der Ernte sowie durch Verschmutzung und Bröckelverluste bei der Ernte beeinflusst. Speziell der Eisengehalt unterliegt sehr großem Einfluss durch erdige Verschmutzung (Abbildung 6).

6. Gärqualität von Grassilagen 1. Schnitt

Der Gärverlauf resultiert aus dem Zusammenspiel aller Siliergrundlagen. Ein optimaler Gärverlauf basiert auf einer Milchsäuregärung und einer geringgradigen Essigsäuregärung. Je günstiger die Bedingungen für eine Milchsäuregärung sind, umso schneller fällt der pH-Wert, wodurch die mikrobielle Aktivität rasch beendet wird. Nicht

optimale Silierbedingungen führen zu Fehlgärungen, die speziell durch erhöhte Buttersäuregehalte gekennzeichnet sind (Abbildung 7).

7. Schnittvergleich

Bei Graskonserven soll zumindest eine Unterscheidung in 1. Aufwuchs und Folgeaufwuchs erfolgen. Grund dafür sind die unterschiedlichen Gehalte an Nähr- und Mineralstoffen sowie unterschiedliche Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe. Aufgrund des Datenumfanges konnte sogar eine Untergliederung in fünf Schnitte erfolgen (Abbildung 8).

8. Maissilagen

Die Auswertungen zeigen deutlich geringere Schwankungen bei den Durchschnittsgehalten. Trotzdem sieht man auch hier Unterschiede, die in der Differenzierung nach Produktionsgebieten erkennbar werden. Bei Maissilage kann aufgrund des Rohproteingehaltes auf die Kolbenausprägung und die Reife bei der Ernte rückgeschlossen werden. Hohe Rohproteingehalte zeigen demnach einen unterdurchschnittlichen Kornanteil (Abbildung 9a).

Der Eisengehalt ist auch bei Maissilage ein Parameter auf Verschmutzung. Tiefe Schnitthöhe sowie Staub in den

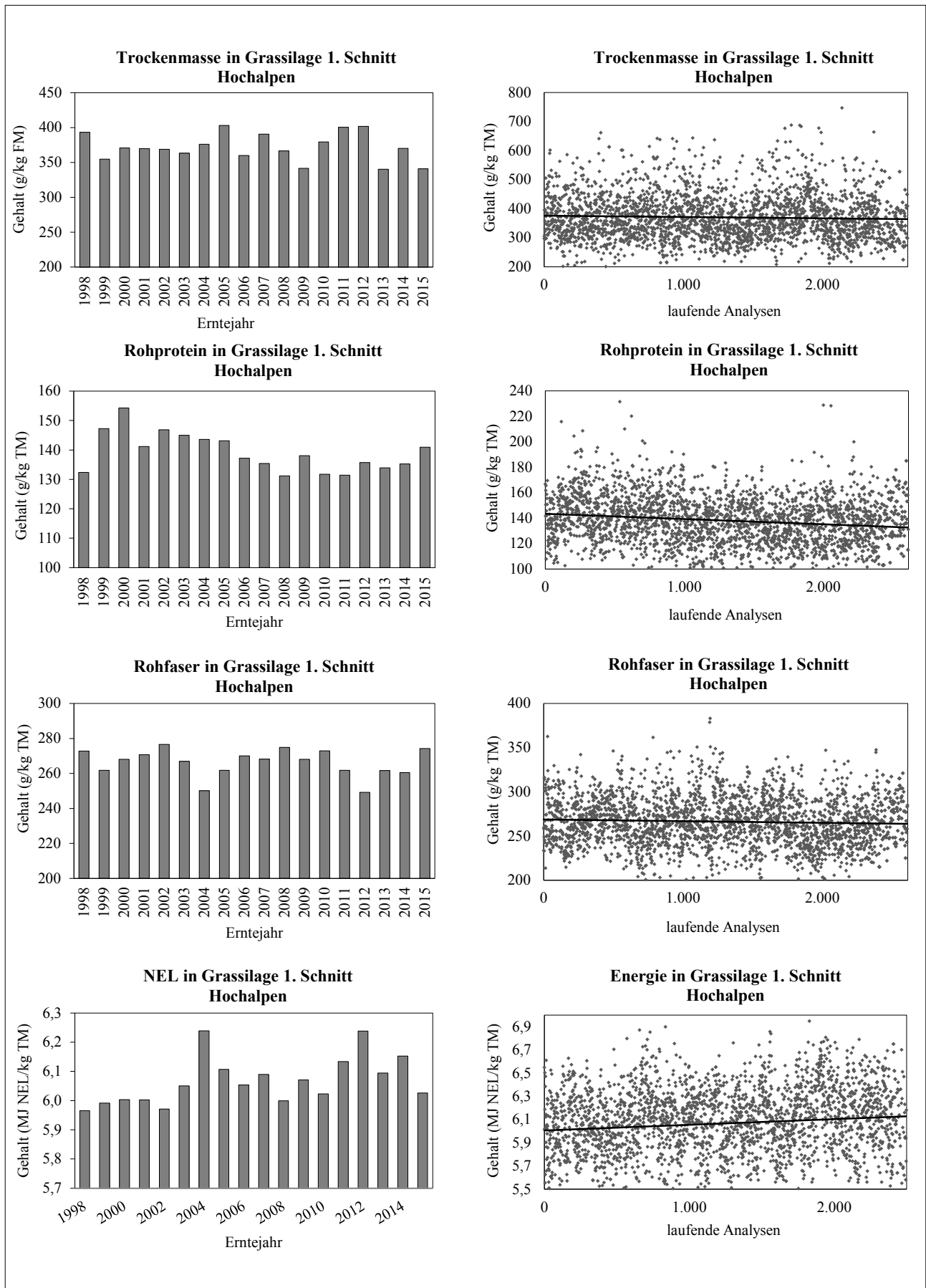


Abbildung 5: Jahresauswertung von Hauptproduktionsgebieten am Beispiel der Hochalpen

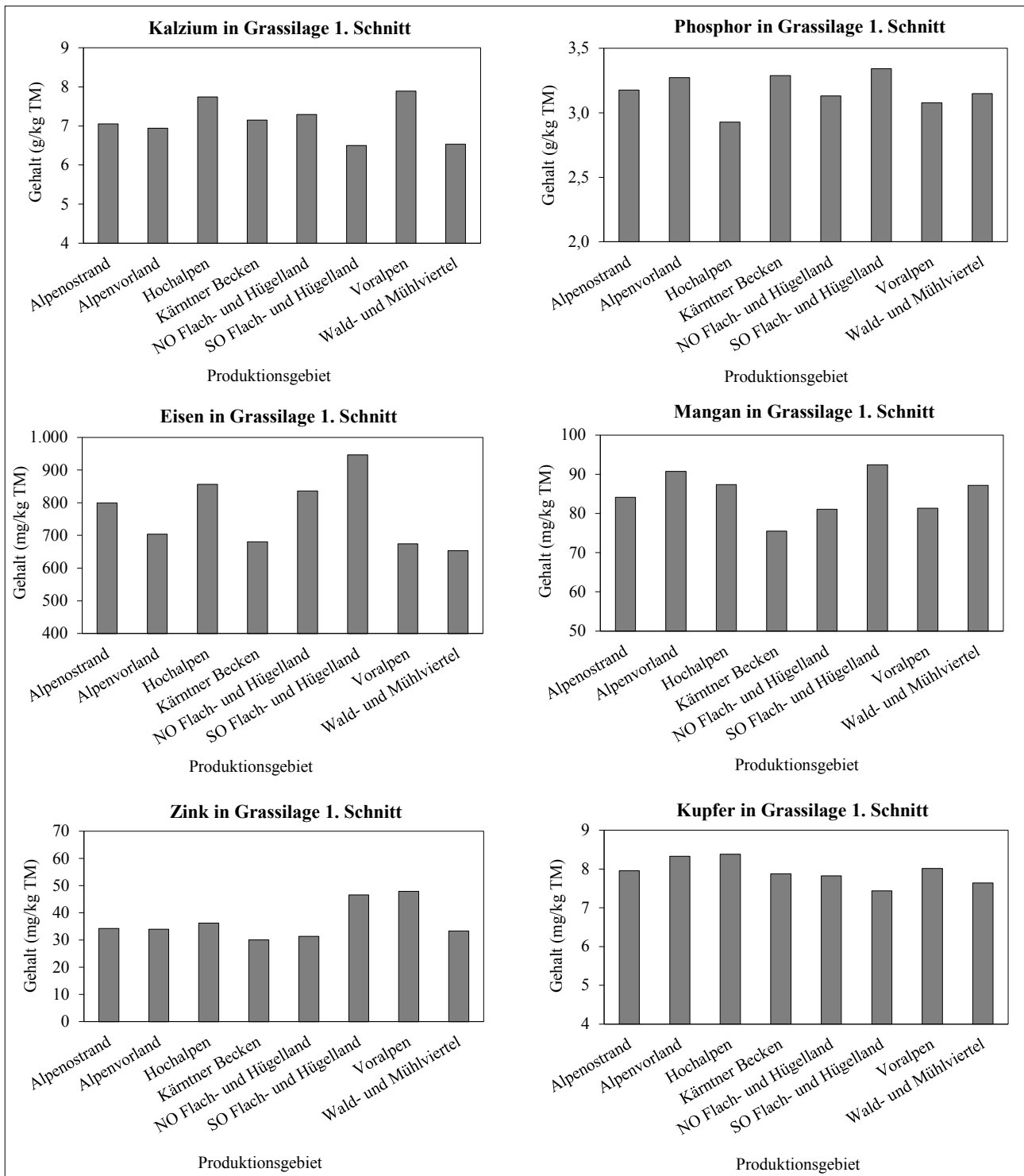


Abbildung 6: Mineralstoffgehalte von Grassilage 1. Schnitt

Blattachsen auf Maispflanzen in Trockengebieten können hiermit erkannt werden (Abbildung 9b).

Die wertbestimmende Komponente in Maissilage ist Stärke der Körner. Durch die Möglichkeit der Mitbestimmung mit den Roh Nährstoffen bei der NIRS-Schnellanalyse stieg die Anzahl der Stärkeuntersuchungen in den letzten Jahren sprunghaft an. Trotz steigender Tendenz des Energiegehaltes in Maissilagen gibt es auch sehr viele unbefriedigende Energiegehalte, die auf unzureichende Produktionsbedingungen zurückzuführen sind (Abbildung 9c).

9. Heu

Der Qualität von Heu wird je nach Betriebsausrichtung unterschiedliche Bedeutung zugemessen. Während Heu in silagebetonten Betrieben einen eher unbedeutenden Anteil in der Ration ausmacht, ist es für spezialisierte Betriebe die alleinige Futtergrundlage für die Winterperiode. Aufgrund dieser Tatsache variieren die Nährstoffgehalte von Heu noch deutlicher, was aber an den durchschnittlichen Gehaltswerten nicht erkannt werden kann (Abbildung 10).

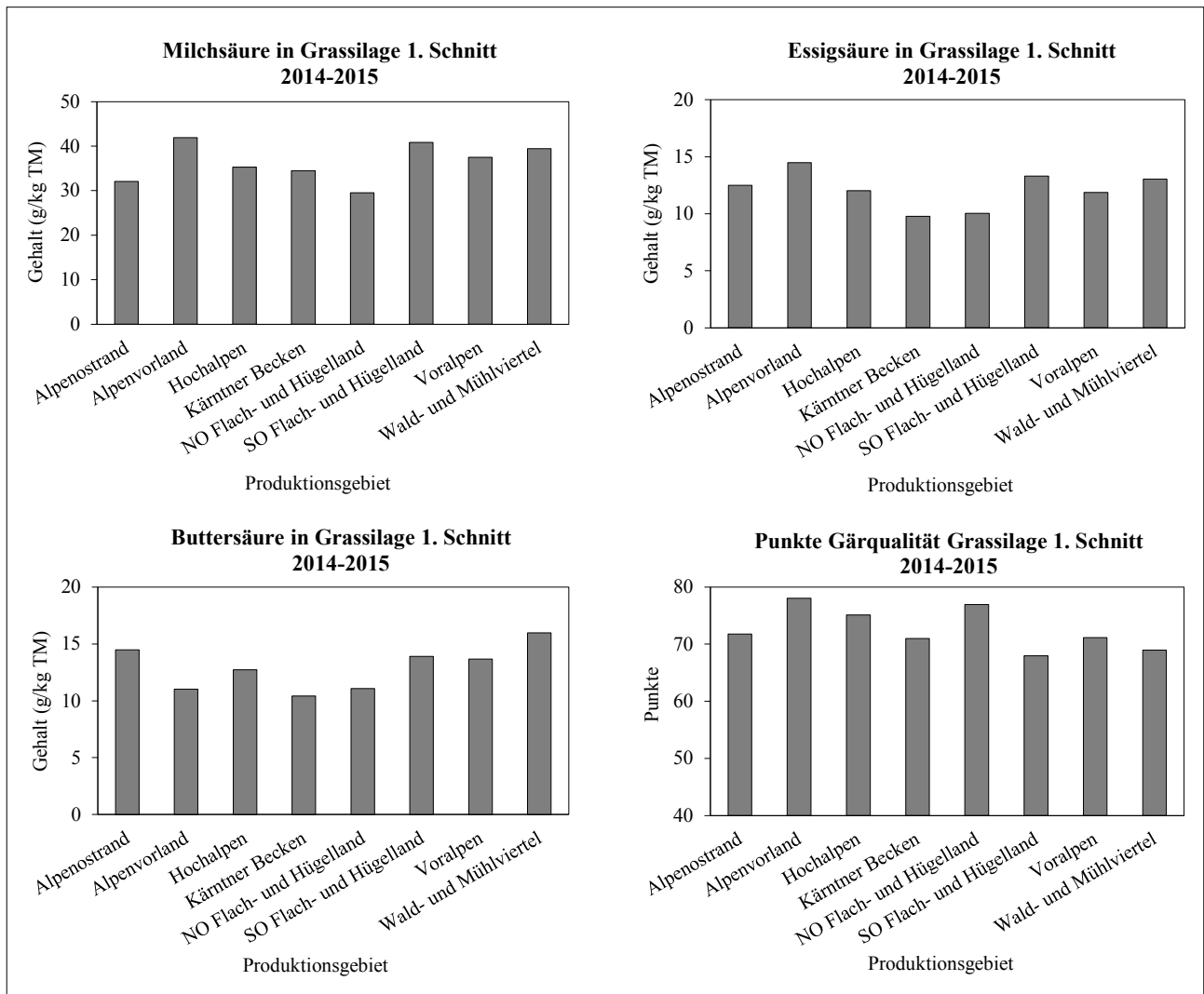


Abbildung 7: Gärqualität von Grassilagen 1. Schnitt

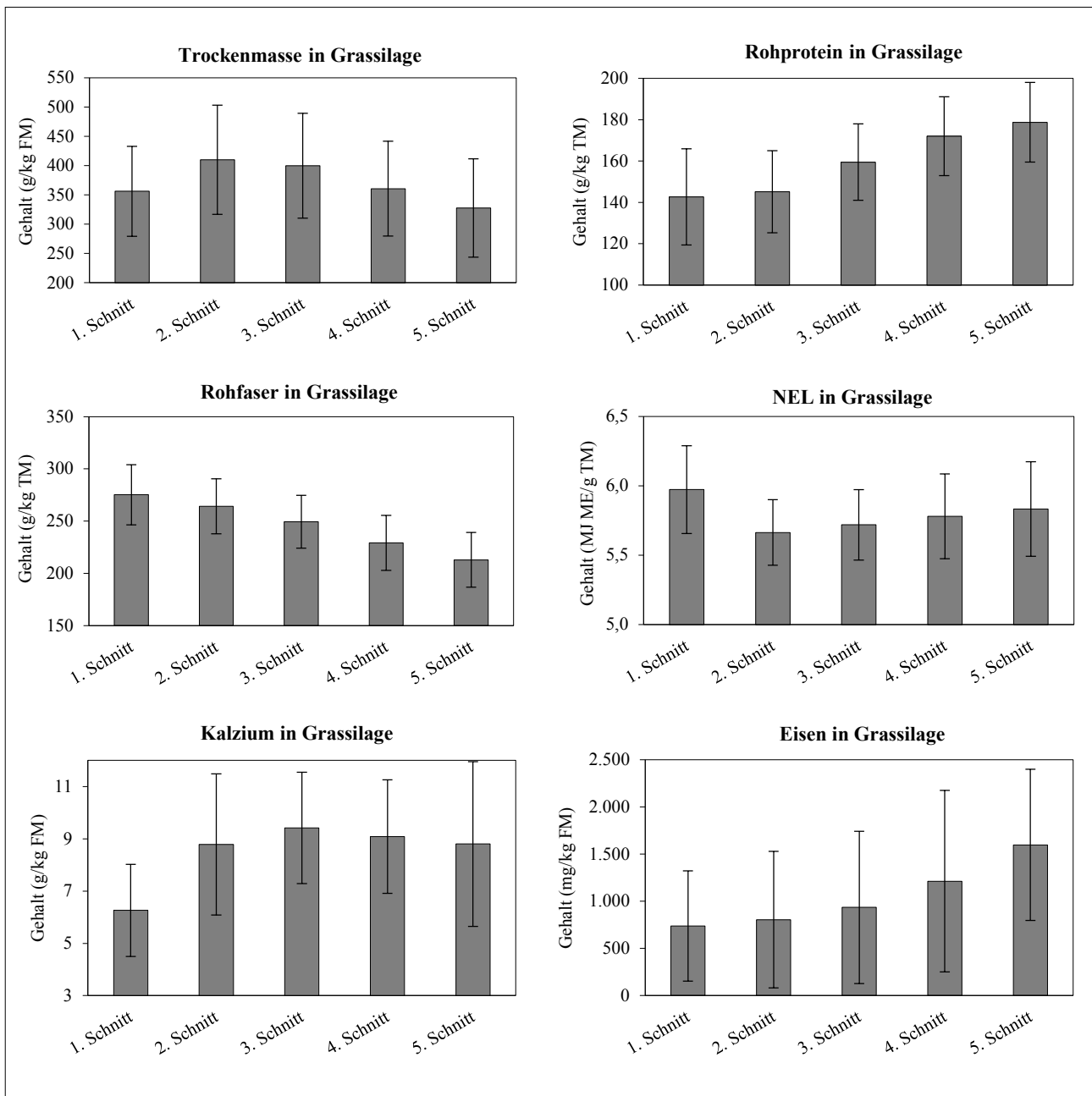


Abbildung 8: Schnittvergleich

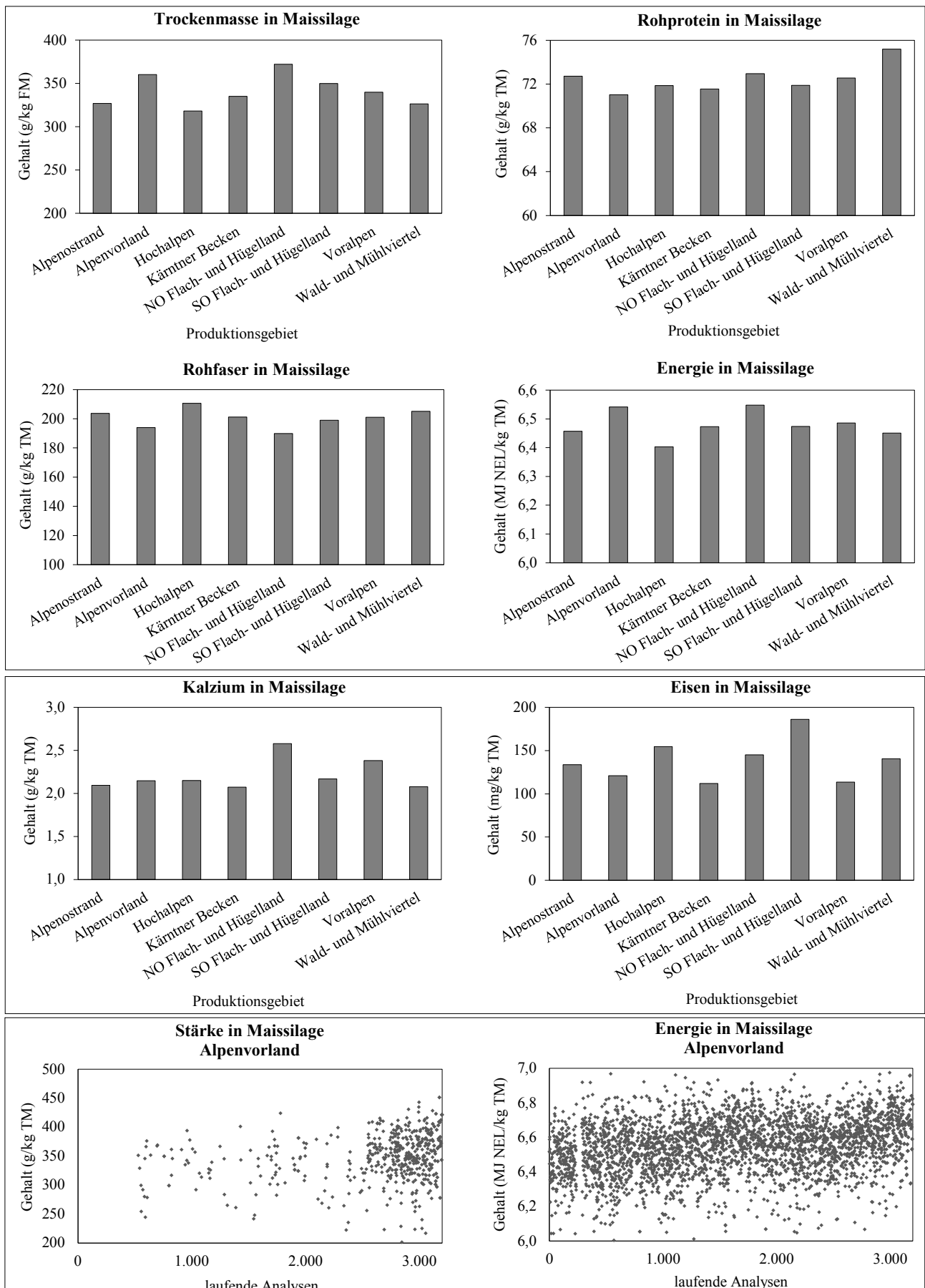


Abbildung 9 a - c: Maissilagen

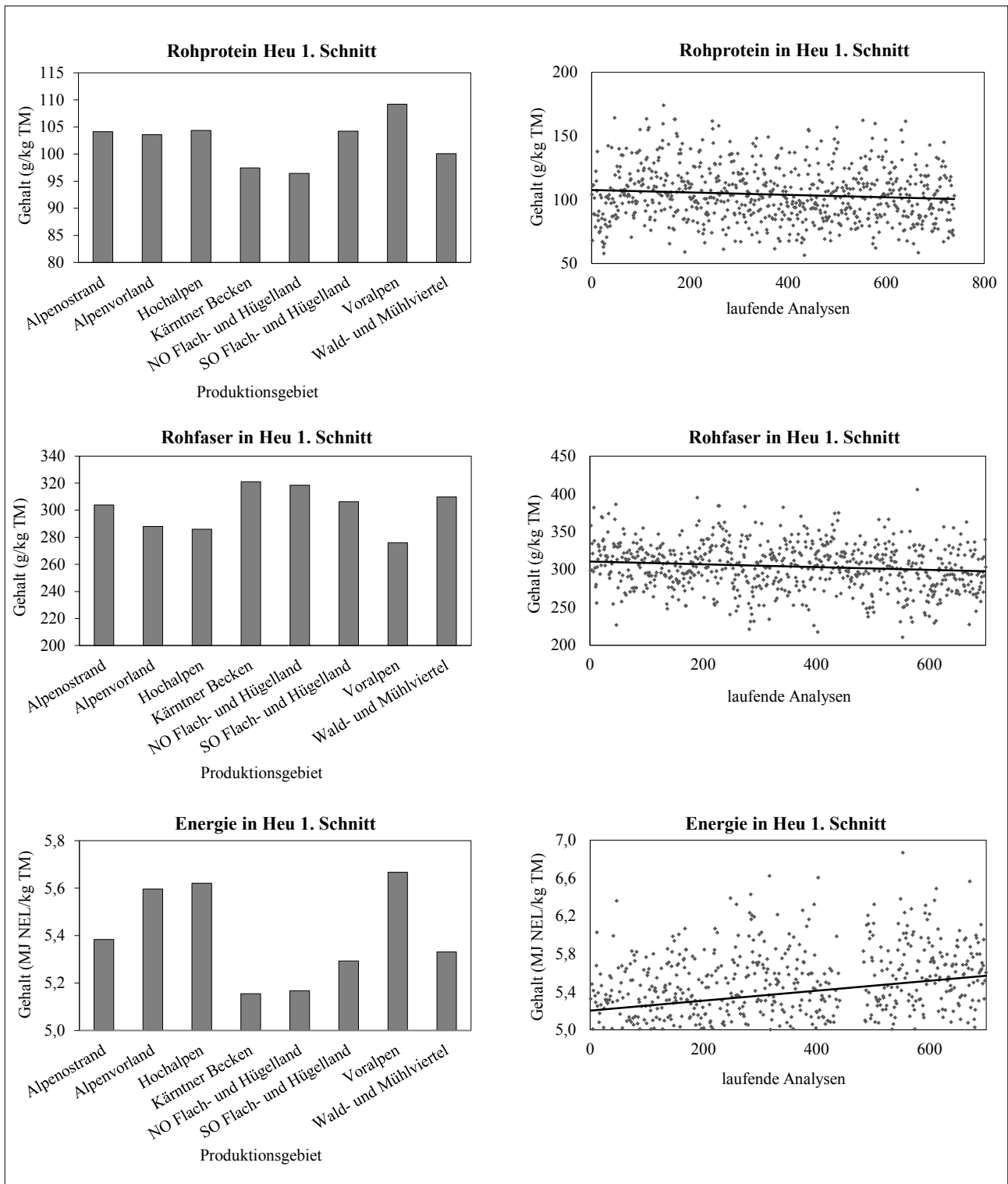


Abbildung 10: Heu

Literatur

- Bundesamt für Agrarökonomik, 2016: Grafik Hauptproduktionsgebiete, <http://www.agraroekonomik.at/index.php?id=produktionsgeb>
- DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. 7. erweiterte und überarbeitete Auflage. Hrsg. Universität Hohenheim-Dokumentationsstelle, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 212 S.

Futtermittellabor Rosenau der LK-NÖ: Datenauswertung 1998-2015.

- LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (Hrsg.), 2006: Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Masttrinder, Schafe, Ziegen. 27. Auflage, Freising.
- Verband der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA), 2012: Methodenbuch Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln.

Einfluss des Vegetationsstadiums von Grundfutter auf den Gehalt an Strukturkohlenhydraten

Impact of vegetation stage of forage on structural carbohydrate content

Reinhard Resch^{1*}

Zusammenfassung

Österreichs Berater, Lehrer und Landwirte befinden sich in einer Umstellungsphase der Bewertung der Faserkohlenhydrate von Rohfaser auf die Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL). Ein Grund für die langsame Umstellung ist wahrscheinlich im Informationsdefizit zur österreichischen Situation der Gerüstsubstanzen im Bereich Grundfutter zu suchen. Um diesen Mangel durch spezifische Fakten auszugleichen, wurden von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein mehr als 4.000 Wiesenfutterproben aus ganz Österreich ausgewertet und auch Erkenntnisse aus der Schweiz von neun Pflanzenarten des Wirtschaftsgrünlandes eingebaut.

Die Artenausstattung des Pflanzenbestandes, das Vegetationsstadium und der Aufwuchs hatten einen starken Einfluss auf die Bildung von verschiedenen Faserkohlenhydraten. Die Faserkohlenhydrate nahmen im Vegetationsverlauf des 1. Aufwuchses, insbesondere bei den Gräsern, stärker zu als in den Folgeaufwüchsen. Der Grad der Lignifizierung war vor allem bei Luzerne und Rotklee, aber auch bei Bärenklau deutlich höher als bei einigen Gräsern. Mit Ausnahme von Englisch Raygras, Knaulgras und Wiesenfuchsschwanz war der Gehalt an Lignin in den Folgeaufwüchsen höher als beim 1. Aufwuchs. Landwirte mit hochleistenden Milchkühen sind gut beraten, in Zukunft die Gerüstsubstanzen in ihrem Grundfutter nasschemisch analysieren zu lassen, damit sie die tatsächlichen Fasergehalte ihrer Futterbasis besser kennen. Wiesenfutter guter Qualität sollte weniger als 500 g NDF bzw. 300 g ADF und weniger als 45 g ADL je kg Trockenmasse aufweisen.

Schlagwörter: Lignifizierung, Gerüstsubstanzen, Faserkohlenhydrate, Grundfutterqualität

Summary

Austrian advisors, teachers and farmers are only slowly moving from the crude fibre-system to structural carbohydrates (NDF, ADF, ADL) regarding the evaluation of forage quality. Among other reasons this is caused by a lack of specific facts and data. Therefore more than 4,000 grass samples from Austria were analysed for structural carbohydrates by AREC Raumberg-Gumpenstein and complemented with Swiss results of nine forage plant species. Factors like composition of grassland species, stage of vegetation and growth had significant effects on polymerisation of cell wall carbohydrates. The examined grass species showed a higher increase of NDF and ADF contents during the first growth than in the following growths. Lignification of legumes like lucerne (*medicago sativa*), red clover (*trifolium pratense*) and white clover (*Trifolium repens*), but also of cow parsnip (*Heracleum sphondylium*) was higher compared to grasses. In the following growths higher contents of lignin occurred, with the exception of cocksfoot (*Dactylis glomerata*), ryegrass (*Lolium perenne*) and meadow foxtail (*Alopecurus pratensis*). Dairy farmers with high-yielding cows should analyse their forage by wet chemistry methods to get a better knowledge of cell wall carbohydrates. Forage of high quality should contain less than 500 g NDF, 300 g ADF and less than 45 g ADL per kg dry matter.

Keywords: lignification, structural carbohydrates, cell wall carbohydrates, forage quality

1. Einleitung

Um Gesundheit und ansprechende Leistung über eine möglichst lange Nutzungsdauer aufrecht erhalten zu können, benötigen hochleistende Milchkühe ein Fütterungsmanagement, das auf die Bedürfnisse der Tiere optimal eingeht. Nach SPIEKERS et al. (2009) ist hierbei die optimale Versorgung mit Kohlenhydraten von unstrittiger Bedeutung, weil diese Nährstoffgruppe die wichtigste Energiequelle für die Pflanzenfresser darstellt.

Die polymeren Zellwandbestandteile der Futterpflanzen machen 30 bis 80 % in der TM aus (DACCORD et al. 2001) und sind sehr heterogen und komplex in ihrer chemischen Struktur (NULTSCH 2001, GRUBER 2009). Für Wiederkäuer ist eine ausreichende Menge an zellwandgebundenen Kohlenhydraten, auch als Gerüstsubstanzen, Faser- oder Strukturkohlenhydrate bezeichnet, sehr wichtig für die Funktion des Verdauungstraktes. Nach ZEBELI et al. (2008) spielen strukturierte Kohlenhydrate für die Regulierung des pH-Wertes im Pansen eine entscheidende Rolle. Für

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

die Rationsgestaltung ist es daher speziell bei hochleistenden Tieren wichtig, die faserreichen Grundfuttermittel mit Labormethoden zu untersuchen, welche die Situation im Futter realistisch wiedergeben und die Wirkung bei der Verdauung gut beschreiben.

Bis in die heutige Zeit werden in der österreichischen Praxis die schwer verdaulichen Kohlenhydrate von Futtermitteln hauptsächlich anhand der Weender Analyse nach HENNEBERG und STOHMANN (1864) über die Rohfaser bewertet. Die Rohfaser entspricht allerdings, bedingt durch den chemischen Aufschluss, nicht den tatsächlichen Fasergehalten im Futtermittel, daher werden nach GRUBER (2009) sowohl Faser- (FC) als auch Nichtfaserkohlenhydrate (NFC) falsch eingestuft.

Mit der sogenannten Detergenzien-Analyse erreichte Van Soest bei Futtermitteln eine weitestgehend zutreffende Zuteilung der Kohlenhydrate in FC und NFC. Die Fraktionierung der Faserkohlenhydrate in Neutral- und Säure-Detergenzien-Faser sowie Lignin (NDF, ADF, ADL) ermöglichte die Bestimmung der Hauptkomponenten der Zellwandbestandteile, nämlich Zellulose, Hemizellulose und Lignin (GOERING und VAN SOEST 1970, VAN SOEST 1963a, 1963b, 1965, VAN SOEST und WINE 1967). Die Detergenzien-Analyse wurde mehrmals modifiziert (VAN SOEST et al. 1991, MERTENS 2002). NDF hat heute eine weltweite Akzeptanz als Analysenparameter zur Definition von Faserkohlenhydraten sowie als Parameter in der Fütterung der Wiederkäuer.

Berater, Lehrer und Landwirte sollen einen praxisnahen und verständlichen Zugang zur zeitgemäßen Faserkohlenhydratbewertung mittels NDF, ADF und ADL finden, um damit die verbesserten Möglichkeiten der Fütterung von hochleistenden Milchkühen in der täglichen Arbeit professionell anwenden zu können. Daher geht dieser Beitrag speziell auf die Gerüstsubstanzen NDF, ADF und ADL sowie die Komponenten Hemizellulose, Zellulose und Lignin und deren Entwicklung im Laufe des Wachstums von verschiedenen Grundfutterpflanzen und Dauerwiesenbeständen ein, um das grundlegende Verständnis über Faserkohlenhydrate zu verbessern.

2. Material und Methoden

2.1 Datenmaterial Dauerwiesenfutter

Projekt Biodynamik

An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein und deren Versuchsstation Piber wurden in einem synchron angelegten Exaktversuch in den Jahren 2004 bis 2009 unterschiedliche Qualitätsparameter von Dauerwiesenfutter bei einem Zwei-, Drei- und Vierschnittregime untersucht. Die Pflanzenbestände wurden von Ende April bis Anfang Oktober wöchentlich beprobt, sodass insgesamt 880 Futterproben mit Gerüstsubstanzenanalysen für die Auswertung zur Verfügung standen.

Exaktversuche auf Dauergrünland

Zur Untersuchung wurden Analysendaten von insgesamt 4.165 Futterproben von Dauerwiesenfutter aus 72 Exaktversuchen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein herangezogen. Die Proben stammen aus den Jahren 2004 bis 2014. Die Bewirtschaftungsintensität umfasste eine Bandbreite von einer Nutzung bei Extensivwiesen bis 9 Nutzungen

pro Jahr bei Kurzrasenweide und von ungedüngt bis zu 210 kg N/ha und Jahr. Ein Schwerpunkt der Versuchsstandorte war Gumpenstein und dessen Außenstellen. Mehr als 1.000 Proben lagen dank der Projektkooperationen mit vielen österreichischen landwirtschaftlichen Fachschulen (LFS) von Vorarlberg bis ins Burgenland verteilt und repräsentieren daher recht gut die gesamtösterreichische Situation.

Projekt Efficient Cow

Damit nicht nur Gerüstsubstanzenanalysen aus dem eigenen Labor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in die Auswertungen einfließen, wurden insgesamt 197 Grundfuttermittel (131 Grassilagen und 66 Heuproben) aus dem Forschungsprojekt „Efficient Cow“ aus dem Jahr 2014 miteinbezogen. Die Futterproben stammen von Milchkuhbetrieben aus ganz Österreich und wurden im Futtermittellabor Rosenau der Landwirtschaftskammer Niederösterreich (www.futtermittellabor.at) analysiert.

2.2 Datenmaterial Pflanzenarten

In der Schweiz wurden 10 unterschiedliche Futterpflanzen auf 3 Standorten (Reckenholz, La Frêtaz und Posieux) im Vegetationsverlauf von 1996 bis 1997 während neun Wochen im ersten Aufwuchs und in den Folgeaufwüchsen beobachtet und beprobt (JEANGROS et al. 2001). Um die Bedeutung einzelner Grünlandarten des Wirtschaftsgrünlandes in punkto Faserkohlenhydrate herauszuarbeiten, wurden für diesen Beitrag 9 Pflanzenarten aus dieser Studie herausgenommen. Die Pflanzenarten wurden auf verschiedenste Qualitätsparameter analysiert, unter anderem auch auf die Zellwandbestandteile NDF, ADF und ADL. Das verwendete Zahlenmaterial stammt aus der Veröffentlichung von DACCORD et al. (2001).

2.3 Futteranalytik

Die Analyse der Gerüstsubstanzen NDF, ADF und ADL erfolgte nasschemisch mit dem Fibertec 2010 System von Foss Tecator. Eine exakte Beschreibung der Analysemethoden von Rohfaser und Faserkohlenhydraten kann in GRUBER (2009) nachgelesen werden.

2.4 Statistische Auswertung

Die Daten wurden mit deskriptiven Methoden und linearen Regressionsmodellen untersucht. Dazu wurden die Programme Statgraphics Centurion XV (Version 15.2.14) und Microsoft Excel verwendet.

3. Ergebnisse und Diskussion

Im nachfolgenden Beitrag wurden umfangreiche Futterprobenuntersuchungen von Wiesenfutter und bedeutenden Arten des Wirtschaftsgrünlandes hinsichtlich Faserkohlenhydrate ausgewertet, um für Beratung, Lehre und Praxis das Feingefühl in der Anwendung dieser zukunftsweisenden Parameter zu schärfen.

3.1 Faserkohlenhydrate in Dauerwiesenfutter

Die dynamische Beprobung und Analyse von Faserkohlenhydraten (NDF, ADF, ADL) während der Vegetationsperiode

ergab bei Dauerwiesenfutter vor allem deutliche Unterschiede zwischen dem 1. Aufwuchs und den Folgeaufwüchsen (Abbildungen 1a, 2a, 3a und 4a). Ausgehend von ~380 g/kg TM stieg die Summe an Faserkohlenhydraten (NDF) im 1. Aufwuchs wöchentlich um 23 g/kg TM beachtlich an. Der NDF-Anstieg in den Folgeaufwüchsen betrug hingegen nur 3 bis 7 g/kg TM je Woche. Das NDF-Ausgangsniveau der Folgeaufwüchse lag zwischen 408 und 456 g/kg TM und damit deutlich höher als im 1. Aufwuchs. Die Datenstreuung wurde in den Kurvenverläufen mittels Fehlerindikatoren dargestellt. Diese zeigen die höchsten Standardabweichungen bei NDF, gefolgt von ADF und Lignin. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal der Faserkohlenhydrate von Dauerwiesenfutter in den Aufwüchsen war im Gehalt an ADF (Lignozellulose) zu finden. Der Gehalt an ADF stieg im Dauerwiesenfutter des 1. Aufwuchses pro Woche um 18 g/kg TM an, in den Folgeaufwüchsen belief sich der ADF-Zuwachs auf ~4 g/kg TM pro Woche (Tabelle 1). ADL war im 1. Aufwuchs mit durchschnittlich 40 g/kg TM deutlich weniger enthalten als in den Folgeaufwüchsen, mit Gehaltswerten zwischen 45 und 62 g/kg TM. Lignin ist der Hauptfaktor, der die Verfügbarkeit der pflanzlichen Zellwand für Pflanzenfresser (VAN SOEST 1994) und die Verdaulichkeit des Futters (JUNG und DEETZ 1993) begrenzt.

Die nach dem CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System) nicht abbaubare Kohlenhydratfraktion C wird aus $ADL \times 2,4$ ermittelt (SNIFFEN et al. 1992). Grund der Unverfügbarkeit dieser Faserkohlenhydrate für Pansenmikroben sind die starken Verkettungen zwischen Lignin und Hemizellulose in der Zellwand. In den Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum (RESCH et al. 2006) lässt sich daher die geringere Verdaulichkeit der organischen Masse (OM) des Dauerwiesenfutters in den Folgeaufwüchsen gegenüber dem 1. Aufwuchs über die höheren Gehalte an Lignin und Hemizellulose besser erklären als mit der Rohfaser.

Aus den Gerüstsubstanzen NDF, ADF und ADL lassen sich rechnerisch Zellulose, Hemizellulose und Lignin ermitteln (GRUBER 2009). Im Zusammenhang mit Faserkohlenhydraten stellt sich die Frage nach den Verhältnissen zwischen den drei Faserkomponenten im Laufe der Pflanzenentwicklung in den einzelnen Aufwüchsen. In den Abbildungen 1b, 2b, 3b und 4b wurde daher der Gesamtgehalt der Faserkohlenhydrate auf 100 % gesetzt und die Anteile von Zellulose, Hemizellulose und Lignin im Wochenverlauf dargestellt. Wiederum unterscheidet sich der 1. Aufwuchs des Dauerwiesenfutters deutlich von den Folgeaufwüchsen. Im 1. Aufwuchs betrug der Anteil des ADL durchgehend ~8 %, in den Folgeaufwüchsen 10 bis 12 % der gesamten

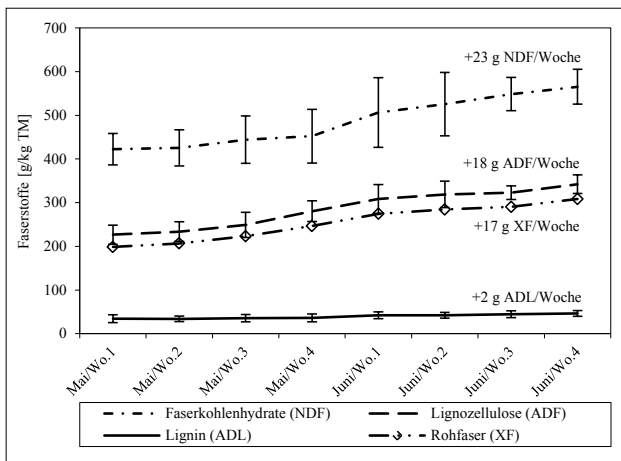


Abbildung 1a: Entwicklung von NDF, ADF, ADL und XF von Dauerwiesenfutter im 1. Aufwuchs

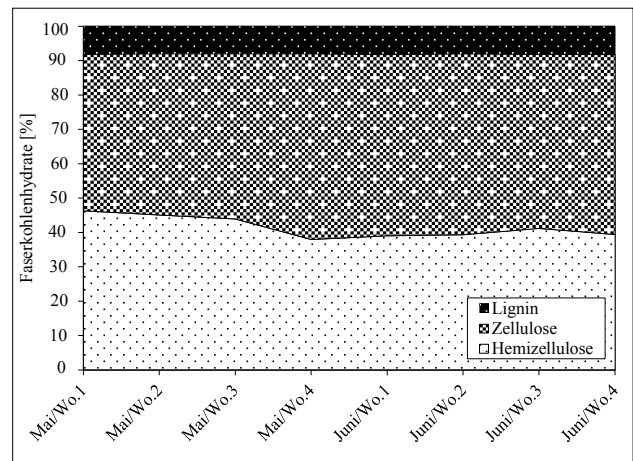


Abbildung 1b: Entwicklung der Faserkohlenhydrate im 1. Aufwuchs

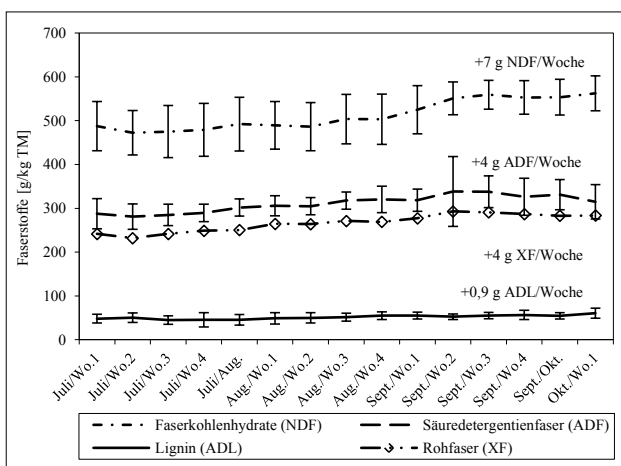


Abbildung 2a: Entwicklung von NDF, ADF, ADL und XF von Dauerwiesenfutter im 2. Aufwuchs

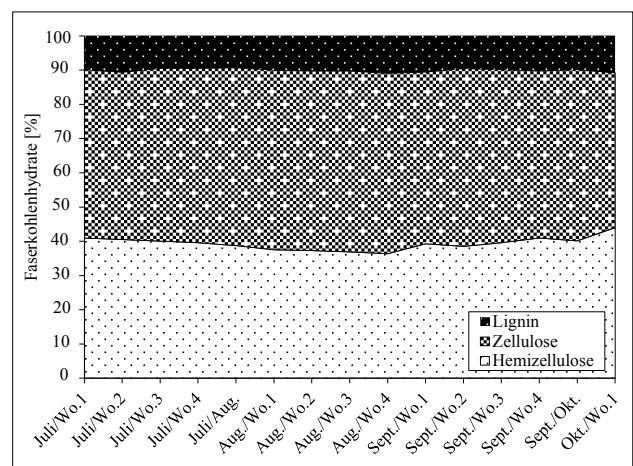


Abbildung 2b: Entwicklung der Faserkohlenhydrate im 2. Aufwuchs

Gerüstsubstanzen. Ein Unterschied konnte auch bei der Entwicklung von Zellulose und Hemizellulose festgestellt werden. Die Zellulose stieg im 1. Aufwuchs von 45 auf 52 % an, im gleichen Zeitraum kam es bei der Hemizellulose zu einer Reduktion von 46 auf 39 % (Abbildung 1b). Bei den

Folgeaufwüchsen blieb die Hemizellulose auf einem relativ konstanten Niveau von 35 bis 39 % und die Zellulose bei 49 bis 52 % (Abbildungen 2b, 3b und 4b). Der Verlauf der Gerüstsubstanzen in den einzelnen Aufwüchsen wurde auch mit Hilfe von linearen Regressi-

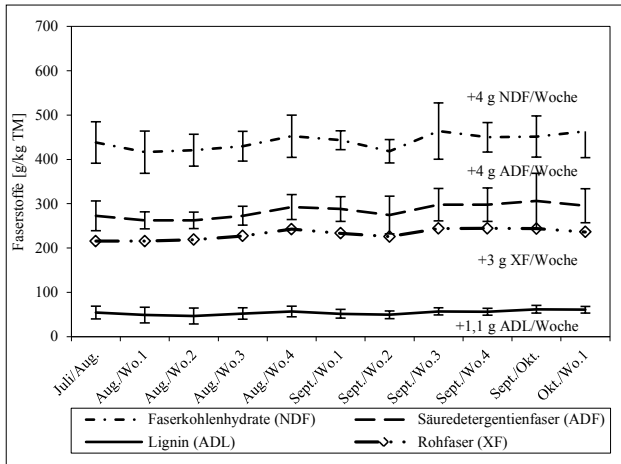


Abbildung 3a: Entwicklung von NDF, ADF, ADL und XF von Dauerwiesenfutter im 3. Aufwuchs

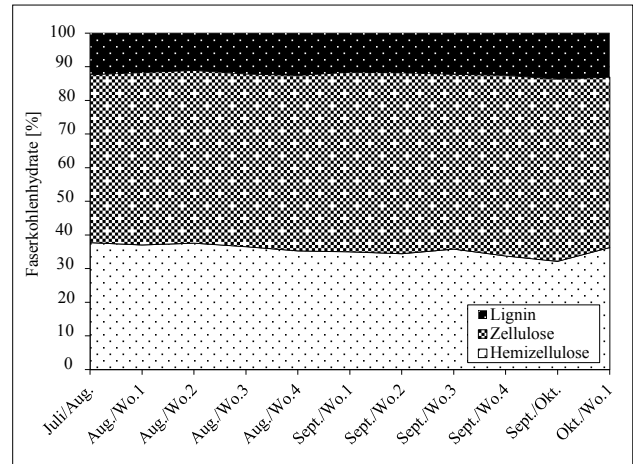


Abbildung 3b: Entwicklung der Faserkohlenhydrate im 3. Aufwuchs

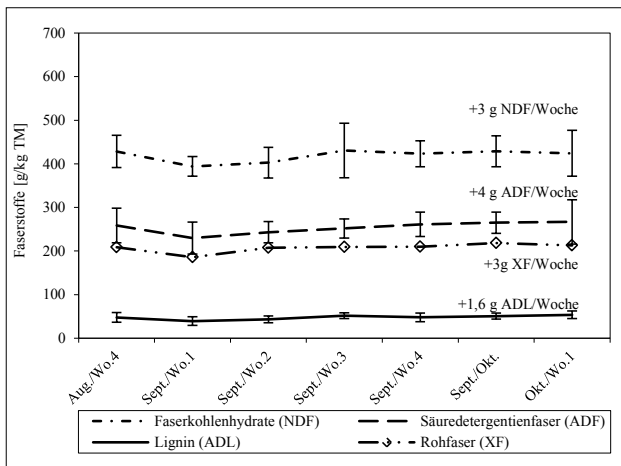


Abbildung 4a: Entwicklung von NDF, ADF, ADL und XF von Dauerwiesenfutter im 4. Aufwuchs

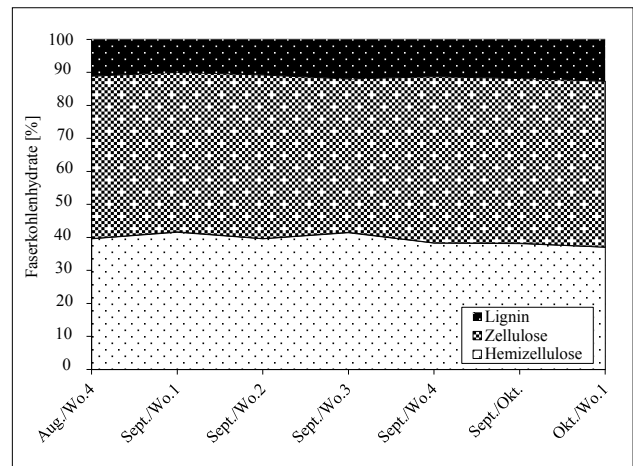


Abbildung 4b: Entwicklung der Faserkohlenhydrate im 4. Aufwuchs

Tabelle 1: Veränderungen der Faserkohlenhydrate NDF, ADF und ADL bzw. Rohfaser im Verlauf der Vegetationsentwicklung von 4 Aufwüchsen eines Dauerwiesenbestandes

Parameter	Lineare Gleichung Modell $y = a + bx$	Aufwuchs			
		1.*	2.*	3.*	4.*
NDF	a - Schossen (1. Messung)	383,8	456,2	419,5	407,7
	b - Änderung pro Woche	+22,8	+7,1	+3,5	+2,8
	R ² (%)	96	87	46	17
ADF	a - Schossen (1. Messung)	205,4	280,9	260,5	237,7
	b - Änderung pro Woche	+17,8	+3,7	+3,9	+4,0
	R ² (%)	96	77	70	43
ADL	a - Schossen (1. Messung)	30,7	44,5	47,7	41,1
	b - Änderung pro Woche	+2,0	+0,9	+1,1	+1,6
	R ² (%)	93	75	51	49
XF	a - Schossen (1. Messung)	179,3	233,6	214,7	196,0
	b - Änderung pro Woche	+16,6	+4,1	+2,8	+2,9
	R ² (%)	98	87	65	37

*1. Messung in der 1. Maiwoche bzw. 14 Tage nach dem jeweiligen Schnitt
Werte der Koeffizienten a bzw. b in g/kg TM

onsmodellen ($y = a + bx$) dargestellt (Tabelle 1). Diese zeigen ergänzend zu den *Abbildungen 1a, 2a, 3a* und *4a* die zahlenmäßigen Grundlagen des Linienverlaufes und die Erklärung der Varianz über das Bestimmtheitsmaß (R^2). Die Beziehung zwischen der Zeit und dem Gehalt an Gerüstsubstanzen war im ersten Aufwuchs am engsten und nahm mit jedem Folgeaufwuchs ab.

Die Entwicklung der Pflanzen wird in der Praxis durch die Erhebung unterschiedlicher phänologischer Stadien charakterisiert (*Abbildung 5*). Im Hinblick auf die Futterqualität besitzt das Vegetationsstadium Ähren-/Rispen-schieben eine starke Bedeutung, weil in diesem Stadium die Kombination aus Futterqualität und Futtermenge in den meisten Fällen ein Optimum bilden. Beim Erscheinen der Gräserblütenstände bzw. der Blütenknospen von Leguminosen enthielt das untersuchte Wiesenfutter in der Regel 220 bis 260 g Rohfaser (RESCH et al. 2006). Umgelegt auf die Gerüstsubstanzen ergeben sich Wertebereiche für NDF, ADF und ADL, die mit Hilfe von Regressionskoeffizienten (*Abbildungen 6, 7* und *8*) berechnet wurden.

Die Nachteile des traditionellen Rohfasersystems und die Vorteile der Gerüstsubstanzen NDF, ADF und ADL sollen für österreichische Verhältnisse durch die Darstellung der Beziehungen zwischen den Faserparametern herausgearbeitet und diskutiert werden.

In *Abbildung 6* zeigt sich auf Basis von 4.165 Dauerwiesenfutterproben eine enge Beziehung zwischen NDF und XF ($R^2 = 80,2\%$) und in der linearen Gleichung auch eine gute Übereinstimmung mit den Auswertungen von GRUBER et al. (2006). Die Analyse von 197 Proben aus dem

Futtermittellabor Rosenau ergab im niedrigen Wertebereich eine deutliche Differenz zur Gumpensteiner Gleichung, im hohen Wertebereich passten die beiden Schätzgleichungen gut zusammen. Für die Praxis wurden von den Fütterungsreferenten der Landwirtschaftskammern Rohfaser-Orientierungswerte für optimale Qualitäten von 220 bis 260 g XF/kg TM ausgegeben, was dem phänologischen Stadium Ähren-/Rispen-schieben gut entspricht. Umgelegt auf NDF entspräche das einem Orientierungsbereich von 430 bis 490 g NDF/kg TM. Die Orientierungswerte der DLG (SPIEKERS 2011) für Grassilage betragen im Vergleich dazu 400 bis 480 g NDF/kg TM.

Eine Schätzung von NDF auf Basis Rohfaser ist anhand der Regressionskoeffizienten aus der linearen Gleichung möglich, allerdings ist der mittlere Standardfehler der Schätzung mit 38,5 g NDF/kg TM nicht unerheblich. Eine genaue Erfassung der NDF erfordert daher die chemische Analyse.

Die Beziehung zwischen Rohfaser und ADF ist im Dauerwiesenfutter ebenfalls eng ($R^2 = 78,8\%$). In *Abbildung 7* ist zu erkennen, dass die Gleichung nach GRUBER et al. (2006) etwas geringere ADF-Gehalte ergibt, im Gegensatz dazu wird mit der Gleichung auf Basis von Rosenauer Daten (Projekt Efficient Cow) der ADF-Gehalt überschätzt. Von einer Schätzung der ADF des vorliegenden Datenmaterials mit Gleichung oder Faktor ist in der Praxis wiederum abzuraten, weil der mittlere Standardfehler der Schätzung immerhin 24,4 g ADF/kg TM beträgt.

Für ADF hat die DLG (SPIEKERS 2011) einen Orientierungsbereich für Grassilage von 230 bis 270 g/kg TM festgelegt. Aus *Abbildung 7* lässt sich für österreichisches

Dauerwiesenfutter ein ADF-Orientierungsbereich zwischen 270 bis 305 g/kg TM ableiten und diskutieren. Der DLG-Orientierungsbereich lässt annehmen, dass deutsche Wiesenbestände anders zusammengesetzt sind oder früher genutzt werden, weil der ADF-Bereich deutlich niedriger angesetzt wurde.

Verglichen mit NDF und ADF war die Beziehung zwischen ADL und Rohfaser deutlich schwächer ausgeprägt ($R^2 = 0,5\%$). Die sehr heterogene Datenbasis mit Ligninwerten von 5 bis 125 g/kg TM ist hier für die Interpretation von realitätsnahen Verhältnissen absolut wichtig und von Vorteil.

Die Beziehung zwischen ADL und Rohfaser in *Abbildung 8* zeigt große Streuungen, die eine rechnerische Ableitung von ADL aus der Rohfaser über die ermittelte Regressionsgleichung nicht rechtfertigen. Der Standardfehler der Schätzung beträgt 14,8 g ADL/kg TM.

Ein weiterer Diskussionspunkt ist die starke Abweichung der Schätzgleichung des vorliegenden

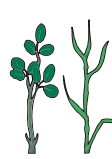
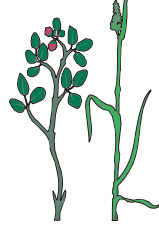


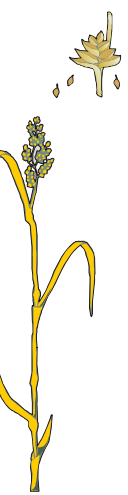
Schossen	Ähren-/Rispen-schieben	Beginn Blüte	Mitte bis Ende Blüte	Samenreife bis überständig
				
NDF < 430 g	430 – 490 g	490 – 540 g	540 – 600 g	> 600 g/kg TM
ADF < 270 g	270 – 305 g	305 – 330 g	330 – 370 g	> 370 g/kg TM
ADL < 42 g	42 – 45 g	45 – 46 g	46 – 48 g	> 48 g/kg TM
Rohfaser < 220 g	220 – 260 g	260 – 290 g	290 – 330 g	> 330 g/kg TM

Abbildung 5: Gehalt an Gerüstsubstanzen und Rohfaser in Abhängigkeit von der Phänologie des Wiesenfutters

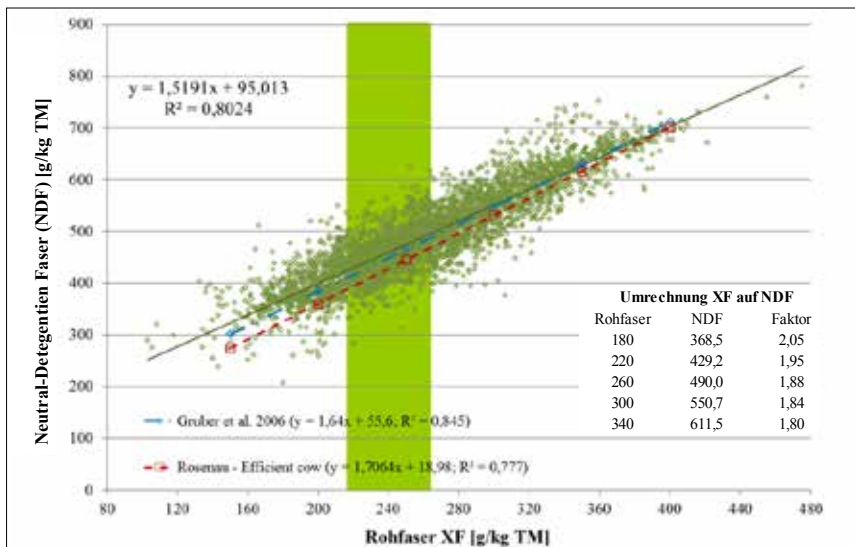


Abbildung 6: Beziehung zwischen NDF und Rohfaser bei Dauerwiesenfutter aus Österreich (Daten: 4.165 Futterproben, HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2004 bis 2014)

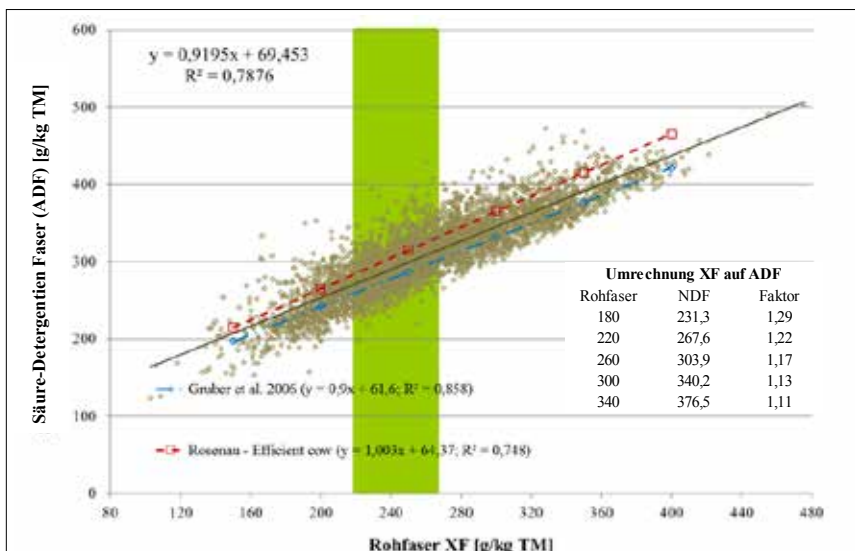


Abbildung 7: Beziehung zwischen ADF und Rohfaser bei Dauerwiesenfutter aus Österreich (Daten: 4.165 Futterproben, HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2004 bis 2014)

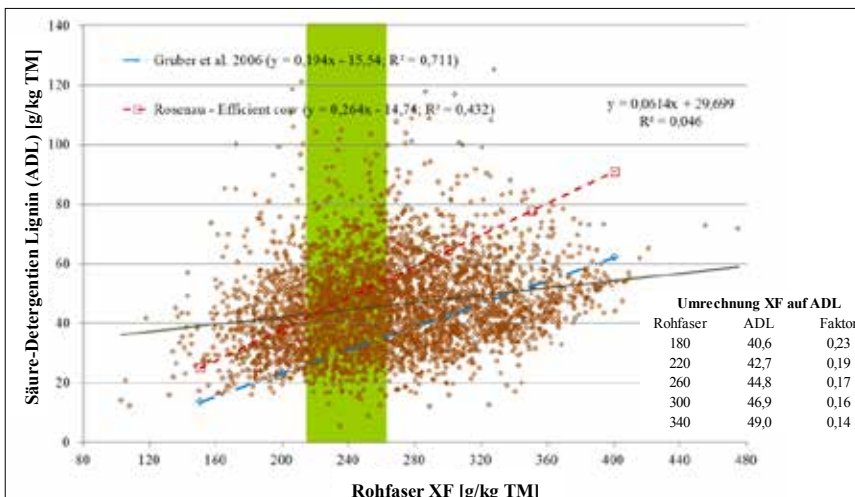


Abbildung 8: Beziehung zwischen ADL und Rohfaser bei Dauerwiesenfutter aus Österreich (Daten: 4.165 Futterproben, HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2004 bis 2014)

Datenmaterials für ADL gegenüber der Gleichung von GRUBER et al. (2006) bzw. der Gleichung aus dem Datenmaterial des Projektes Efficient Cow. Aufgrund dieser Ergebnisse ist die Bedeutung der nasschemischen Untersuchung von Lignin noch stärker in den Vordergrund zu setzen und praktisch als unerlässliche Analyse zu betrachten, weil der Grad der Lignifizierung auch bei physiologisch jungem Wiesenfutter schon sehr hoch sein kann.

3.2 Faserkohlenhydrate einzelner Pflanzenarten des Wirtschaftsgrünlandes

Wiesenbestände sind aufgrund von Standort, Klima, Bewirtschaftungsintensität etc. mit sehr unterschiedlichen Pflanzenarten ausgestattet (DIERSCHKE und BRIEMLE 2002). Einzelne Grünlandarten, aber auch Artengruppen (Gräser, Kräuter, Leguminosen), üben nach RESCH et al. (2015) einen starken Einfluss auf verschiedene Parameter der Futterqualität aus. Daher sollen nachfolgend Ergebnisse aus der Schweiz von neun ausgewählten Arten des Wirtschaftsgrünlandes und deren Veränderungen im Vegetationsverlauf hinsichtlich der Faserkohlenhydrate besprochen werden.

Die NDF (Summe der Gerüstsubstanzen) unterschied sich zwischen den untersuchten Pflanzenarten sehr stark, aber auch zwischen den Artengruppen sowie zwischen 1. Aufwuchs und Folgeaufwüchsen (Tabelle 2). Gräser enthielten von Beginn bis Ende der Entwicklung im Durchschnitt deutlich mehr NDF als Leguminosen und Kräuter, wobei Knautgras und Wiesenfuchsschwanz im Niveau höher lagen als die beiden Raygrasarten. Bei den Kräutern veränderte sich der NDF-Gehalt nur gering, insbesondere beim Bärenklau. Weißklee bildete deutlich weniger NDF in dessen Entwicklung aus als Luzerne. Die höchste NDF-Zunahme während der neunwöchigen Beobachtung trat bei Luzerne mit etwa +320 g NDF/kg TM auf. Weidebestände auf der Basis von Englisch Raygras und Weißklee weisen daher wesentlich geringere NDF-Gehalte und höhere Nutzungselastizität auf als obergrasbetonte Dauerwiesen. Die NDF-Gehalte waren ausgenommen

von Knaulgras und Wiesenfuchsschwanz in den Folgeaufwüchsen höher als im 1. Aufwuchs.

Im Gehalt an ADF (Lignozellulose) ergaben sich ebenfalls große Differenzen zwischen Arten, Artengruppen und Aufwüchsen (*Tabelle 3*). Bei den Gräsern war der ADF-Gehalt im Durchschnitt höher als bei Leguminosen und Kräutern, wobei Knaulgras und Wiesenfuchsschwanz im 1. Aufwuchs die höchsten ADF-Differenzen zwischen Minimum und Maximum verzeichneten. Luzerne war in der Zunahme des ADF-Gehaltes (~250 g/kg TM) mit diesen beiden Grasarten etwa vergleichbar, während die Zunahme des ADF-Gehaltes bei Weißklee besonders im 1. Aufwuchs mit ~120 g ADF/kg TM geringer ausfiel. Der ADF-Gehalt des Bärenklau war relativ niedrig und stieg während der Vegetation nur in geringem Ausmaß an. Unterschiede zwischen den Aufwüchsen traten bei den Gräsern nur im Fall des Italienischen Raygrases auf, bei dem die Folgeaufwüchse deutlich mehr ADF enthielten als im 1. Aufwuchs. Offensichtlich ist

das Verhältnis von Stängeln und Blättern beim Italienischen Raygras in den Folgeaufwüchsen ungünstiger.

Die Ligningehalte der untersuchten Grünlandfutterpflanzen zeigen, dass Gräser allgemein niedrigere ADL-Werte aufwiesen als Leguminosen und Kräuter (*Tabelle 4*). Der ADL-Unterschied zwischen Minimum und Maximum war bei den Gräsern zwischen 30 und 60 g/kg TM, bei den Leguminosen zwischen 49 und 97 g/kg TM. Bärenklau hatte mit 39 bzw. 47 g ADL/kg TM relativ hohe Minimalwerte, die Spannweite zum ADL-Maximum waren mit max. 27 g von allen Pflanzenarten am geringsten. Bei den Gräsern fiel auf, dass die ADL-Minima in den Folgeaufwüchsen höher waren als beim 1. Aufwuchs. Mit Ausnahme des Italienischen Raygrases waren die ADL-Maxima der untersuchten Gräser in den Folgeaufwüchsen allerdings niedriger als beim 1. Aufwuchs. Bei Leguminosen und Kräutern waren die ADL-Gehalte in den Folgeaufwüchsen fast durchwegs höher als beim 1. Aufwuchs.

Tabelle 2: Veränderung der NDF-Gehalte von 9 Futterpflanzenarten im Vegetationsverlauf (DACCORD et al. 2001)

Art	Aufwuchs	n	Min.	Mittel	Max.	Spannweite Min. – Max.
Knaulgras	erster	32	407	556	682	275
	folgende	45	378	539	655	277
Englisches Raygras	erster	32	319	466	603	284
	folgende	43	335	571	576	241
Wiesenfuchsschwanz	erster	30	394	581	699	305
	folgende	37	413	564	691	278
Italienisches Raygras	erster	16	279	419	515	236
	folgende	21	370	502	630	260
Weißklee	erster	20	177	237	334	157
	folgende	45	203	287	438	235
Rotklee	erster	28	181	292	468	287
	folgende	37	215	331	506	291
Luzerne	erster	16	182	352	502	320
	folgende	21	203	393	529	326
Löwenzahn	erster	29	146	208	307	161
	folgende	28	175	221	304	129
Bärenklau	erster	4	183	196	210	27
	folgende	7	194	267	322	128

Tabelle 3: Veränderung der ADF-Gehalte von 9 Futterpflanzenarten im Vegetationsverlauf (DACCORD et al. 2001)

Art	Aufwuchs	n	Min.	Mittel	Max.	Spannweite Min. – Max.
Knaulgras	erster	32	176	306	417	241
	folgende	45	211	310	394	183
Englisches Raygras	erster	32	163	257	349	186
	folgende	43	192	270	353	161
Wiesenfuchsschwanz	erster	30	210	323	413	203
	folgende	37	246	324	410	164
Italienisches Raygras	erster	16	148	240	301	153
	folgende	21	214	294	373	159
Weißklee	erster	20	136	197	253	117
	folgende	45	173	243	346	173
Rotklee	erster	28	129	220	363	234
	folgende	37	156	251	390	234
Luzerne	erster	16	142	289	394	252
	folgende	21	193	328	428	235
Löwenzahn	erster	29	119	181	248	129
	folgende	28	143	193	250	107
Bärenklau	erster	4	173	186	199	26
	folgende	7	190	220	245	55

Tabelle 4: Veränderung der ADL-Gehalte von 9 Futterpflanzenarten im Vegetationsverlauf (DACCORD et al. 2001)

Art	Aufwuchs	n	Min.	Mittel	Max.	Spannweite Min. – Max.
Knautgras	erster	32	18	41	78	60
	folgende	45	24	39	54	30
Englisches Raygras	erster	32	13	34	63	50
	folgende	43	21	34	52	31
Wiesenfuchsschwanz	erster	30	18	44	76	58
	folgende	37	22	38	55	33
Italienisches Raygras	erster	16	11	33	51	40
	folgende	21	22	48	62	40
Weißklee	erster	20	27	49	76	49
	folgende	45	41	67	98	57
Rotklee	erster	28	24	58	106	82
	folgende	37	33	70	114	81
Luzerne	erster	16	27	83	124	97
	folgende	21	50	100	137	87
Löwenzahn	erster	29	23	49	74	51
	folgende	28	30	56	93	63
Bärenklau	erster	4	39	47	57	18
	folgende	7	47	61	74	27

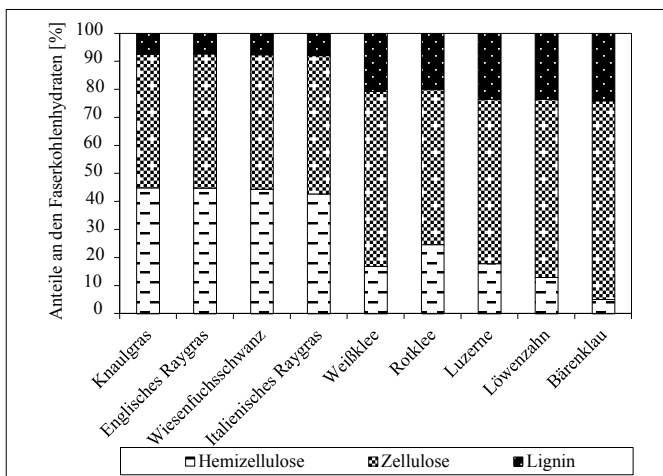


Abbildung 9: Durchschnittliche Anteile der Faserkohlenhydrate (Hemizellulose, Zellulose, Lignin) von verschiedenen Grünlandarten im 1. Aufwuchs (nach DACCORD et al. 2001)

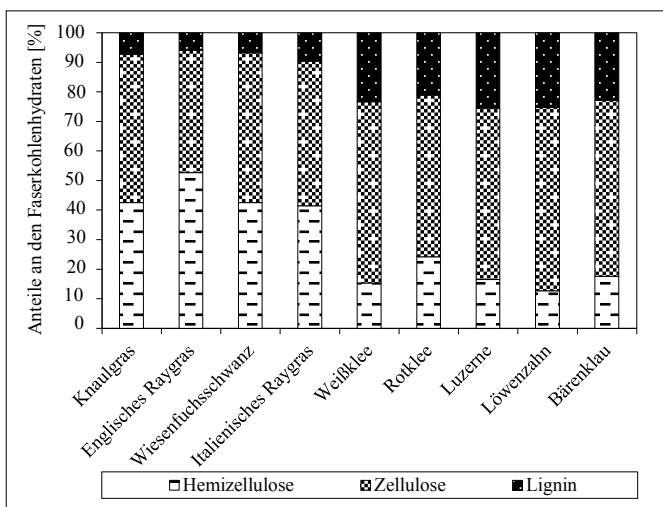


Abbildung 10: Durchschnittliche Anteile der Faserkohlenhydrate (Hemizellulose, Zellulose, Lignin) von verschiedenen Grünlandarten in den Folgeaufwüchsen (nach DACCORD et al. 2001)

Nicht nur die absoluten Gehaltswerte an NDF, ADF und ADL der untersuchten Pflanzenarten sind als Unterscheidungsmerkmale von Bedeutung, auch die relativen Verhältnisse zwischen den Faserkohlenhydraten Hemizellulose, Zellulose und Lignin sind beachtenswert (Abbildungen 9 und 10). Der durchschnittliche Anteil an Lignin betrug bei Leguminosen und Kräutern 20 bis 25 %, bei den Gräsern nur 6 bis 10 %. Der Zelluloseanteil lag bei den Kleearten und Kräutern zwischen 55 bis 70 %, bei den Gräsern nur 41 bis 50 %. Ein sehr großer Unterschied resultierte auch im Anteil an Hemizellulose, der bei den Gräsern hoch war (41 bis 52 %) und sehr viel niedriger bei den Leguminosen und Kräutern (5 bis 25 %).

4. Fazit für die Praxis

Die Erzeugung einer optimalen Grundfutterqualität ist in Österreich von großer Bedeutung, weil ca. 50 % der Gesamtkosten von Milchkuhbetrieben durch die Futterkosten entstehen. Die zielorientierte Verbesserung der Futterqualität hat allerdings auch Grenzen, weil das wirtschaftseigene Grobfutter maßgeblich für die bedarfsgerechte Versorgung mit Faserkohlenhydraten, insbesondere bei hochleistenden Milchkühen, verantwortlich ist.

Die Bewertung von Faserkohlenhydraten mit Hilfe der Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) ist in der Lage, den tatsächlichen Verhältnissen von Wiesenfutter wesentlich näher zu kommen als die klassische Rohfaseranalyse. Die Ergebnisse aus umfangreichen Untersuchungen zeigen, dass die Pflanzenarten bzw. Artengruppen, das Vegetationsstadium und der Aufwuchs einen großen Einfluss auf die Bildung von verschiedenen Faserkohlenhydraten haben. Aufgrund dieser Erkenntnisse sollten Landwirte in der Lage sein, ihre Ziele hinsichtlich Futterqualität durch bewusste Lenkung der Arten des Pflanzenbestandes und der Auswahl des geeigneten Erntezeitpunktes zu erreichen. Die vorliegenden Auswertungen sollen einen konkreten Beitrag in der Diskussion über österreichische Orientierungswerte für Wiesenfutter leisten. Dazu wird vorgeschlagen, dass österreichisches Wiesenfutter guter

Qualität weniger als 500 g NDF bzw. 300 g ADF und weniger als 40 g ADL je kg TM aufweisen sollte.

5. Literatur

- DACCORD, R., Y. ARRIGO, B. JEANGROS, J. SCEHOVIC, F.X. SCHUBIGER und J. LEHMANN, 2001: Nährwert von Wiesenpflanzen: Gehalt an Zellwandbestandteilen. *Agrarforschung Schweiz* 8, 180-185.
- DIERSCHKE, H. und G. BRIEMLE, 2002: Kulturgrasland. Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht. Ulmer, Stuttgart, 239 S.
- GOERING, H.K. und P.J. VAN SOEST, 1970: Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications): Agric. Handbook 379. ARS (USDA), Washington DC, USA, 1-20.
- GRUBER, L., 2009: Chemische Zusammensetzung, Analytik und Bedeutung pflanzlicher Gerüstsubstanzen in der Ernährung der Wiederkäuer. *Übers. Tierernährg.* 37, 45-86.
- GRUBER, L., J. HÄUSLER, A. STEINWIDDER, A. SCHAUER und G. MAIERHOFER, 2006: Influence of cutting frequency in Alpine permanent grassland on nutritive value, DM yield and agronomic parameters. *Slovak J. Anim. Sci.* 39, 26-42.
- HENNEBERG, W. und F. STOHMANN, 1864: Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer. 2. Band: Über die Ausnutzung der Futterstoffe durch das volljährige Rind und über Fleischbildung im Körper desselben. Schwetske und Sohn, Braunschweig, 454 S.
- JEANGROS, B., J. SCEHOVIC, F.X. SCHUBIGER, J. LEHMANN, R. DACCORD und Y. ARRIGO, 2001: Nährwert von Wiesenpflanzen: Trockensubstanz-, Rohprotein- und Zuckergehalte. *Agrarforschung* 8, 1-8.
- JUNG, H.G. und D.A. DEETZ, 1993: Cell wall lignification and degradability. In Jung et al. (Eds.): Forage cell wall structure and digestibility. ASA-CSSA-SSSA, Madison (WI), USA, 315-346.
- MERTENS, D.R., 2002: Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. *J. AOAC Int.* 85, 1217-1240.
- NULTSCH, W., 2001: Allgemeine Botanik. 11. völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart und New York, 133-140.
- RESCH, R., T. GUGGENBERGER, G. WIEDNER, A. KASAL, K. WURM, L. GRUBER, F. RINGDORFER und K. BUCHGRABER, 2006: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. Der fortschrittliche Landwirt, ÖAG-Sonderbeilage 8/2006, 20 S.
- RESCH, R., G. PERATONER, G. ROMANO, H.-P. PIEPHO, A. SCHAUMBERGER, A. BODNER, K. BUCHGRABER und E.M. PÖTSCH, 2015: Der Pflanzenbestand als Basis hoher Futterqualität im Grünland. 20. Alpenländisches Expertenforum „Bedeutung und Funktionen des Pflanzenbestandes im Grünland“. *Irdning, HBLFA Raumberg-Gumpenstein*, 1.-2. Oktober 2015, 61-75.
- SNIFFEN, C.J., J.D. O'CONNOR, P.J. VAN SOEST, D.G. FOX und J.B. RUSSELL, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70, 3562-3577.
- 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. NUSSBAUM und V. POTTHAST, 2009: Erfolgreiche Milchviehfütterung. 5. erweiterte und aktualisierte Auflage mit Futterkonservierung. DLG Verlag, Frankfurt am Main, 576 S.
- 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.
- VAN SOEST, P.J., 1965: Use of detergents in analysis of fibrous feeds. III. Study of effects of heating and drying on yield of fiber and lignin in forages. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.* 48, 785-790.
- VAN SOEST, P.J. und R.H. WINE, 1967: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.* 50, 50-55.
- VAN SOEST, P.J., J.B. ROBERTSON und B.A. LEWIS, 1991: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy. Sci.* 74, 3583-3597.
- VAN SOEST, P.J., 1994: *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd Edition, Cornell University Press, Ithaca und London, 476 S.
- ZEBELI, Q., J. DIJKSTRA, M. TAF AJ, H. STEINGASS, B.N. AMETAJ und W. DROCHNER, 2008: Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *J. Dairy. Sci.* 91, 2046-2066.

Ausreichend Struktur in der Milchviehration? Von der Bewertung zur adäquaten Versorgung

Adequacy of physically effective fiber in dairy cows: from evaluation to adequate supply

Qendrim Zebeli^{1*} und Elke Humer¹

Zusammenfassung

Für eine nachhaltige und erfolgreiche Milchproduktion sind ein guter Gesundheitsstatus und eine hohe Effizienz der Nährstoffverwertung unabdingbar. Um dies zu erreichen, bedarf es neben der Zufuhr adäquater Mengen fermentierbarer Nährstoffe auch einer ausreichenden Aufnahme an „strukturiertem“ Futter. Letzteres ist besonders wichtig für die Aufrechterhaltung einer normalen Pansenfunktion. Aufgrund der hohen Ansprüche an Energie besteht die große Herausforderung in der Fütterung hochleistender Milchkühe somit darin, sowohl den Energiebedarf zu decken als auch die für die Sicherstellung der Pansen- und Tiergesundheit erforderliche Versorgung mit Strukturfutter zu gewährleisten. Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass eine Berechnung adäquater Strukturmenge in der Ration in der Praxis oft schwierig ist. Noch komplizierter ist eine Balance zwischen dem Strukturanteil und dem Anteil von im Pansen schnell abbaubaren Nicht-Faser-Kohlenhydraten in den Rationen der Hochleistungsmilchkühe zu finden. Der Fokus dieses Beitrages liegt auf der Strukturversorgung bei Hochleistungskühen und liefert Hintergründe, Zusammenhänge sowie praktische Faustzahlen hinsichtlich der Fütterung und Gesunderhaltung hochleistender Milchkühe.

Schlagwörter: Pansen, subakute Pansenazidose (SARA), Strukturbedarf, Partikellänge, Neutral-Detergenzien-Faser (NDF)

Summary

Maintaining health status and efficient nutrient utilization are the most important variables in the equation of a sustainable and profitable milk production. This can be achieved by providing sufficient physically effective fiber, while feeding adequate amounts of fermentable nutrients. Formulating diets that provide a high energy density to assure maximum performance and feed efficiency on one hand, and that meet the requirements of a healthy rumen ecosystem and host on the other hand, poses a continuous challenge to dairy nutritionists. This can be attained by balancing the content of fiber and rapidly ruminally degradable carbohydrates of the ration. Focussing on rumen metabolism and health, this article gives background information, explains interactions and provides practical guidelines for promoting health and production efficiency of high-yielding dairy cows.

Keywords: rumen, sub-acute rumen acidosis (SARA), fiber requirement, particle size, neutral detergent fiber (NDF)

1. Einleitung

Eine ausgewogene und wiederkäuergerechte Ernährung der Milchkühe ist die Grundvoraussetzung für einen guten Gesundheitsstatus, das Wohlbefinden und eine hohe Lebensleistung. Um hohe Leistungen zu erzielen, werden Milchkühe im Allgemeinen mit großen Mengen an Kraftfutter oder anderen schnell verdaulichen, faserarmen Nebenprodukten gefüttert. Wenngleich diese Fütterungsstrategie sinnvoll ist, um den hohen Energiebedarf für die Milchproduktion zu decken, wird sie den verdauungsphysiologischen Vorgängen der Wiederkäuer nicht gerecht (ZEBELI et al. 2010). Dies liegt daran, dass die Fütterung großer Mengen an rasch fermentierbarer Kohlenhydrate (z.B. Stärke) zu einem schnellen Anstieg der kurzkettigen Fettsäuren im Pansen und dadurch zu einem schnellen Absinken des Pansen-pH-

Wertes führt (NOCEK 1997). Bestehen diese Bedingungen im Pansen über einen längeren Zeitraum, kann dies zu einer subakuten Pansenazidose (SARA, Engl. sub-acute rumen acidosis) führen (ZEBELI et al. 2008). Die SARA ist eine kritische Stoffwechselkrankheit, die mit schwer erkennbaren klinischen Zeichen assoziiert ist und eine schlechte Futteraufnahme und Reduktion der Verdaulichkeit mit sich bringen kann, was letztlich die Futterverwertung verschlechtert (PLAIZIER et al. 2008).

Auf der anderen Seite bewirkt eine deutliche Überschreitung des Bedarfes an strukturiertem Futter einen Rückgang des Trockenmasse (TM)-Aufnahmepotentials (ZEBELI et al. 2015). Vor allem in der Früh-laktation sollte daher aufgrund des reduzierten TM-Aufnahmevermögens und der meist stark negativen Energiebilanz frisch laktierender

¹ Veterinärmedizinische Universität Wien, Institut für Tierernährung und funktionelle Pflanzenstoffe, Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien

* Ansprechpartner: Univ.-Prof. Dr. Qendrim Zebeli, email: qendrim.zebeli@vetmeduni.ac.at

Kühe ein zu hoher Anteil an Strukturfutter in der Ration vermieden werden, um einer erhöhten Körperfettmobilisation und entsprechenden gesundheitlichen Schäden, wie z.B. Ketose und Fettleber, vorzubeugen (ZEBELI et al. 2015).

2. Anforderungen an eine Milchkuh-Ration

Die hochleistende Milchkuh ist auf eine adäquate Versorgung mit Energie und Nährstoffen angewiesen, um das genetische Leistungspotential ausschöpfen zu können. Eine Kuh mit 650 kg Lebendmasse (LM) hat einen Erhaltungsbedarf von 37,7 MJ Netto-Energie Laktation (NEL). Für die Leistung werden weitere 3,3 MJ NEL pro kg fettkorrigierte Milch (Engl. Fat corrected milk, FCM: 4 % Milhfett, 3,4 % Eiweiß) benötigt, woraus sich ein Gesamtbedarf von 104 MJ NEL/Tag für eine Kuh mit einer Leistung von 20 kg FCM/Tag ergibt. Dies bedeutet, dass bereits bei moderater Milchleistung der Bedarf an Energie ein Mehrfaches des Erhaltungsbedarfes beträgt. Vor allem im hohen Leistungsbereich ist es schwierig, diesen hohen Bedarf zu decken. Da die Futtermittelaufnahme physiologischen Grenzen in Form der TM-Aufnahmekapazität unterliegt (GRUBER et al. 2001), muss bei steigender Leistung, neben der Futtermenge, auch die Energiedichte erhöht werden. Die rechnerisch benötigte Energiedichte der Ration beträgt daher bei einer Leistung von ca. 20 kg Milch etwa 6,0 MJ NEL/kg TM und setzt eine TM-Aufnahme von 17 kg TM/Tag voraus. Bei 30 kg Milch soll die Ration bereits mindestens 6,8 MJ NEL/kg TM enthalten, um bei einer TM-Aufnahme von knapp 20 kg/Tag den Tagesbedarf zu decken. Folglich werden bei höheren Leistungen noch höhere Werte der Energiedichte und TM-Aufnahme benötigt (GRUBER et al. 2001), wodurch die Milchkuh immer wieder an ihre physiologischen Grenzen stößt (BREVES und RODEHUTSCORD 1999). Eine derart hohe Energiedichte wird je nach verwendeten Futtermitteln mit einem Kraftfutter-Anteil von etwa 45 - 60 % erzielt, wogegen für Leistungen um 20 kg FCM ein Kraftfutteranteil von etwa 20 - 30 % in der TM ausreicht.

Dem Erreichen einer hohen Energie- und Nährstoffdichte steht der Strukturbedarf der Kuh, also die nötige Wiederkäuergerechtigkeit der Ration, gegenüber. Eine ausreichende Versorgung mit strukturierter Faser ist für ein gesundes und stabiles Pansenmilieu unabdingbar, da diese eine entsprechende Wiederkautätigkeit bewirken soll, um über den Speichel ausreichend Puffersubstanzen zur Steuerung des Pansen-pH-Wertes zu liefern. Weiters kommt der Faser eine wichtige Funktion bei der Schichtung des Panseninhaltes zu, die wiederum eine adäquate Verweildauer der Faserpartikel und damit eine gute Verdaulichkeit gewährleisten soll (KHOL-PARISINI und ZEBELI 2012). Ist die Fasermenge und -länge der Ration ausreichend, bildet sich eine Schicht fester, noch weitgehend unverdauter, Bestandteile in der Mitte des Pansens, die auf dem „Pansensee“, dem flüssigen Panseninhalt, der bereits stark fermentierte, kleine Partikel enthält, schwimmt. In dieser festen Phase, der Pansenmatte, findet der Großteil der Faserfermentation statt, aber auch stärkereiche Partikel werden durch die Fasermatte gehalten und hier fermentiert, wodurch ein vorzeitiger Verlust dieser Partikel verhindert wird (ZEBELI et al. 2012). Ist die physiologische Konsistenz der Fasermatte nicht gewährleistet, wird diese Funktion beeinträchtigt und

die Verdaulichkeit sinkt durch die erhöhte Passagerate der Digesta. Darüber hinaus bewirkt das faserige Material der Fasermatte eine mechanische Reizung der Pansenzotten, welche sowohl die Pansenkontraktionen als auch die Wiederkautätigkeit anregt und damit die Verdaulichkeit verbessert und den Fluss von Puffersubstanzen über den Speichel zur Stabilisierung des ruminalen pH-Wertes fördert. Die Pansenkontraktionen erhöhen zusätzlich die Absorption kurzkettiger Fettsäuren über die Pansenzotten und leisten damit einen weiteren wichtigen Beitrag zum Erhalt eines physiologischen ruminalen pH-Wertes. Daher ist eine entsprechende Ausbildung und Konsistenz der festen Phase entscheidend, um sowohl die Retention unverdauter Bestandteile und damit deren Verdaulichkeit als auch die Stabilität des ruminalen pH-Wertes zu gewährleisten (ZEBELI et al. 2012).

Auf der anderen Seite liefern die zuzuführenden Faserstoffe nur wenig Energie und Nährstoffe und „verdünnen“ daher die erreichte Energie- und Nährstoffdichte der Ration wieder. Außerdem reduzieren zu hohe Anteile an strukturierter Faser in der Ration die Futtermittelaufnahme sowie die Futtermittelverwertung aufgrund einer reduzierten mikrobiellen Proteinsynthese im Pansen (YANG und BEAUCHEMIN 2006). Eine zusätzliche Schwierigkeit der Versorgung mit ausreichend Struktur stellt eine mögliche selektive Futtermittelaufnahme der Tiere, vor allem eine Selektion des Kraftfutteranteils, dar. Dies ist insofern problematisch, da Kühe bei steigenden Konzentratanteilen diese mehr und mehr auf Kosten des Raufutteranteils aufnehmen und das aufgenommene Futter daher dem Strukturbedarf der Tiere nicht mehr entspricht (KHOL-PARISINI und ZEBELI 2012).

Die Herstellung von Rationen, die den Ansprüchen an die Energie- und Nährstoffdichte entsprechen und eine adäquate Menge an strukturierten Faserstoffen enthalten, um eine optimale Pansenfunktion zu ermöglichen, ist die wohl größte Herausforderung in der modernen Milchvieh-Fütterung. Dafür bedarf es einer optimalen Balance zwischen schnell abbaubaren Kohlenhydraten und strukturierter Faser in der Ration (ZEBELI et al. 2010).

3. Strukturbewertung von Rationen für Milchkuhe

3.1 Gerüstsubstanzen in der Wiederkäuerfütterung – ist Faser gleich Faser?

Grundsätzlich versteht man unter Gerüstsubstanzen die Bestandteile der pflanzlichen Zellwand, wobei Hemicellulose, Cellulose und Lignin die drei wichtigsten Komponenten darstellen (VAN SOEST 1967). Für die chemische Charakterisierung der Gerüstsubstanzen werden häufig der Gehalt an Rohfaser (XF) oder neutraler Detergenzienfaser (NDF) herangezogen. Bei der XF-Bestimmung werden jedoch je nach Futtermittel verschiedene Anteile der Gerüstsubstanzen (v.a. Hemicellulose und lösliche Teile von Cellulose und Lignin) gelöst und somit nicht erfasst (VAN SOEST 1967). Bei der Ermittlung der NDF erfolgt hingegen nur eine Lösung der Zellinhaltsstoffe, wodurch die Gesamtheit der Gerüstsubstanzen (Zellwandstoffe) erfasst wird. Somit ist die NDF heute als der geeignetste

Parameter zur Charakterisierung von Faserstoffen anzusehen (GRUBER 2010).

3.2 Gerüstsubstanzen und Strukturversorgung – ist das Gleiche gemeint?

Wenngleich der Gehalt an NDF den tatsächlichen Gehalt an Gerüstsubstanzen wiedergibt, ist dieser Wert alleine noch nicht ausreichend, um die Wiederkäuergerechtigkeit einer Ration zu charakterisieren. Neben dem chemisch analytisch erfassbaren Faseranteil müssen auch die Zusammensetzung der Kohlenhydratfraktionen der Gesamtration, die physikalischen Eigenschaften der Futterpartikel (Länge, Steifheit) sowie der Aspekt der ruminalen Abbaubarkeit der Faser und des Konzentratanteiles in Betracht gezogen werden (MERTENS 1997).

Da eine ungenügende Aufnahme an strukturiertem Futter zur Absenkung des ruminalen pH-Wertes unter den physiologischen Bereich führt und somit das Risiko einer SARA erhöht, stellt sich die Frage nach der Mindestversorgung mit strukturiertem Futter für die Gesunderhaltung des Pansens und des Tieres. Dies ist vor allem bei hohem Leistungsniveau von großer Bedeutung, da dem linear steigenden Energiebedarf eine weniger stark steigende Futteraufnahme entgegensteht. Somit wird eine Erhöhung der Energiekonzentration durch Anhebung des Kraftfutterniveaus erforderlich.

Die Ableitung eines Bedarfes an strukturiertem Futter ist jedoch mit Schwierigkeiten verbunden. Einerseits bedarf es der Definition geeigneter physiologischer Reaktionen des Tieres, die einen Strukturmangel definieren und andererseits müssen die Eigenschaften des Futters entsprechend quantifiziert werden. Zu ersterem werden häufig die Kau- und Wiederkauaktivität, der Milchfettgehalt oder der pH-Wert im Pansen herangezogen. Als futtermittelspezifische Faktoren wurde in der Vergangenheit häufig der Gehalt an XF, dzt. aber v.a. der Gehalt an NDF herangezogen (MERTENS 1997).

Zur Frage der Strukturbewertung hat es in den letzten Jahren eine Reihe von Entwicklungen und Neuerungen gegeben. Bisherige Faustzahlen für die praktische Gestaltung einer wiederkäuergerechten Ration waren z.B. mindestens 400 g „strukturwirksame XF“/100 kg LM, ein „kritischer Strukturwert“ von mindestens 1 (STEINGASS und ZEBELI 2008), oder mindestens 40 - 45 % Halmfutter in der Gesamt-TM und 18 % XF in der TM, davon 2/3 mit $\geq 3,7$ cm Faserlänge (KAMPHUES et al. 2014). Die Erfüllung dieser Voraussetzungen war in der Praxis jedoch nur schwer umzusetzen (STEINGASS und ZEBELI 2008). Daher wurden diese Angaben aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse über das Zusammenspiel von Fütterung, Pansengesundheit und Leistung relativiert und darauf basierend neuere und präzisere Empfehlungen für die gesunde Rationsgestaltung der Hochleistungskuh abgeleitet (ZEBELI et al. 2008, GfE 2014).



Abbildung 1: Penn State Particle Separator („Schüttelbox“) mit 2 Sieben und Wanne

3.3 Physikalisch effektive NDF

Um eine Kombination der chemisch analysierten Gehalte an NDF mit den physikalischen Eigenschaften der Faser (v.a. der Partikellänge) des Futtermittels zu ermöglichen (MERTENS 1997), wurde im Jahr 2014 die Beurteilung der Rationen für Milchkühe hinsichtlich der Strukturversorgung auf das System der „physikalisch effektiven NDF“ (peNDF) umgestellt (GfE 2014). Durch den Bezug dieses Systems auf die NDF und die Berücksichtigung der Partikellänge konnte eine bessere Vorhersage der Wiederkäuergerechtigkeit einer Ration erreicht werden (STEINGASS und ZEBELI 2008, ZEBELI et al. 2012).

Zur Beurteilung der „Strukturwirksamkeit“ einer Ration muss neben dem chemisch bestimmten NDF-Gehalt auch die Partikelgrößenverteilung ermittelt werden. Die Beurteilung der Partikellänge erfolgt in der Praxis mittels Penn State Particle Separator (PSPS), auch als „Schüttelbox“ bezeichnet (Abbildung 1). Dafür werden üblicherweise 3 Siebe (19 mm, 8 mm Rundloch und 1,18 mm Quadratloch; KONOFF et al. 2003) verwendet, wodurch im Zuge einer definierten Schüttelbewegung (17 cm Hublänge, Frequenz $\geq 1,1$ Hz, 40 Bewegungen, 2×5 in jede Richtung) die Fraktionen auf die Siebe mit definierter Lochung und die darunter befindliche Wanne aufgeteilt werden. Anhand des NDF-Gehaltes des Futtermittels und des prozentualen Anteiles der Fraktionen im 19-, 8- und 1,18 mm Sieb kann der Gehalt an $\text{peNDF}_{>8}$ (Inhalt aus dem 8- und 19 mm Sieb, LAMMERS et al. 1996), oder $\text{peNDF}_{>1,18}$ (Inhalte aus dem 1,18-, 8- und 19 mm Sieb; KONONOFF et al. 2003) errechnet werden. Dabei handelt es sich um Parameter, die den Gehalt an strukturierter Faser gut und relativ einfach charakterisieren und zur Beurteilung und Korrektur von Rationen in der Praxis verwendet werden können (ZEBELI et al. 2012). Eine ausreichende Strukturversorgung ist dann gegeben, wenn das Auftreten einer SARA mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann (ZEBELI et al. 2012).

Obwohl das Konzept von peNDF die chemische Zusammensetzung der Faser und deren Partikellänge in einem Parameter vereint, werden Aspekte der ruminalen Abbaubarkeit der Futtermittel, vor allem der in der Ration enthaltenen Stärke, nicht berücksichtigt, weshalb die peNDF nur unter Berücksichtigung dieser Aspekte ein vollständiges Bild der

Ration und ihrer Effekte auf die Pansengesundheit zulässt, wie später dargelegt wird.

4. Empfehlungen für eine adäquate Strukturversorgung

4.1 Empfehlungen für den Gehalt an peNDF

Die in *Tabelle 1* und *2* dargestellten Empfehlungen beziehen sich auf die notwendigen Gehalte an peNDF, um einen durchschnittlichen pH von 6,2 (der kritische pH-Wert für das Auftreten einer SARA) im Pansen aufrechtzuerhalten. Für die notwendige Versorgung mit peNDF sind auch das Niveau der TM-Aufnahme, sowie der Gehalt an Stärke bzw. an pansen-abbaubarer Stärke von entscheidender Bedeutung. Tatsächlich ist die notwendige Menge an peNDF in der Ration keine feste Größe wie in *Tabelle 1* und *2* dargestellt wird. Aus *Tabelle 1* geht klar hervor, dass der Bedarf an $\text{peNDF}_{>1,18}$ sowohl bei steigender TM-Aufnahme als auch bei höheren Gehalten an pansen-abbaubarer Stärke steigt, da eine größere Menge fermentierbarer Substanz anfällt. Für eine TM-Aufnahme von 18 kg/Tag und 16 % pansen-abbaubarer Stärke aus Getreide reichen 25 % $\text{peNDF}_{>1,18}$ in der Ration aus um die Strukturversorgung zu garantieren. Steigt die Menge an pansen-abbaubarer Stärke aus Getreide von 16 auf 20 %, so werden bei derselben TM-Aufnahme 32 % $\text{peNDF}_{>1,18}$ benötigt.

Tabelle 1: Notwendige Gehalte an peNDF inklusive Partikel >1,18 mm ($\text{peNDF}_{>1,18}$: % der TM) in Abhängigkeit der TM-Aufnahme und des Gehaltes an pansen-abbaubarer Stärke aus Getreide (GfE 2014)

pansen-abbaubare Stärke aus Getreide (% der TM)	TM-Aufnahme (kg/d)			
	18	20	22	24
8	18	20	21	23
12	21	23	25	28
16	25	28	32	>32*
20	32	>32*	>32*	>32*

* $\text{peNDF}_{>1,18}$ Gehalte über 32 % können die TM-Aufnahme limitieren, weswegen die erwartete TM-Aufnahme möglicherweise nicht erreicht wird. Die Bedarfswerte wurden auf Basis eines ruminalen pH-Wertes von 6,2 mittels folgender Gleichung ermittelt:
 $\text{ruminaler pH-Wert} = 6,05 + 0,0444 \times x_1 - 0,0006 \times x_1^2 - 0,017 \times x_2 - 0,016 \times x_3$, mit
 $x_1 = \text{peNDF}_{>1,18}$ (% der TM), $x_2 = \text{pansen-abbaubare Stärke aus Getreide}$ (% der TM),
 $x_3 = \text{TM-Aufnahme (kg/d)}$; ($R^2 = 0,66, P < 0,001$; ZEBELI et al. 2008).

Tabelle 2: Notwendige Gehalte an peNDF inklusive Partikel >8 mm ($\text{peNDF}_{>8}$: % der TM) in Abhängigkeit der TM-Aufnahme und des Stärkegehaltes (GfE 2014)

Stärkegehalt (% der TM)	TM-Aufnahme (kg/d)			
	18	20	22	24
14	12	13	15	16
18	14	15	17	18
22	16	17	19*	21*
26	18	20*	22*	22*

* $\text{peNDF}_{>8}$ Gehalte über 18 % können die TM-Aufnahme limitieren, weswegen die erwartete TM-Aufnahme möglicherweise nicht erreicht wird. Die Bedarfswerte wurden auf Basis eines ruminalen pH-Wertes von 6,2 mittels folgender Gleichung ermittelt:
 $\text{ruminaler pH-Wert} = 6,19 + 0,0438 \times x_1 - 0,000847 \times x_1^2 - 0,00928 \times x_2 - 0,01341 \times x_3$, mit
 $x_1 = \text{peNDF}_{>8}$ (% der TM), $x_2 = \text{Stärke}$ (% der TM), $x_3 = \text{TM-Aufnahme (kg/d)}$ ($R^2 = 0,65, P < 0,001$; ZEBELI et al. 2010).

Die Ableitung der nötigen Versorgung mit peNDF gilt für die Vorlage einer totalen Mischration (TMR). Unter österreichischen Produktionsbedingungen stellen diese jedoch eine Ausnahme dar. Um dennoch auch bei einer Teil-TMR dieses Bewertungssystem nutzen zu können, muss die Siebfraction >8 mm als Bezugsgröße verwendet werden (*Tabelle 2*), d.h. es kann auf die Verwendung eines dritten Siebes verzichtet werden. Dies ist insofern zu erklären, da die über Transponder ergänzten Kraftfuttermittel keine Faserpartikel mit >8 mm Größe liefern. Somit kann unter diesen Bedingungen auch mit dem in der Teil-TMR erforderlichen Wert für die peNDF kalkuliert werden. Dabei muss wiederum der Stärkegehalt der Gesamtration sowie die TM-Aufnahme berücksichtigt werden. Der Gehalt an NDF des Kraftfutters kann dem gesamten NDF-Gehalt der Ration anteilmäßig angerechnet werden.

Auch bei Rationen, die pelletierte Kraftfutter beinhalten, ist die $\text{peNDF}_{>8}$ von Vorteil. Je nach Pelletierverfahren und Pelletgröße wird das pelletierte Kraftfutter auf Sieb >1,18 mm erhalten ohne jeglichen Beitrag auf die Strukturwirksamkeit, jedoch wenig auf Sieb 8 mm. Kraftfuttermittelpellets vom Ober- bzw. Mittel- und Untersieb sind in die Wanne zu legen.

Die bei einer Teil-TMR verabreichten Kraftfuttermengen über den Transponder werden berücksichtigt, indem sie dem Untersieb prozentual zugerechnet werden. Je kg Kraftfutter sind 2 % anzusetzen, d.h. eine Gabe von 5 kg Kraftfutter über den Transponder erhöht den Anteil im Untersieb um 10 %. Die Anteile im Obersieb werden folglich entsprechend niedriger.

4.2 Stärkegehalt der Ration optimieren

Die Wirkung der in Futtermitteln enthaltenen Stärke auf den ruminalen pH-Wert variiert zum Teil beträchtlich zwischen einzelnen Getreidearten sowie deren Verarbeitung. Dies liegt daran, dass die chemische Struktur der Stärke zwischen Getreidearten und -sorten sehr unterschiedlich ist und der Grad der Gelatinisierung der Stärkegranula durch die Verarbeitung verändert wird, was schließlich zu einer erheblichen Variation in der Pansenabbaubarkeit der Stärke führt. Generell zeigt unbehandelter Mais einen deutlich höheren Anteil pansen-stabiler Stärke als z.B. Gerste oder Weizen, wobei verschiedene Verarbeitungstechnologien einen Einfluss ausüben können (OFFNER et al. 2003, HUMER et al. 2015). Auch die Qualität, die Konservierungsart, der Zerkleinerungsgrad und die gefütterte Menge beeinflussen den Stärkeabbau im Pansen erheblich sowie natürlich die Passagerate. Während beispielsweise die Stärke von unbehandeltem Mais eine Abbaubarkeit von ca. 60 % zeigt, erhöht sich diese in der Maissilage auf über 85 % (OFFNER et al. 2003). Ein hoher Anteil pansen-abbaubarer Stärke in der Ration erhöht den Bedarf an peNDF (SILVEIRA et al. 2007), auf der anderen Seite erhöht ein hoher Anteil an peNDF die Passagerate in den Dünndarm, wodurch die ruminale Abbaubarkeit der Stärke sinkt (ZEBELI et al. 2008) und der Pansen entlastet wird. Wird der Anteil der im Dünndarm abzubauenen Stärke jedoch zu hoch, besteht die Gefahr der unzureichenden Stärkeverdauung, da im Dünndarm nur ein limitierter Stärkeabbau möglich ist (MATTHE et al. 2000). Zudem ist die ausreichende Versor-

gung der Pansenflora mit Glukose zur Bildung von genug mikrobiellem Protein nötig.

Es ist also anzustreben, dass eine optimale Menge pansen-abbaubarer Stärke bereitgestellt wird, wobei sich das empfohlene Ausmaß des Anteils pansen-abbaubarer Stärke aus Getreide an einer TMR, nach der peNDF-Versorgung und dem Niveau der TM-Aufnahme gemäß *Tabelle 1* ergibt (ZEBELI et al. 2008). Als allgemeine Faustzahl wird veranschlagt, dass die Ration nicht mehr als 25 % Stärke und Zucker (i.d. TM) enthalten soll. Stammt ein höherer Anteil aus Mais, so sind insgesamt evtl. auch 30 % Stärke und Zucker zu tolerieren. Der Einsatz pansen-stabiler Stärke (<1,5 - 2 kg Kuh/Tag) ist unter diesen Bedingungen eventuell günstiger, da diese das SARA-Risiko senkt sowie mehr im Dünndarm absorbierbare Glucose liefert (MATTHE et al. 2001, KAMPHUES et al. 2014).

4.3 Faserqualität der Ration beachten

Nicht nur die Menge und die ruminale Abbaubarkeit der verwendeten Stärke, auch die Qualität der faserreichen Futtermittel selbst sind mitbestimmend für die Balance zwischen Stärke und Fasergehalt der Ration. Die Verwendung hochwertiger Raufutterquellen mit hoher ruminale Abbaubarkeit der Faser, ermöglicht eine Erhöhung des Raufutteranteils auf Kosten des Kraftfutteranteils unter Beibehaltung der hohen Energiedichte, da Futter- und Energieaufnahme bei besserer Raufutterqualität steigen. Eine hohe Faserabbaubarkeit im Pansen beeinflusst somit die Futteraufnahme und die Leistung positiv, ohne eine Beeinträchtigung der Pansenfunktion hervorzurufen. Weiters steigert ein erhöhter Anteil solcher Grundfuttermittel auf Kosten von Kraftfutter die Kau- und Wiederkauaktivität, stimuliert die Fresslust, verbessert das Fressverhalten und verringert somit das Risiko für eine Beeinträchtigung der Pansenfunktion (KHOL-PARISNI und ZEBELI 2012). Hier sind vor allem früh geerntete Grassilage mit ihrem hohen Futter- und Strukturwert, Maissilage mit ihrem hohen Energiegehalt und dem hohen Anteil pansen-abbaubarer Faser, sowie Luzernesilage wegen ihres hohen Gehaltes an leicht abbaubarer Faser und Protein, aber auch faserreiche Nebenprodukte zu nennen (ZEBELI et al. 2010). Darüber hinaus kann sich auch ein geringerer Feuchtegehalt des Futters als günstig erweisen, da trockenere Qualitäten einen höheren Strukturwert bedingen (KAMPHUES et al. 2014).

4.4 Faserlänge in der Ration überprüfen

Neben der Qualität der faserreichen Futtermittel ist vor allem auch die Faserlänge entscheidend. Eine zu geringe Partikellänge beeinträchtigt die Schichtung des Panseninhaltes, was über eine geringere Wiederkauaktivität und Pansenmotorik eine Reduktion von ruminalem pH-Wert und Futteraufnahme, Faserabbau und Futterverwertung bewirkt (TAF AJ et al. 2007). Im Gegensatz dazu kann eine moderate Abnahme der Partikellänge (z.B. eine theoretische Häcksellänge von etwa 8 mm bei Maissilage bzw. 11 mm bei Grassilage) deren Verdaulichkeit im Pansen und die Futteraufnahme verbessern, ohne die Strukturversorgung zu beeinträchtigen (ZEBELI et al. 2012). Weitere Vorteile einer moderaten Reduzierung der Partikellänge des Grundfutters sind eine bessere Ho-

mogenität der TMR mit geringerer Selektion einzelner Komponenten. Eine geringere Selektion der Ration hat positive Auswirkungen auf die zirkadiane Verteilung der Futter- und Faseraufnahme, was sich sowohl positiv auf die Pansenfermentation als auch auf die Futteraufnahme auswirken kann (ZEBELI et al. 2012). Um die optimale Partikelgröße der Faser festzulegen, muss diese im Zusammenhang mit dem Raufutter-, Faser- und Stärkeanteil der Ration sowie mit den technologischen Gegebenheiten bei der Herstellung und Fütterung der Ration beurteilt werden, um die entsprechenden Zielwerte an peNDF zu erreichen (TAF AJ et al. 2007). Da auch die Häcksellänge in einer engen Korrelation zum Konserviererfolg von Silagen steht, gilt es einen Kompromiss zu finden: nach bisherigen Erkenntnissen ist eine theoretische Häcksellänge von 6 - 8 mm für Maissilage und 11 - 25 mm für Grassilage am günstigsten einzuschätzen (KAMPHUES et al. 2014)

4.5 Effekte des Strukturgehaltes in der Ration auf die Futteraufnahme beachten

Sowohl eine Unter- als auch eine Überschreitung der Zielgröße der peNDF kann mit gesundheitlichen Problemen verbunden sein.

Wird die Zielgröße nicht erreicht, kommt es über immer längere Zeiten zu deutlich reduzierten pH-Werten im Panseninhalt und somit zu einem Risiko zur Entstehung einer SARA (ZEBELI et al. 2012) und entsprechenden negativen Effekten auf die Futteraufnahme, Futterverwertung sowie den Gesundheitsstatus der Kuh (PLAIZIER et al. 2008).

Eine deutliche Überschreitung der Versorgungsempfehlung der peNDF (über 20 % peNDF_{>8} bzw. über 32 % peNDF_{>1,18}) bewirkt hingegen einen deutlichen Rückgang des TM-Aufnahmepotentials (ZEBELI et al. 2015).

Wie *Abbildung 2* zeigt, ist der Bereich, in dem sich die Rationen für die Hochlaktation befinden (<15 % peNDF_{>8}), durch einen niedrigen ruminale pH-Wert aber eine maximale TM-Aufnahme (ca. 23,5 kg/Tag) auf Grund eines geringen Faser-Anteils in der Ration gekennzeichnet. Diese Tiere haben ein sehr hohes Risiko, SARA zu entwickeln.

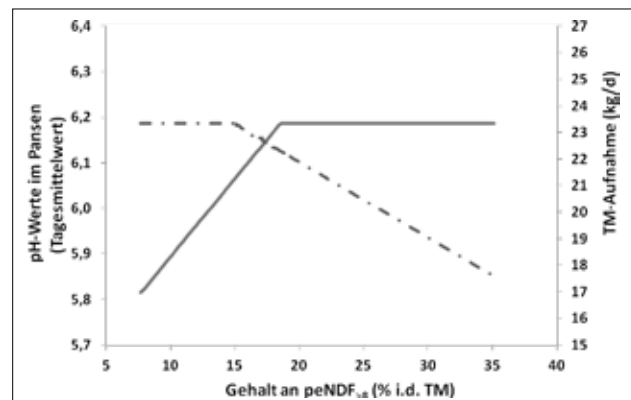


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen peNDF (Partikel über 8 mm) und dem täglichen mittleren Pansen pH-Wert bzw. der resultierenden Trockenmasseaufnahme; täglicher mittlerer pH-Wert (—) und TM-Aufnahme (---) bei Milchkühen (ZEBELI et al. 2012)

Auf der anderen Seite ist aber auch die Bestimmung einer Obergrenze von Faser in der Ration sinnvoll, da eine große Menge peNDF in der Ration die Futteraufnahme und -verwertung sowie die Energiedichte der Ration reduziert. Der Bereich in *Abbildung 2*, der die Rationen für Tiere mit geringerer Leistung zeigt, ist durch einen mittleren Pansen-pH-Wert von etwa 6,2 gekennzeichnet, jedoch begleitet von einer reduzierten TM-Aufnahme (<22 kg/Tag) auf Grund des ausgesprochen hohen peNDF Anteils (>19 %) in der Ration.

Im Überschneidungsbereich sind die Rationen zu finden, deren peNDF Gehalt zwar nicht hoch genug für einen optimalen Pansen pH-Wert ist, der aber die Futteraufnahme nur wenig beeinträchtigt. Kühe, die solche Rationen erhalten, haben ein deutlich geringeres Risiko, eine SARA zu entwickeln. Daraus ergibt sich, dass zwischen pansenphysiologisch optimalem peNDF-Gehalt und der für die Kuh erforderlichen Energiekonzentration ein nur enger Bereich besteht und die Formulierung von wiederkäuergerechten Rationen für hochleistende Milchkühe eine besondere Herausforderung darstellt.

5. Schlussfolgerungen

Die Aufrechterhaltung eines physiologischen Pansen-pH-Wertes ist von großer Wichtigkeit, da die Begleiterscheinungen und Folgen einer SARA in Form von Stoffwechsellagen und systemischen Entzündungen sowohl die Gesundheit als auch die Leistung der Milchkühe in der Hochlaktation stark beeinträchtigen können. Der ruminale pH-Wert, die Versorgung mit strukturierter Faser und pansen-abbaubarer Stärke, die TM-Aufnahme und die Passagerate stehen in engem Zusammenhang. Unter Berücksichtigung dieser Interaktionen können Rationen zusammengestellt werden, die ein günstiges Verhältnis zwischen pansen-abbaubarer Stärke und Faser aufweisen und diese in hoher Qualität bereitstellen. Diesbezüglich erweist sich die physikalisch effektive NDF als geeigneter Parameter. Um sowohl Aspekte der Tiergesundheit als auch der Energieversorgung hochleistender Milchkühe zu berücksichtigen, muss sich der peNDF-Gehalt einer Ration nach dem Gehalt an schnell verfügbaren Kohlenhydraten (insbesondere Stärke) und der Futteraufnahmekapazität orientieren. So lässt sich der ruminale pH-Wert, die Passagerate, die Verdaulichkeit der Einzelkomponenten und damit die Nährstoffeffizienz und Leistung optimieren und Krankheitserscheinungen vorbeugen.

6. Literatur

- BREVES, G. und M. RODEHUTSCORD, 1999: Gibt es Grenzen in der Zucht auf Leistung? – Aus der Sicht der Physiologie. *Züchtungskunde* 71, 420-427.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie), 2014: Communications of the committee for requirement standards of the society of nutrition physiology: Evaluation of structural effectiveness of mixed rations for dairy cows – status and perspectives. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 23, 165-179.
- GRUBER, L., T. GUGGENBERGER, A. STEINWIDDER, J. HÄUSLER, A. SCHAUER, R. STEINWENDER und B. STEINER, 2001: Vorerhersage der Futteraufnahme von Milchkühen auf Basis der Fütterungsversuche der BAL Gumpenstein. Bericht 28. *Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, Irnding, 2.-3. Mai 2001*, 11-36.
- GRUBER, L., 2010: NDF zur Beschreibung der Struktur der Futterra-tion und der Pansenfermentation. Bericht 37. *Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irnding, 13.-14. April 2010*, 7-22.
- HUMER, E., A. KHOL-PARISINI, L. GRUBER, J. GASTEINER, S.M. ABDEL-RAHEEM und Q. ZEBELI, 2015: Long-term reticulorumenal pH dynamics and markers of liver health in early-lactating cows of various parities fed diets differing in grain processing. *J. Dairy Sci.* 98, 6433-6448.
- KAMPHUES, J., P. WOLF, M. COENEN, K. EDER, C. IBEN, E. KIENZLE, A. LIESEGANG, K. MÄNNER, Q. ZEBELI und J. ZENTEK, 2014: Supplemente zur Tierernährung, 12. Aufl., M&H Schaper Verlag, Alfeld (Leine), 520 S.
- KHOL-PARISINI, A. und Q. ZEBELI, 2012: Die Milchkühe im Spannungsfeld zwischen Leistung, Gesundheit und Nährstoffeffizienz. Bericht 39. *Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irnding, 25.-26. April 2012*, 43-50.
- KONONOFF, P.J., A.J. HEINRICHS und D.A. BUCKMASTER, 2003: Modification of the Penn State forage and TMR separator and the effects of moisture content on its measurements. *J. Dairy Sci.* 86, 1858-1863.
- LAMMERS, B.P., D.R. BUCKMASTER und A.J. HEINRICHS, 1996: A simplified method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 79, 922-928.
- MATTHE, A., P. LEBZIEN und G. FLACHOWSKY, 2000: On the relevance of bypass starch for glucose supply of high-producing dairy cows. *Übers. Tierernähr.* 28, 1-64.
- MATTHE, A., P. LEBZIEN, I. HRIC, G. FLACHOWSKY und A. SOMMER, 2001: Effect of starch application into proximal duodenum of ruminants on starch digestibility in the small and total intestine. *Arch. Anim. Nutr.* 55, 351-369.
- MERTENS, D.R., 1997: Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1463-1481.
- NOCEK, J.E., 1997: Bovine acidosis: implications on laminitis. *J. Dairy Sci.* 80, 1005-28.
- OFFNER, A., A. BACH und D. SAUVANT, 2003: Quantitative review of in situ starch degradation in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 106, 81-93.
- PLAIZIER, J.C., D.O. KRAUSE, G.N. GOZHO und B.W. McBRIDE, 2008: Subacute ruminal acidosis in dairy cows: the physiological causes, incidence and consequences. *Vet. J.* 176, 21-31.
- SILVEIRA, C., M. OBA, K.A. BEAUCHEMIN und J. HELM, 2007: Effect of grains differing in expected ruminal fermentability on the productivity of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90, 2852-2859.
- STEINGASS H. und Q. ZEBELI, 2008: Strukturbewertung von Rationen für Milchkühe. Bericht 35. *Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irnding, 9.-10. April 2008*, 19-25.
- TATAFAJ, M., Q. ZEBELI, C.H. BAES, H. STEINGASS und W. DROCHNER, 2007: A meta-analysis examining effects of particle size of total mixed rations on intake, rumen digestion and milk production in high-yielding dairy cows in early lactation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 138, 137-161.
- VAN SOEST, P.J., 1967: Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *J. Anim. Sci.* 26, 119-128.
- YANG, W.Z. und K.A. BEAUCHEMIN, 2006: Physically effective fiber: method of determination and effects on hewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89, 2618-2633.

- YANG, W.Z. und K.A. BEAUCHEMIN, 2007: Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: Chewing and ruminal pH. *J. Dairy Sci.* 90, 2826-2838.
- ZEBELI, Q., J.R. ASCHENBACH, M. TAJAJ, J. BOGUHN, B.N. AMETAJ und W. DROCHNER, 2012: Invited Review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 95, 1041-1056.
- ZEBELI, Q., D. MANSMANN, H. STEINGASS und B.N. AMETAJ, 2010: Balancing diets for physically effective fibre and ruminally degradable starch: A key to lower the risk of sub-acute rumen acidosis and improve productivity of dairy cattle. *Livest. Sci.* 127, 1-10.
- ZEBELI, Q., J. DIJKSTRA, M. TAJAJ, H. STEINGASS, B.N. AMETAJ und W. DROCHNER, 2008: Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *J. Dairy Sci.* 91, 2046-2066.
- ZEBELI, Q., K. GHAREEB, E. HUMER, B.U. METZLER-ZEBELI und U. BESENFELDER, 2015: Nutrition and rumen health in the periparturient period and their role on overall health and fertility in dairy cows. *Vet. Res.* 103, 126-136.

Evaluierung von Modellen zur Schätzung der Futteraufnahme von Milchkühen

Evaluation of feed intake prediction models for dairy cows

Leonhard Gruber^{1*}

Zusammenfassung

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

Die Futteraufnahme hängt entscheidend von tier- und futterbedingten Faktoren ab. Der Organismus verbraucht Energie für Erhaltung und verschiedene Leistungskomponenten (Milch, Trächtigkeit etc.). Dies verursacht den Impuls, die verbrauchten Nährstoffe durch Futteraufnahme wieder aufzufüllen. Das Ziel des Organismus ist die Aufrechterhaltung einer ausgeglichenen Energiebilanz. Neben dieser physiologischen Steuerung wird die Futteraufnahme ganz wesentlich auch von der Füllung des Pansens über Dehnungsrezeptoren physikalisch reguliert. Die maßgeblichen Einflussgrößen auf die Futteraufnahme sind einerseits der Energiebedarf der Kühe und andererseits die Futterqualität (Verdaulichkeit, Abbaurate). Welcher der beiden Einflusskomplexe stärker zum Tragen kommt, hängt von der spezifischen Tier/Futter-Konstellation ab.

Auf dieser theoretischen Grundlage werden seit Jahren Futteraufnahme-Vorhersagesysteme entwickelt. Für 15 ältere Gleichungen (seit 1981) werden die Regressionskoeffizienten der für die Vorhersage wichtigen Parameter (Lebendmasse (LM), Milchleistung (ECM), NEL-Gehalt im Grundfutter (NEL_{GF})) diskutiert und verglichen. Im Durchschnitt dieser 15 Gleichungen betragen die Regressionskoeffizienten 0,011 kg TM pro kg LM, 0,25 kg TM pro kg ECM und 1,62 kg TM pro MJ NEL_{GF} . Da einige Input-Parameter (z.B. Milch und Kraftfutter, Laktationsstadium etc.) zum Teil mit einander korrelieren, können die Regressionskoeffizienten nicht ohne Berücksichtigung aller in einer Futteraufnahme-Gleichung enthaltenen Parameter interpretiert und angewendet werden. Die Evaluierung dieser Gleichungen an einem

Summary

The preferably accurate prediction of feed intake of dairy cows represents the precondition for a physiologically and economically optimal ration. Generally, this implies the maximum intake of forage in connection to that concentrate proportion, which meets the energy requirement of the host animals and ensures their healthy ruminal function. Nowadays, feed intake models are the basis of IT-provided programs for the optimization of rations and the hereof resulting allotment of concentrate. The aims of this are high milk yields, a well-functioning rumen, low feed costs and low environmental stress.

Feed intake vitally depends on animal- and feed-related factors. The organism has a certain maintenance requirement and further needs energy for distinct components of performance like milk yield and pregnancy etc. This causes the signal to refill the nutrients by way of feed intake. The aim of the organism is the maintenance of energy balance. Aside from this physiological control feed intake is also physically regulated through dietary bulk, rumen fill and consequent distension of the digestive tract, elementarily. The relevant factors influencing feed intake are energy requirement of the cows on the one hand and on the other hand the quality of feed (digestibility, degradation rate). It depends on the specific constellation animal / feed, which of the both factors is the prevailing one.

Since years this has been the theoretical basis for the development of feed intake prediction systems. For 15 older equations (since 1981) the regression coefficients of the parameters being important for prediction (live weight (LW), milk yield (ECM), NEL-content of forage (NEL_{FOR})) have been discussed and compared to each other. On average of these 15 equations the regression coefficients amount to 0.011 kg DM per kg LW, 0.25 kg DM per kg ECM and 1.62 kg DM per MJ NEL_{FOR} . Some of the input parameters – milk, concentrate, stage of lactation etc. – are correlated. Hence, regression coefficients have to be interpreted and deployed with consideration of all parameters being included in a feed intake prediction equation. The evaluation of these equations by means of independent data with high variation in terms of animal- and feed-specific factors (GRUBER et al. 2001) has shown relative prediction errors (RPE) concerning the dimensions 10 - 15%

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

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

unabhängigen Datenmaterial mit großer Streuung in den tier- und futterspezifischen Faktoren (GRUBER et al. 2001) hat relative Vorhersagefehler (RPE) in der Größenordnung von 10 - 15 % (GRUBER et al. 1990, BROWN et al. 1977, MENKE 1987, MERTENS 1994) bis zu 20 - 30 % (DLG 1986, JANS und KESSLER 1994, AFRC 1991, NRC 1989) ergeben. Im mittleren Bereich der Vorhersagegenauigkeit von 15 - 20 % RPE liegen die Formeln von SCHWARZ et al. 1996, INRA 1989, HOLTER et al. 1997 und ROSELER et al. 1997. Die Formeln aus UK und USA weisen einen hohen Anteil des durch Bias bzw. Regression verursachten Schätzfehlers auf, was deren Anwendbarkeit in anderen Ländern bzw. Produktionsgebieten vermindert.

In der Arbeit von JENSEN et al. (2015) werden fünf aktuelle Futteraufnahme-Modelle hinsichtlich ihrer Vorhersagegenauigkeit verglichen, die sich in ihrem Zugang zur Modellierung und in den Herkunftsländern unterscheiden, somit auch in der Datengrundlage (Unterschiede in den tier- und futterspezifischen Faktoren wie Rassen, Milchleistung, Grundfutter, Kraftfutterniveau etc.).

Das Futteraufnahme-Modell von NRC (2001) berücksichtigt nur Tier- und Produktionskriterien, nämlich Laktationsstadium, Milchleistung und Lebendmasse, jedoch keine futterspezifischen Input-Parameter wie z.B. Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau. Das Futteraufnahme-Modell von NorFor (2011) ist Teil eines umfassenden, semimechanistischen Fütterungssystems für Rinder der nordischen Staaten Dänemark, Island, Norwegen und Schweden (The Nordic Feed Evaluation System, VOLDEN et al. 2011). Es ist ein sog. Fillfaktor-System (ähnlich INRA 1989). Die Tiere weisen eine bestimmte Futteraufnahme-Kapazität auf, die von Lebendmasse, Milchleistung, Laktationsstadium, Laktationszahl und Rasse bestimmt wird. Dem steht die Füllwirkung der Futtermittel gegenüber. Diese wird von der Verdaulichkeit, dem NDF-Gehalt und der Silagequalität bestimmt. Das TDMI-Index-System von HUHTANEN et al. (2011) ist ein empirisches Regressionsmodell und die Kombination des Silage-DMI-Index und des Concentrate-DMI-Index. Der SDMI-Index berücksichtigt die Grundfutterqualität (Futterwert wie Verdaulichkeit etc. und die Gärqualität). In gleicher Weise beschreibt der CDMI-Index den Einfluss der Menge und Zusammensetzung des Kraftfutters in ihrem Einfluss auf die Silageaufnahme (in TM). Die Grundfutter-Verdrängung durch KF hängt ab von der Kraftfuttermenge und der Qualität des Grundfutters. Der TDMI-Index errechnet sich aus SDMI-Index + CDMI-Index - 100. Zusätzlich zum TDMI-Index wird die Futteraufnahme von Tier- und Produktionsfaktoren bestimmt (standardisierte ECM-Leistung, LM, Laktationstag). Das Wageningen-Dairy cow-Modell (DCM) von ZOM et al. (2012a, b) ist ebenfalls ein sog. Fillfaktor-System, bestehend aus der Futteraufnahme-Kapazität der Kühe (FIC, Feed intake capacity), dem der Sättigungswert (SV, Satiety value) der einzelnen Futtermittel gegenüber steht. Die Futteraufnahme (DMI) errechnet sich aus dem Quotienten $DMI = FIC / SV$. Im Gegensatz zu INRA (1989) und NorFor (2011) werden allerdings zur Abschätzung der Futteraufnahme-Kapazität FIC die

(GRUBER et al. 1990, BROWN et al. 1977, MENKE 1987, MERTENS 1994) up to 20 - 30% (DLG 1986, JANS and KESSLER 1994, AFRC 1991, NRC 1989). The equations of SCHWARZ et al. 1996, INRA 1989, HOLTER et al. 1997 and ROSELER et al. 1997 are to find in the middle range of prediction accuracy of 15 - 20% RPE. The equations from UK and USA show a high proportion of the prediction error being caused by bias and regression. This lowers their applicability in other countries and production areas.

JENSEN et al. (2015) mention five up-to-date feed intake models comparing them concerning their prediction accuracy. The models differ in terms of their way of modelling and state of origin and, therefore, in their data basis, as well (differences in animal- and feed-specific factors, e. g. breed, milk yield, forage, concentrate level etc.).

The feed intake model by NRC (2001) considers criteria of animals and production like stage of lactation, milk yield and live weight, only; however, it does not regard any feed-specific input parameters, for example forage quality and concentrate level. The feed intake model by NorFor (2011) is part of a comprehensive, semi-mechanistic feeding system for cattle in Denmark, Iceland, Norway and Sweden (The Nordic Feed Evaluation System, VOLDEN et al. 2011). It represents a so called fill-factor-system (similar to INRA 1989). Animals evince a certain feed intake capacity, which is determined by live weight, milk yield, stage of lactation, number of lactation and breed. This capacity is faced by the filling effect of the feed, which is determined by digestibility, NDF content and silage quality. The TDMI-Index system by HUHTANEN et al. (2011) is an empirical regression model and represents a combination of the silage-DMI-Index and the concentrate-DMI-Index. The SDMI-Index considers the forage quality (feed value like digestibility etc., and fermentation quality). Similarly, the CDMI-Index pictures the influence of amount and composition of concentrate in terms of their influence on silage intake (DM). The substitution of forage through concentrate depends on the concentrate portion and on the forage quality. The TDMI-Index is to be calculated from $SDMI\text{-Index} + CDMI\text{-Index} - 100$. Additionally to the TDMI-Index, feed intake is determined by animal and technical conditioned factors (standardized ECM-yield, LW, and day of lactation). The Wageningen-Dairy Cow Model (DCM) by ZOM et al. (2012a, b) is a so called fill-factor-system, as well, consisting of feed intake capacity of the cows (FIC), faced by the satiety value (SV) of the discrete feeds. The feed intake (DMI) is calculated from the quotient $DMI = FIC / SV$. Contrary to INRA (1989) and NorFor (2011) live weight and milk yield are not essential for the assessment of feed intake capacity FIC, admittedly. Only the number of lactation, stage of lactation as well as stage of pregnancy (days of pregnancy) are taken into account. These parameters are seen as indicators for the size and physiological status of the cow. The utilization of live weight and milk yield was cut out, in order to be able to employ the model for the prediction of performance, as well.

Lebendmasse und Milchleistung nicht herangezogen, sondern nur die Laktationszahl, das Laktationsstadium und das Trächtigkeitsstadium (Tage der Trächtigkeit). Diese werden als Indikatoren für die Größe und das physiologische Stadium der Kuh angesehen. Auf die Verwendung von Lebendmasse und Milchleistung wurde verzichtet, um das Modell auch zur Vorhersage der Leistung verwenden zu können. Die Sättigungswerte (SV) werden für die einzelnen Futtermittel (Grassilage, Grünfütter, Luzerne- und Rotklee-Silage, Maissilage, Getreideganzpflanzen-Silage, Kraftfutter) getrennt mit eigenen Gleichungen über Futterwertparameter errechnet, die üblicherweise auf Betrieben vorliegen (Gehalt an Trockenmasse, Rohprotein, Rohfaser, Verdaulichkeit *in vitro*). Das Futteraufnahme-Schätzmodell von GRUBER et al. (2004) ist ein empirisches Modell, welches Rasse und Laktationszahl als fixe Effekte und das Laktationsstadium sowie tierbedingte Faktoren (Lebendmasse, Milchleistung) und futterbedingte Faktoren (Kraftfutter, NEL-Gehalt des GF) als Regressionsvariable berücksichtigt. Abweichend von anderen Futteraufnahme-Modellen sind die Regressionskoeffizienten für LM, Milch und KF nicht konstant, sondern abhängig vom Laktationsstadium. Auf diese Weise wird den unterschiedlichen physiologischen Stadien der Kuh im Laufe der Laktation Rechnung getragen (KORVER 1982).

Die Evaluierung der Futteraufnahme-Modelle erfolgte in vier Schritten: Errechnung der systematischen Abweichung zwischen beobachteter und geschätzter Futteraufnahme (Bias), Beurteilung der Vorhersage-Genauigkeit mit dem *Mean square prediction error* (MSPE), Aufteilung des MSPE in Bias, Regression und Zufall nach BIBBY und TOUTENBURG (1977) sowie Darstellung der Vorhersage-Genauigkeit über die Regression ‘observed – predicted’ nach ST-PIERRE (2003).

Das Wageningen-DCM-Modell (ZOM et al. 2012a, b) und NRC (2001) weisen mit +1,6 und +1,4 kg TM die höchste positive systematische Abweichung auf (d.h. systematische Überschätzung der Futteraufnahme). Auch der Bias von NorFor (2011) mit +0,4 kg TM ist relativ hoch. Dagegen ist der Bias des TDMI-Index (HUHTANEN et al. 2011) und des FA-Modells von GRUBER et al. (2004) mit -0,1 bzw. +0,2 kg TM recht niedrig bzw. zu vernachlässigen. Der Bias sagt allerdings nichts aus über das Ausmaß und die Verteilung der Abweichungen. Dies erfolgt mit dem MSPE bzw. dessen Wurzel (*Root mean square prediction error* (RMSPE), in kg TM). Die Futteraufnahme-Modelle Wageningen-DCM (ZOM et al. 2012a, b) und NRC (2001) weisen nicht nur einen hohen systematischen Bias zwischen vorausgesagter und beobachteter Futteraufnahme auf, sondern auch die höchste durchschnittliche Streuung der Differenz zwischen vorausgesagter und beobachteter Futteraufnahme (MSPE, RMSPE). Der RMSPE von Wageningen-DCM (2012) und NRC (2001) beträgt 3,16 bzw. 1,80 kg TM, d.h. bei Anwendung dieser Futteraufnahme-Modelle ist im Durchschnitt mit einem Fehler der Vorhersage in dieser Größenordnung zu rechnen. Dieser Vorhersage-Fehler beträgt bei NorFor (2011) und TDMI-Index (2011) 1,52 bzw. 1,71 kg TM.

By means of special equations satiety values (SV) are separately calculated for the distinct feeds (grass silage, fresh forage, lucerne silage and red clover silage, corn silage, whole-crop cereal silage, concentrates). The necessary parameters of feed value for this purpose (content of DM, crude protein, crude fibre, digestibility *in vitro*) are generally available on the farms. The Feed intake prediction model of GRUBER et al. (2004) is an empirical model considering breed and number of lactation as fixed effects and stage of lactation as well as animal related factors (live weight, milk yield) and feed related factors (concentrates, NEL-content of forage) as regression variables. Differently from other feed intake models the regression coefficients for live weight, milk and concentrates are not constant. They depend on the stage of lactation. Thus, the distinctive physiological stages of the cow during lactation are taken into account (KORVER 1982).

Evaluation of feed intake models has been realized in four steps: calculation of the systematic deviation between observed and predicted feed intake (i.e. bias), assessment of the prediction accuracy by means of the Mean Square Prediction Error (MSPE), splitting of the MSPE in bias, regression and random error (BIBBY and TOUTENBURG 1977) as well as illustration of the prediction accuracy via regression ‘observed – predicted’ according to ST-PIERRE (2003).

The Wageningen-DCM-model (ZOM et al. 2012a, b) and NRC (2001) show the highest positive systematic deviation with +1.6 and +1.4 kg DM (i.e. systematic overprediction of feed intake). With +0.4 kg DM the bias from NorFor (2011) is relatively high, as well. In contrast, the bias of the TDMI-Index (HUHTANEN et al. 2011) (-0.1 kg DM) and of the Feed intake-model by GRUBER et al. (2004) (+0.2 kg DM) are quite low and negligible. Admittedly, the bias does not tell anything concerning the extent and distribution of the deviations. This happens by means of the MSPE and its root (Root Mean Square Prediction Error (RMSPE), kg DM). The feed intake models Wageningen-DCM (ZOM et al. 2012a, b) and NRC (2001) not only evince a high systematic bias between predicted and observed feed intake; they also show the highest average variation of the difference between predicted and observed feed intake (MSPE, RMSPE). The RMSPE from Wageningen-DCM (2012) and NRC (2001) amount to 3.16 and 1.80 kg DM, that is the usage of these feed intake models brings an average prediction error of this dimension. This prediction error accounts for 1.52 kg DM at NorFor (2011) and 1.71 kg DM at the TDMI-Index (2011). The lowest prediction error – i.e. 1.17 kg DM – is to be found at the Feed intake-model of GRUBER et al. (2004).

The components being causative for the prediction error are crucial for evaluation (MSPE). The bias indicates the absolute difference between observed and predicted feed intake. The regression-caused error shows, whether feed intake is systematically under- or overrated depending on the level of feed intake. Deviations caused by bias and regression are not wanted and evince a systematic fundamental error in estimation. Only the

Den geringsten Vorhersage-Fehler weist das FA-Modell von GRUBER et al. (2004) mit 1,17 kg TM auf.

Für die Bewertung ist entscheidend, durch welche Komponenten der Vorhersagefehler (MSPE) verursacht wird. Der Bias gibt die absolute Differenz zwischen beobachteter und geschätzter Futteraufnahme an. Der durch Regression bedingte Fehler zeigt an, ob die Futteraufnahme in Abhängigkeit von ihrer Höhe systematisch unter- oder überschätzt wird. Durch Bias und Regression bedingte Abweichungen sind unerwünscht und weisen auf systematische, grundsätzliche Fehler bei der Schätzung hin. Nur der durch Zufall bedingte Fehler hat keine systematische Fehlerursache und sollte natürlich möglichst klein sein. Die Abweichungen in der Schätzung der Futteraufnahme durch das FA-Modell von GRUBER et al. (2004) sind zum allergrößten Teil (93,4 %) zufallsbedingt und nahezu frei von systematischen Abweichungen bedingt durch Bias (3,7 %) bzw. Regression (2,9 %). Relativ günstig in der Aufteilung des Fehlers schneidet auch der TDMI-Index von HUHTANEN et al. (2011) ab, mit 77,3 % Zufall sowie 0,3 % Bias und 22,4 % Regression, allerdings bei einem höheren Gesamtfehler (1,71 vs. 1,17 kg TM). Bei den anderen Futteraufnahme-Modellen nimmt der Anteil des Zufalls am Gesamtfehler ab und der Anteil der durch Bias oder Regression bedingten Abweichungen zu. Auch in weiteren Evaluierungen hat sich das FA-Modell von GRUBER et al. (2004) als relativ genau und robust erwiesen. Die Begründung für dieses Ergebnis liegt einerseits im sehr umfangreichen Datenmaterial mit entsprechender Streuung der wesentlichen tier- und futterspezifischen Parameter und andererseits in der Wahl eines geeigneten statistischen Modells zur Erarbeitung des Futteraufnahme-Systems.

Schlagwörter: Futteraufnahme, Regulation, Vorhersage, Modellierung, Evaluierung, Milchkühe

random-caused error does not have any systematic reason and should possibly be small, of course. The deviations in prediction of feed intake by means of the Feed intake-model by GRUBER et al. (2004) are random, mostly (93.4%). Systematic deviations caused by bias (3.7%) and regression (2.9%) are nearly nonexistent. The TDMI-Index by HUHTANEN et al. (2011) scores quite well in terms of distribution of errors, as well – 77.3% random, 0.3% bias and 22.4% regression – however there is a higher total error (1.71 vs. 1.17 kg DM). In the other models for feed intake the part of random in total error declines and the part of deviations caused by bias or regression increases. The Feed intake-model by GRUBER et al. (2004) has succeeded in further evaluations, too, as being relatively accurate and robust. The explanation for this result is to find in a very comprehensive data material with appropriate variation in the essential animal- and feed-specific parameters, on the one hand, and in a convenient statistical model for the development of the feed intake-system, on the other hand.

Keywords: Feed intake, regulation, prediction, modelling, evaluation, dairy cows

1. Einleitung

Die möglichst genaue Abschätzung der Futteraufnahme von Milchkühen ist Voraussetzung für eine physiologisch und ökonomisch optimale Rationsgestaltung. Darunter wird allgemein die maximale Grundfutteraufnahme in Verbindung mit jenem Kraftfutteranteil verstanden, der den Energiebedarf der Tiere deckt und wiederkäuergerechte Verdauungsabläufe in den Vormägen sicherstellt (INRA 1989). Die Futteraufnahme von Milchkühen entscheidet über deren Leistung und Körperkondition.

Die genaue Abschätzung der Futteraufnahme ist auch wichtig, Rationen exakt zu formulieren und so Unter- oder Überernährung zu vermeiden sowie das eingesetzte Futter effizient zu nutzen. Eine Unterfütterung vermindert die Leistung und kann die Gesundheit der Nutztiere beeinträchtigen. Überfütterung erhöht die Futterkosten und führt zu einer übermäßigen Ausscheidung von Nährstoffen in die Umwelt und kann ebenfalls gesundheitsschädlich sein (NRC 2001).

Futteraufnahme-Modelle sind heute die Grundlage von EDV-gestützten Programmen zur Rationsoptimierung und der daraus abgeleiteten Kraftfutzerteilung (SCHWARZ et al. 1996). Das Ziel sind hohe Milchleistungen, geordnete

Pansenfunktionen, niedrige Futterkosten und eine geringe Umweltbelastung.

Im vorliegenden Beitrag wird einleitend die Regulation der Futteraufnahme durch tier- und futterbedingte Faktoren angesprochen und einige Beispiele von älteren Modellen zur Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen angeführt. Weiters werden fünf aktuelle Futteraufnahme-Systeme näher diskutiert und das Ergebnis von deren unabhängiger Evaluierung durch JENSEN et al. (2015) dargestellt.

2. Regulation der Futteraufnahme

Viele Faktoren beeinflussen die Futteraufnahme. Individuelle Theorien betonen einzelne Aspekte von deren Steuerung, wie physikalische Füllung (MERTENS 1994, ALLEN 1996), physiologische Feedback-Faktoren (MERTENS 1994, ILLIUS und JESSOP 1996) oder die Sauerstoff-Aufnahme (KETELAARS und TOLKAMP 1996). Unter spezifischen Situationen dürften einzelne Aspekte überwiegen, aber sehr wahrscheinlich steuern nach FORBES (1996) die einzelnen Effekte und deren Stimuli gemeinsam in ihrer Summe die Futteraufnahme (NRC 2001). Im Fall der Milchkühe ist es folglich besonders die Milchleistung, die über die Futteraufnahme entscheidet (NRC 2001).

Die Futtermittelaufnahme hängt entscheidend von tier- und von fütterbedingten Faktoren ab, zusätzlich spielt die Fütterungstechnik eine wesentliche Rolle (PIATKOWSKI et al. 1990). Die Futtermittelaufnahme wird über viele, sehr komplexe Vorgänge gesteuert (Abbildung 1, nach GRUBER et al. 2001). Grundsätzlich wird die Futtermittelaufnahme der Tiere durch sogenannte physiologische und physikalische Faktoren reguliert. Das Ziel des Organismus ist dabei die Aufrechterhaltung einer ausgeglichenen Energiebilanz (physiologische Steuerung, WANGSNESS und MULLER 1981). Der Organismus verbraucht Energie für Erhaltung und verschiedene Leistungskomponenten (Milch, Trächtigkeit etc.). Dies verursacht den Impuls, die verbrauchten Nährstoffe durch Futtermittelaufnahme wieder aufzufüllen. Die Informationen zur Energiebilanz kommen über die flüchtigen Fettsäuren (Essigsäure, Propionsäure) aus dem Pansenstoffwechsel, aus Stoffwechselprodukten (Buttersäure, freie Fettsäuren aus dem Abbau von Fettdepots) und Hormonen (Östrogen, Progesteron, Insulin, Leptin, Cholecystokinin u.a.). Die Signale werden über das Nervensystem in das Gehirn geleitet und dort verarbeitet.

Für den Wiederkäuer sind neben den physiologischen noch physikalisch-mechanische Steuerungsmechanismen von großer Bedeutung, d.h. die Futtermittelaufnahme wird ganz entscheidend auch von der Füllung des Pansens bestimmt. Je schneller der Panseninhalt abnimmt, desto höher ist die

Futtermittelaufnahme. Die Füllung des Pansens wird einerseits durch die mikrobielle Fermentation und andererseits durch die sog. Passage des Futtermittels bestimmt. Der mikrobielle Abbau des Futtermittels wird stark von der Futtermittelqualität (Abbauraten, Verdaulichkeit) beeinflusst, die Passagegeschwindigkeit hängt neben der Verdaulichkeit vom Zerkleinerungsgrad und der Futtermittelstruktur ab. Die Futtermittelstruktur wirkt über ihren Einfluss auf die Speichelproduktion wieder auf die mikrobielle Fermentation zurück. Allerdings verringert eine hohe Wiederkauzeit auch die für die Futtermittelaufnahme zur Verfügung stehende Zeit (VAN SOEST 1994). Die von der Pansenfüllung ausgehenden Signale werden durch sog. Dehnungsrezeptoren ebenfalls über das Nervensystem an das Gehirn weitergeleitet und dort mit den von der physiologischen Steuerung kommenden Impulsen verarbeitet. Das Ergebnis ist je nach dem Stand der Energiebilanz und der Pansenfüllung das Auslösen oder die Beendigung der Futtermittelaufnahme (VAN SOEST 1994, FORBES 1995, KIRCHGESSNER 2014).

3. Gleichungen und Modelle zur Vorhersage der Futtermittelaufnahme

Aus dem vorangehenden Abschnitt kommt klar zum Ausdruck, daß einerseits der Energiebedarf der Kuh und andererseits die Futtermittelqualität (Verdaulichkeit, Abbauraten)

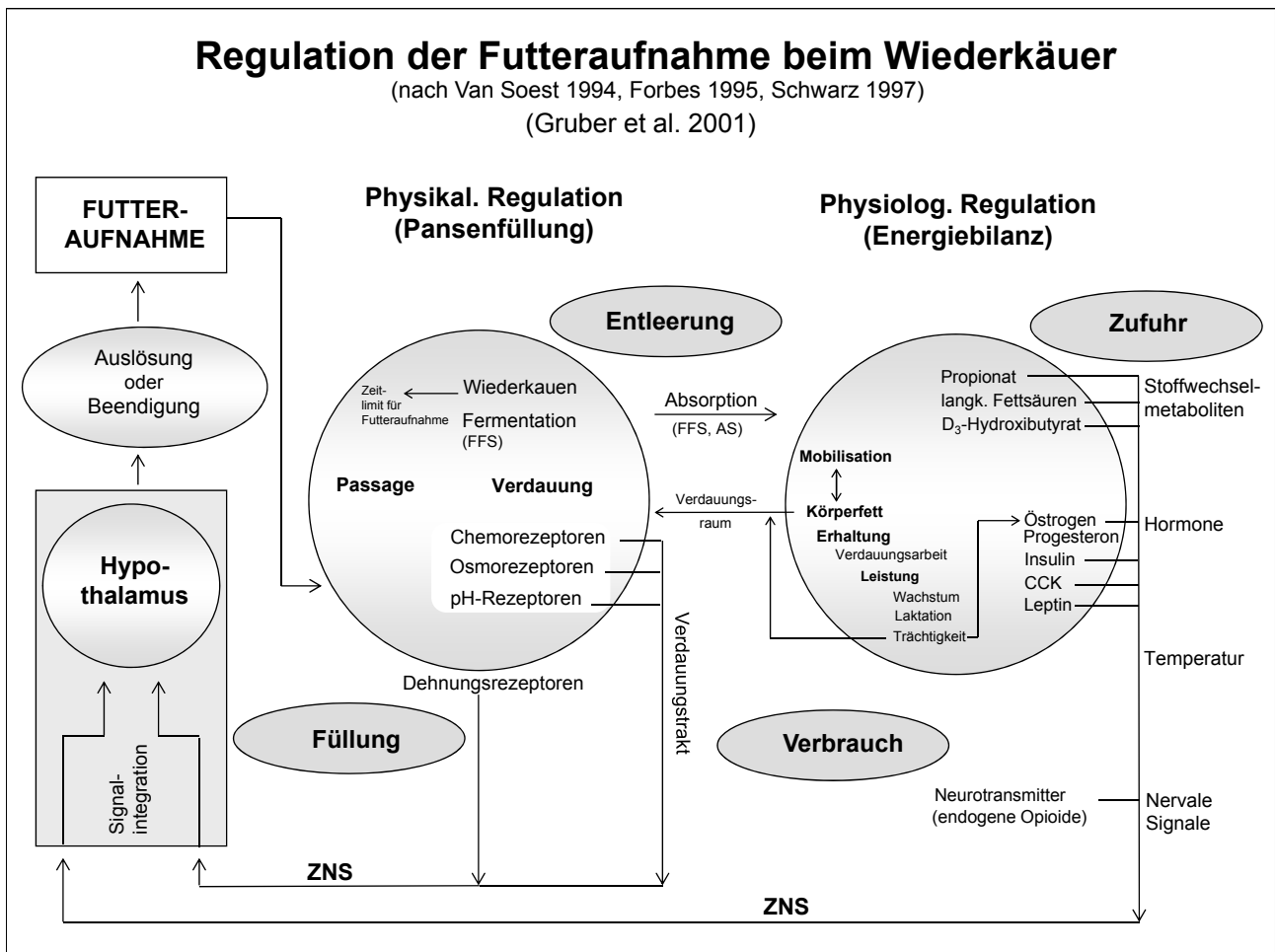


Abbildung 1: Steuerung der Futtermittelaufnahme durch physiologische und physikalische Faktoren (nach LANGHANS 1989, VAN SOEST 1994, FORBES 1995, SCHWARZ 1997)

die maßgeblichen Einflussgrößen auf die Futtermittelaufnahme darstellen. Welcher der beiden Einflusskomplexe stärker zum Tragen kommt, hängt von der spezifischen Tier/Futter-Konstellation ab. Neben diesem, von den theoretischen Überlegungen her, sehr plausiblen Ansatz der Futtermittelaufnahmeregulation durch Pansenfüllung/Energiebedarf wurden von vielen Arbeitsgruppen (mehr oder weniger komplexe) multiple Regressionsgleichungen entwickelt. Diese beinhalten letztlich ebenfalls nutritive (Futterqualität) und physiologische (Bedarf, Lebendmasse als Parameter für Pansenvolumen) Komponenten. Eine Sonderstellung nimmt das Fill Unit-System von INRA (1989) ein. Einzelnen Futtermitteln (nicht Rationen) wird eine bestimmte Füllwirkung – relativ zu einem Standardfutter (Weidegras) – zugeordnet. Dem steht die Futtermittelaufnahmekapazität der Tiere gegenüber, die ebenfalls in Fill units ausgedrückt wird.

Der vorliegende Abschnitt befasst sich mit der Auswahl und dem Wert der in Schätzformeln herangezogenen Regressionskoeffizienten. Weiters werden einige Schätzformeln an einem umfangreichen und sehr heterogenen Datenmaterial aus Fütterungsversuchen an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein getestet (GRUBER et al. 2001). Eine Übersicht über verschiedene Modelle zur Schätzung der Futtermittelaufnahme von Milchkühen und wachsenden Rindern gibt die Review von INGVARTSEN (1994).

3.1 Beschreibung von älteren Futtermittelaufnahme-Schätzformeln

Tabelle 1 gibt einen Überblick über drei wesentliche Einflussparameter auf die Futtermittelaufnahme aus einigen Regressionsgleichungen. Dabei wird unterschieden, ob die Grund- oder Gesamtfuttermittelaufnahme (GF, GES) das Ziel ist. Außerdem wird häufig nach Laktationszahl (LAK) diffe-

renziert. Die Regressionskoeffizienten für Lebendmasse bewegen sich zwischen 0,005 (ROSELER et al. 1997) und 0,017 (MERTENS 1994). Die Koeffizienten besagen, dass die Futtermittelaufnahme pro 100 kg Lebendmasse (LM) um 0,5 bis 1,7 kg TM ansteigt. Wie aus dem Datenmaterial von Weihenstephan hervorgeht (SCHWARZ und KIRCHGESSNER 1985, SCHWARZ et al. 1996), zeigt sich bei erstlaktierenden Kühen ein stärkerer Einfluss der Lebendmasse auf die Futtermittelaufnahme als bei Kühen mit mehr Laktationen (0,012 vs. 0,008). Dies wirkt sich bei Grundfutter weniger aus als bei der Gesamtration (0,009 vs. 0,011). Der Mittelwert aller angeführten Regressionskoeffizienten beträgt 0,011.

Da die Milchleistung häufig mit anderen Parametern korreliert, ist die Interpretation vorsichtig durchzuführen und nur mit Einschränkungen möglich. So besteht in vielen Datensätzen auf Grund des Fütterungsregimes eine Beziehung zwischen Milchleistung und Kraftfutterniveau (SCHWARZ et al. 1996). Daher werden die Regressionskoeffizienten unterschiedlich ausfallen, ob Kraftfutter in die Formel eingeht oder nicht. Im Mittel aller ausgewerteten Gleichungen ergibt sich ein Anstieg von 0,25 kg TM (Gesamtfutter), wenn die Milchleistung um 1 kg ECM ansteigt. In diesem Bereich liegen viele amerikanische Untersuchungen (BROWN et al. 1977, MERTENS 1994, HOLTER et al. 1997), jedoch auch in Europa erarbeitete Gleichungen (INRA 1989, GRUBER et al. 1990). Wie bei der Lebendmasse, deutet sich auch bei der Milchleistung eine stärkere Wirkung bei erstlaktierenden Kühen an.

Von den oben angeführten theoretischen Überlegungen wird klar, daß auch ein Parameter des Futterwertes (stellvertretend wird die Energiekonzentration MJ NEL herangezogen) in Futtermittelaufnahmeschätzformeln einfließen soll. Aus den Koeffizienten werden große Unterschiede

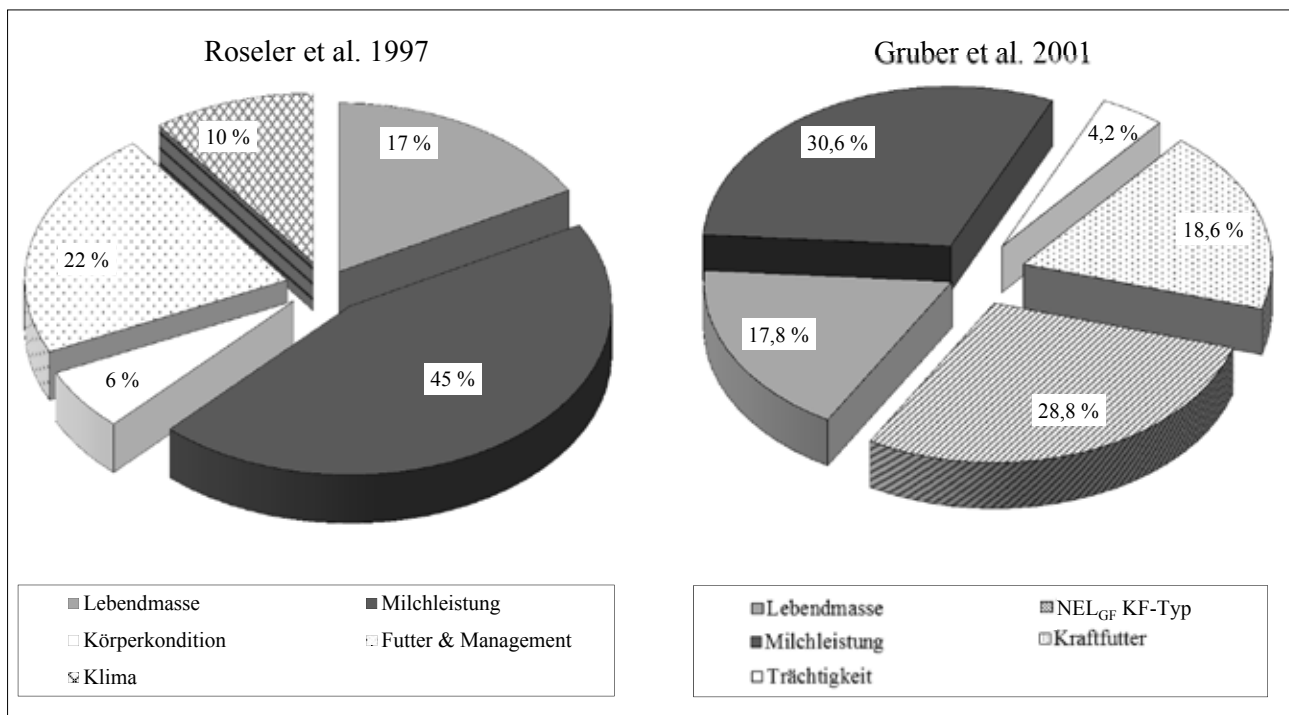


Abbildung 2: Einflussfaktoren auf die Futtermittelaufnahme. Bei energiereichen Rationen (ROSELER et al. 1997) überwiegt die physiologische Regulation, bei Rationen mit niedriger Energiekonzentration (d.h. geringer Kraftfuttermittelanteil und niedrige Grundfutterqualität, GRUBER et al. 2001) wird die Futtermittelaufnahme vorwiegend physikalisch reguliert

zwischen Amerika und Europa ersichtlich. Das Mittel aller Regressionskoeffizienten für NEL beträgt 1,62. Die amerikanischen Gleichungen (BROWN et al. 1977, MERTENS 1994) weisen einen deutlich niedrigeren Einfluss der Futterqualität auf die Futteraufnahme aus als die europäischen (SCHWARZ und KIRCHGESSNER 1985, DLG 1986, MENKE 1987, JANS und KESSLER 1994, INRA 1989). Dies dürfte mit der Rationsgestaltung (hohe Kraftfutteranteile in den USA) zusammenhängen und bestätigt indirekt das Futteraufnahmmodell von MERTENS (1994), wonach die Futteraufnahme energiereicher Rationen vorwiegend

physiologisch geregelt wird. Die Aufteilung der Varianzursachen in *Abbildung 2* zeigt, dass die Futteraufnahme bei energiereichen Rationen (ROSELER et al. 1997) zu 45 % durch die Milchleistung und nur zu 22 % über das Futter erklärt wird. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Futteraufnahme der Kühe unter amerikanischen Bedingungen mit Rationen von hoher Energiekonzentration (ca. 50 % Kraftfutteranteil) vorwiegend physiologisch gesteuert war. Demgegenüber waren in den eigenen Versuchen (GRUBER et al. 2001) die tierbedingten Faktoren zu 53 % und die futterbedingten Faktoren zu 47 % an der Regulation der

Tabelle 1: Lineare Regressionskoeffizienten für Lebendmasse, Milchleistung und Energiekonzentration zur Schätzung der Grund- bzw. Gesamtfutteraufnahme in verschiedenen Futteraufnahmeschätzformeln (Werte direkt übernommen oder aus Modellrechnungen kalkuliert)

LAKTATIONSZAHL (LAK)	GRUNDFUTTER			GESAMTFUTTER		
	alle LAK	LAK=1	LAK>1	alle LAK	LAK=1	LAK>1
LEBENDMASSE (kg LM)						
Lindner et al. 1981	–	–	–	0,014	0,016	–
Schwarz und Kirchgeßner 1985	–	0,014	0,006	–	–	–
Schwarz et al. 1996	0,009	–	–	–	–	–
DLG 1986	0,006	–	–	–	–	–
Menke 1987	–	–	–	0,012	–	–
Gruber et al. 1990	–	0,009	0,008	–	0,009	0,009
Jans und Kessler 1994	–	–	–	–	–	–
INRA 1989	–	–	–	0,010	–	–
AFRC 1991	–	–	–	–	–	–
Vadivelloo und Holmes 1979	–	–	–	0,015	–	–
Brown et al. 1977	–	–	–	0,010	–	–
NRC 1989	–	–	–	0,015	–	–
Mertens 1994	–	–	–	–	–	–
Holter et al. 1997	–	–	–	–	0,009	0,009
Roseler et al. 1997	–	–	–	–	0,012	0,005
MILCHLEISTUNG (kg ECM)						
Lindner et al. 1981	–	–	–	0,148	0,464	–
Schwarz und Kirchgeßner 1985	–	–	–	–	–	–
Schwarz et al. 1996	–	–	–	–	–	–
DLG 1986	–	–	–	–	–	–
Menke 1987	–	–	–	0,132	–	–
Gruber et al. 1990	–	0,200	0,203	–	0,335	0,266
Jans und Kessler 1994	–	0,049	0,028	–	0,313	0,337
INRA 1989	–	–	–	–	–	–
AFRC 1991	0,152	–	–	–	–	–
Vadivelloo und Holmes 1979	–	–	–	0,181	–	–
Brown et al. 1977	–	–	–	0,283	–	–
NRC 1989	–	–	–	0,389	–	–
Mertens 1994	–	–	–	0,240	–	–
Holter et al. 1997	–	–	–	–	0,364	0,364
Roseler et al. 1997	–	–	–	–	0,327	0,279
ENERGIEGEHALT (MJ NEL)						
Lindner et al. 1981	–	–	–	–	–	–
Schwarz und Kirchgeßner 1985	–	2,30	2,15	–	–	–
Schwarz et al. 1996	0,85	–	–	–	–	–
DLG 1986	2,97	–	–	–	–	–
Menke 1987	–	–	–	2,34	–	–
Gruber et al. 1990	–	–	1,54	–	1,57	1,88
Jans und Kessler 1994	–	2,84	2,75	–	–	–
INRA 1989	–	–	–	2,23	–	–
AFRC 1991	1,70	–	–	–	–	–
Vadivelloo und Holmes 1979	–	–	–	–	–	–
Brown et al. 1977	–	–	–	0,93	–	–
NRC 1989	–	–	–	–	–	–
Mertens 1994	–	–	–	0,93	–	–
Holter et al. 1997	–	–	–	–	-0,55	-0,55
Roseler et al. 1997	–	–	–	–	–	–

Futteraufnahme beteiligt. In diesen Versuchen wurden die Tiere zum Teil mit Grundfutter niedriger Qualität und mit unter dem Bedarf liegenden Kraftfuttermengen gefüttert. Die Kühe verzehrten ihre Ration in dieser Situation bis zur mechanischen Sättigung (maximale Pansenfüllung), ohne ihren Energiebedarf vollständig decken zu können (SCHWARZ und GRUBER 1999).

Insgesamt sind die angeführten Regressionskoeffizienten nur sehr vorsichtig zu interpretieren, da sie unter sehr unterschiedlichen Bedingungen erstellt wurden und außerdem mit anderen Parametern korrelieren. Sie sind daher strenggenommen nicht losgelöst voneinander zu deuten. Daher werden die angeführten Regressionsgleichungen in einem nächsten Schritt in ihrer Gesamtheit betrachtet und an den Ergebnissen von tatsächlichen Futteraufnahme- daten gemessen (GRUBER et al. 2001).

3.2 Testung der Schätzformeln an Futteraufnahme- daten der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Das zur Testung verwendete Datenmaterial weist in den zur Diskussion stehenden Parametern eine große Streubreite auf und deckt einen weiten Bereich in den tierspezifischen Faktoren (450 - 800 kg LM, 2 - 46 kg ECM, 2 - 437 Laktationstage) und den Futterparametern (Verdaulichkeit des Grundfutters 57 - 79 % dO, Kraftfuteranteil 0 - 67 %) ab. Die Grundfutter- und Gesamtfutteraufnahme hat einen Bereich von 6,5 - 17,6 kg TM bzw. 7,2 - 24,9 kg TM (GRUBER et al. 2001). Zur Beurteilung der Schätzgenauigkeit wurden die tatsächlichen Futteraufnahmen den mit den Gleichungen vorausgesagten gegenübergestellt (observed – predicted). Daraus wurde die mittlere quadrierte Abweichung (MSPE, *Mean square prediction error*) errechnet und nach der von BIBBY und TOUTENBURG (1977) beschriebenen Weise auf die drei Komponenten Bias (systematische Abweichung), Abweichung des Regressionskoeffizienten von 1 und der verbleibenden Zufallsabweichung aufgeteilt (Tabelle 2).

Der absolute Vorhersagefehler (APE) errechnet sich aus der Wurzel des MSPE (RMSPE, *Root mean square prediction error*) und der relative Vorhersagefehler (RPE) stellt den APE relativ zum Mittel der beobachteten Futteraufnahme dar.

Der relative Vorhersagefehler für die Grundfutteraufnahme liegt zwischen 12 % (GRUBER et al. 1990) und 29 % (AFRC 1991). In einer Validierung verschiedener Futteraufnahme-Schätzgleichungen durch STAMER et al. (1993) an einem Datenmaterial aus Norddeutschland (Universität Kiel) hat die Gleichung von GRUBER et al. (1990) den geringsten Schätzfehler mit dem geringsten Bias aller untersuchten Modelle ergeben. Nach den Ergebnissen in Tabelle 2 arbeiten die Formeln von SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1985) und SCHWARZ et al. (1996) relativ genau. Dabei bestehen kaum systematische Abweichungen, sondern sind zu 83 bzw. 88 % durch Zufall bedingt. Die DLG-Schätzformel (1986) weist einen ziemlich hohen relativen Vorhersagefehler von 20 % auf, der darüber hinaus eine systematische Abweichung im Ausmaß von 46 % aufweist. Die Schätzfehler für die Gesamtfutteraufnahme liegen in einer ähnlichen Größenordnung. Neben der Formel von MENKE (1987) weisen die amerikanischen Schätzgleichungen von BROWN et al. (1977) und MERTENS (1994) mit 11 - 14 % die relativ höchste Vorhersagegenauigkeit der Gesamtfutteraufnahme auf, wobei kaum systematische Abweichungen auftreten (Anteil der zufallsbedingten Streuung 76 - 84 %). Trotz der anerkannten theoretischen Grundlage liegt das Fill Unit-System (INRA 1989) mit 16 % Vorhersagefehler nur im mittleren Bereich, wobei fast die Hälfte der Streuung auf systematische Abweichungen zurückzuführen ist. Die später publizierten amerikanischen Formeln (HOLTER et al. 1997, ROSELER et al. 1997), sowie NRC (1989) und VADIVELLO und HOLMES (1979) erwiesen sich für das vorliegende Datenmaterial als am wenigsten anwendbar. Die Beziehungen zwischen tatsächlicher und geschätzter Futteraufnahme von sechs Futteraufnahmeformeln sind in Abbildung 3 dargestellt.

Tabelle 2: Mittlere quadrierte (MSPE), absolute (APE, RMSPE) und relative Vorhersagefehler (RPE) von Futteraufnahme-Schätzformeln und Anteile von Bias (systematische Abweichung), Regression und Zufallsabweichung am MSPE (in %)

Varianz		Vorhersagefehler			Varianz bedingt durch ...		
		MSPE	APE	RPE	Bias	Regression	Zufall
Pallauf und Kirchgeßner 1977	GF	6,9	2,6	21,5	37,6	1,0	61,4
Lindner et al. 1981	GES	4,8	2,2	14,4	13,3	0,3	86,4
Schwarz und Kirchgeßner 1985	GF	3,8	2,0	16,0	16,6	0,3	83,1
Schwarz et al. 1996	GF	3,7	1,9	15,7	8,2	3,5	88,3
DLG 1986	GF	6,3	2,5	20,5	46,2	0,2	53,6
Menke 1984	GES	7,9	2,8	18,4	46,8	6,6	46,6
Menke 1987	GES	3,2	1,8	11,7	9,7	6,0	84,4
Lang 1995	GES	12,3	3,5	23,1	73,1	5,9	21,0
Gruber et al. 1990	GF	2,1	1,4	11,7	2,7	2,3	95,0
Gruber et al. 1990	GES	2,4	1,6	10,2	5,8	9,5	84,6
Jans und Kessler 1994	GF	9,5	3,1	25,2	59,2	1,4	39,4
Jans und Kessler 1994	GES	5,7	2,4	15,7	55,1	0,9	44,0
INRA 1989	GES	5,8	2,4	15,9	24,0	19,0	57,0
AFRC 1991	GF	12,1	3,5	28,9	79,1	0,3	20,6
Vadivello und Holmes 1979	GES	16,4	4,1	26,6	55,1	21,0	23,8
Brown et al. 1977	GES	2,9	1,7	11,3	18,1	6,3	75,7
NRC 1989	GES	19,5	4,4	29,0	75,8	5,6	18,6
Mertens 1994	GES	4,2	2,1	13,5	0,7	15,1	84,2
Holter et al. 1997	GES	8,2	2,9	18,8	73,6	0,3	26,1
Roseler et al. 1997	GES	8,7	2,9	19,3	50,6	11,5	37,9

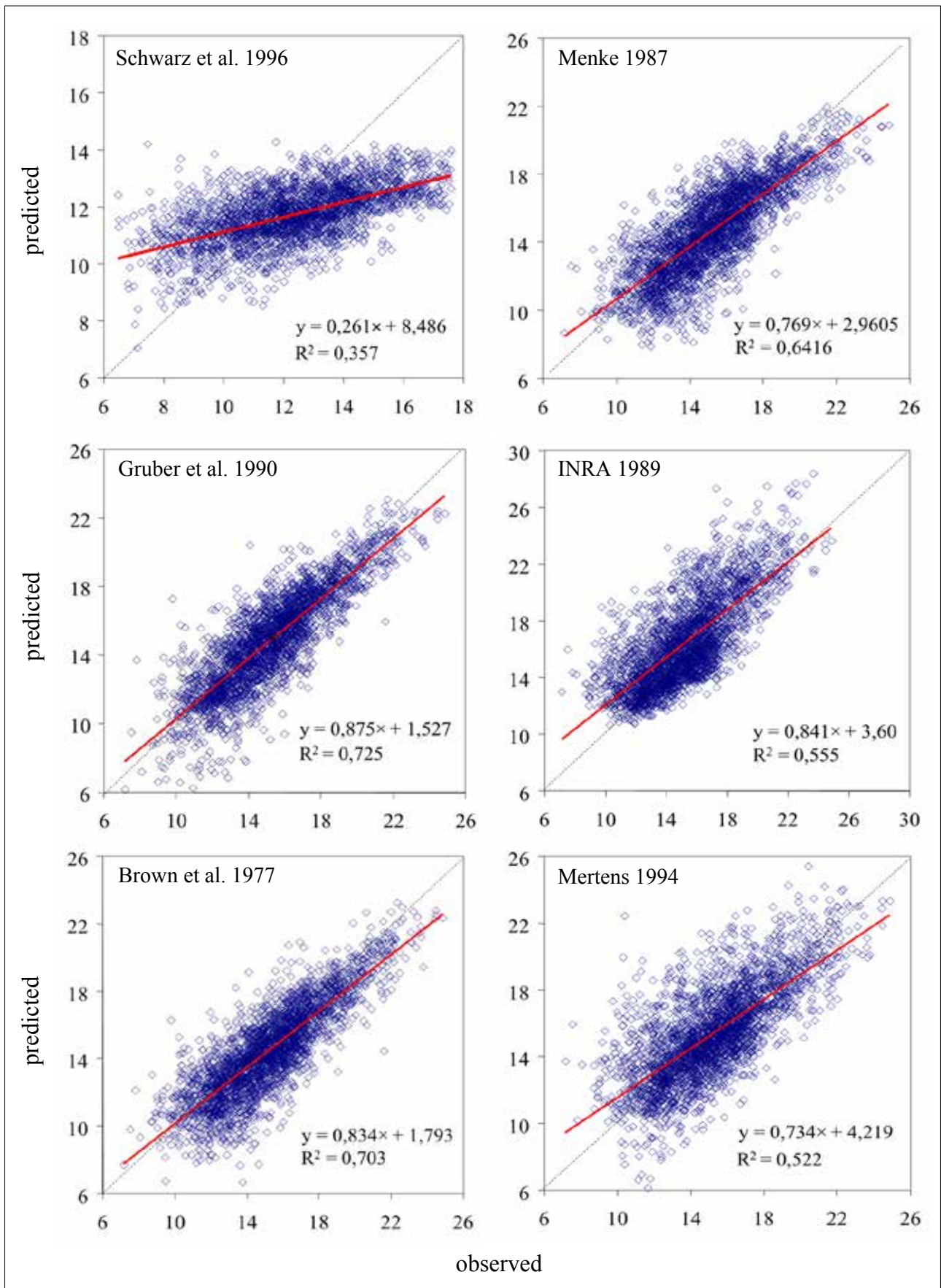


Abbildung 3: Beziehungen zwischen tatsächlicher Futteraufnahme (observed) und der durch verschiedene Formeln vorausgesagten Futteraufnahme (predicted)

Tabelle 3: Erforderliche tier- und futterspezifische Input-Parameter der fünf Futteraufnahme-Modelle sowie Charakteristik des Datenmaterials zur Ableitung des Futteraufnahme-Schätzmodells in den fünf Modellen der Evaluierung von JENSEN et al. (2015)

Modell	FA-Modell	NorFor-Modell	TDMI-Index	Wagenen-DCM	FA-Modell
Autoren	NRC (2001)	VOLDEN et al. (2011)	HUHTANEN et al. (2011)	ZOM et al. (2012a, b)	GRUBER et al. (2004)
Tierfaktoren	– – Lebendmasse FCM Laktationswoche	– – Lebendmasse ECM Laktationstag	– – Lebendmasse stand. ECM Laktationstag	– Laktationszahl – Laktationstag	Rasse Laktationszahl Lebendmasse Milch Laktationstag
Futterfaktoren (Grundfutter)	– – – – – – – –	Verdaulichkeit der OM NDF Stärke und Zucker Gesamtsäure (Silage) NH3-N – – Konstant – –	Verdaul. OM in TM NDF – Trockenmasse Gesamtsäure (Silage) 2. Aufwuchs Leguminosen Getreide-GPS KF-Menge SDMI-Index EPD, NDF, XF des KF	Verdaulichkeit der OM Rohfaser Rohprotein Trockenmasse – – – – XF des KF	NEL – – – – – – Laktationsabhängig – –
Futterfaktoren (Kraffutter)	– – – – – – – –	– – – – – – – –	– – – – – – – –	– – – – – – – –	– – – – – – – –
Datenmaterial für Modell					
Lebendmasse (kg)	598 ± 47 (507 - 745)	577 ± 59 (437 - 775)	599 ± 66 (443 - 802)	593 ± 74 (400 - 963)	633 ± 75 (398 - 999)
Milchleistung (kg)	26,8 ± 5,1 (17,5 - 38,1) ²⁾	29,9 ± 5,8 (15,1 - 48,9) ³⁾	30,4 ± 7,1 (8,4 - 52,8) ¹⁾	29,9 ± 7,3 (5,5 - 71,4) ¹⁾	24,3 ± 8,1 (2,2 - 60,6) ¹⁾
Laktationszahl	–	–	–	2,4 ± 1,6 (1 - 11)	2,7 ± 1,7 (1 - 12)
Laktationstag	96 ± 60 (11 - 258)	123 ± 65 (7 - 328)	114 ± 48 (30 - 286)	115 ± 82 (1 - 584)	138 ± 78 (2 - 459)
Futteraufnahme (kg TM)	19,6 ± 3,4 (11,2 - 25,4)	19,7 ± 3,4 (9,7 - 32,3)	20,6 ± 3,0 (10,8 - 29,3)	20,7 ± 3,1 (4,5 - 37,8)	18,5 ± 3,4 (6,2 - 31,6)
Kraffutteranteil (% der TM)	–	42 ± 10 (14 - 84)	46 ± 12 (12 - 81)	38 ± 11 (0 - 77)	28 ± 17 (0 - 80)

¹⁾ Milch, ²⁾ FCM, ³⁾ ECM

4. Beschreibung der in der Evaluierung von JENSEN et al. (2015) diskutierten Futteraufnahme-Modelle

In der Arbeit von JENSEN et al. (2015) werden fünf aktuelle Futteraufnahme-Modelle hinsichtlich ihrer Vorhersagegenauigkeit verglichen, die sich in ihrem Zugang zur Modellierung und in den Herkunftsländern unterscheiden, somit auch in der Datengrundlage (Unterschiede in den tier- und futterspezifischen Faktoren wie Rassen, Milchleistung, Grundfutter, Kraffutterniveau etc.). Wesentliche Aspekte und die erforderlichen Input-Variablen der fünf Futteraufnahme-Modelle sind nach JENSEN et al. (2015) in *Tabelle 3* angeführt. Weiters wird auch die Datenbasis beschrieben, mit der die fünf Futteraufnahme-Modelle jeweils entwickelt wurden. Nachfolgend werden die fünf Systeme kurz beschrieben, für eingehende Informationen wird auf die Originalarbeiten verwiesen.

4.1 Modell von NRC (2001)

Das Futteraufnahme-Modell von NRC (2001) ist das einfachste der von JENSEN et al. (2015) diskutierten Systeme. Es berücksichtigt nur Tier- und Produktionskriterien, nämlich Laktationsstadium (Laktationswoche), Milchleistung (FCM) und Lebendmasse (LM^{0,75}), jedoch keine futterspezifischen Input-Parameter wie z.B. Grundfutterqualität und Kraffutterniveau (*Tabelle 3*). Das NRC-Modell beruht auf den Daten von 17.087 Kuh-Wochen der Rasse Holstein (davon 35 % Erstlaktation) über einen Zeitraum von 10 Jahren (1988 - 1997). Die Kühe aus den ausgewählten Versuchen erhielten ein breites Spektrum an Futterrationen, mit bzw. ohne Behandlung mit bovinem Somatotropin (BST). Eine Unterscheidung in erst- und höherlaktierende Kühe erfolgt nicht, die Unterschiede in der Futteraufnahme auf Grund der Laktationszahl (d.h. Alter) wird laut NRC (2001) durch die Lebendmasse und Milchleistung hinreichend genau berücksichtigt.

4.2 Modell von NorFor (2011)

Das Futteraufnahme-Modell von NorFor (2011) ist Teil eines umfassenden, semi-mechanistischen Fütterungssystems für Rinder der nordischen Staaten Dänemark, Island, Norwegen und Schweden (The Nordic Feed Evaluation System, VOLDEN et al. 2011). Dieses System

besteht aus mehreren Abschnitten, nämlich (1) Input zur Beschreibung von Tier- und Futtercharakteristika, (2) Modul zur Simulation der Verdauungsprozesse und der Stoffwechselfvorgänge, sog. Futterrations-Rechner, (3) Modul zur Vorhersage der Futtermittelaufnahme, (4) Modul zur Bewertung der physikalischen Struktur der Ration und (5) Output zur Beschreibung der Nährstoffversorgung, Nährstoffbilanzen und der Leistungsresponse.

Das NorFor-Futtermittelaufnahme-Modell ist ein sog. Füllfaktor-System (ähnlich INRA 1989). Die Tiere weisen eine bestimmte Futtermittelaufnahme-Kapazität auf (IC, *Intake capacity*), die von der Lebendmasse (LM), der Milchleistung (ECM), dem Laktationsstadium (Laktationstage, DIM (*days in milk*)), der Rasse und der Laktationszahl (Erst- und höherlaktierende Kühe) bestimmt wird. Dem steht die Füllwirkung (FV, *Fill value*) der Futtermittel gegenüber. IC und FV werden in gleichen, frei gewählten Einheiten ausgedrückt. Der FV der Kraftfutter ist konstant. Dagegen ist der FV der Grundfutter variabel und hängt von der Verdaulichkeit (OMD) und dem NDF-Gehalt ab. Bei Silagen wird auch die Gärqualität berücksichtigt (Gehalt an Gärsäuren und Ammoniak-N). Weiters wird der FV des Grundfutters noch von der Menge und dem Gehalt der Ration an Stärke und Zucker beeinflusst, somit vom Kraftfutterniveau. Dies entscheidet auch über das Ausmaß der Verdrängung von Grundfutter durch Kraftfutter (SubR, *substitution rate*). Die Futtermittelaufnahme bei einer bestimmten IC entspricht der Summe der FV der einzelnen Futtermittel ($IC = FV$). Grundlage des Modells sind die Daten von 183 Mittelwerten von Versuchsgruppen aus 28 Fütterungsversuchen in Dänemark, Island, Norwegen und Schweden. In diesen Versuchen wurden Kühe der Rasse Danish Holstein (DH), Swedish Red (SR), Swedish Holstein (SH), Norwegian Red (NR) und die Island-Rasse (IB) gehalten.

4.3 Total Dry Matter Intake Index-Modell (TDMI-Index) von HUHTANEN et al. (2011)

Das TDMI-Index-System von HUHTANEN et al. (2011) ist ein empirisches Regressionsmodell und die Kombination des Silage-DMI-Index (SDMI-Index; HUHTANEN et al. 2007) und des Concentrate-DMI-Index (CDMI-Index; HUHTANEN et al. 2008). Der SDMI-Index berücksichtigt den Gehalt an verdaulicher organischer Masse (D-value, d.h. DOMD = verdauliche organische Masse in TM), den Gehalt an Gärsäuren, den Gehalt an NDF, den Gehalt an Trockenmasse (TM) sowie weitere Faktoren (Anteil Folgeaufwuchs, Anteil Leguminosen, Anteil Getreide-Ganzpflanzen) in ihrem Einfluss auf die Silageaufnahme (in TM). In gleicher Weise beschreibt der CDMI-Index den Einfluss der Kraftfuttermenge (KF), der Proteinmenge aus KF, der Proteinabbaubarkeit des KF, des NDF-Gehaltes und Fett-Gehaltes des KF in ihrem Einfluss auf die Silageaufnahme (in TM). Die Berechnung des CDMI-Index hängt auch vom SDMI-Index ab. Dies kann als eine Wechselwirkung zwischen Grundfutterqualität und Kraftfuttermittelaufnahme interpretiert werden. Die Grundfutter-Verdrängung durch KF hängt ab von der Kraftfuttermenge und der Qualität des Grundfutters (ausgedrückt als SDMI-Index). Eine steigende Kraftfuttermittelaufnahme führt zu einem nicht-linearen, progressiven Rückgang der Grundfuttermittelaufnahme. Auf diese Zusammen-

hänge zwischen Grundfutterqualität und Kraftfuttermenge haben bereits MENKE (1987) und FAVERDIN et al. (1991) hingewiesen. Neben dem Einfluss des Kraftfutters auf die Säurelast im Pansen (KAUFMANN 1976, VAN HOUTERT 1993, ZEBELI et al. 2012) ist ein weiterer Grund für die Grundfutter-Verdrängung in der durch Kraftfutter erhöhten Energiebilanz zu sehen, durch welche die Futtermittelaufnahme ursächlich gesteuert wird (WANGSNESS und MULLER 1981, FAVERDIN et al. 1991, ILLIUS und JESSOP 1996, GRUBER et al. 2001).

Der TDMI-Index errechnet sich aus SDMI-Index + CDMI-Index – 100. Eine Einheit des SDMI-, CDMI- und TDMI-Index entspricht einer Menge von 0,10 kg TM-Aufnahme pro Tag. Zusätzlich zum TDMI-Index wird die Futtermittelaufnahme von Tier- und Produktionsfaktoren bestimmt (standardisierte ECM-Leistung (sECM), LM, DIM).

Die sECM wurde anstelle der aktuellen ECM (aECM) im Modell herangezogen, da die aECM nicht nur eine Funktion des genetischen Milchleistungspotenzials darstellt, sondern auch vom Laktationsstadium, der Futterration und vom Management beeinflusst wird, das genetische Potenzial folglich von Umweltfaktoren überlagert ist. Darüber hinaus ist die aECM zum Zeitpunkt der Schätzung der Futtermittelaufnahme häufig nicht bekannt. Die sECM errechnet sich aus den Faktoren aECM, TDMI-Index, metabolisierbares Protein (MP) und DIM (HUHTANEN et al. 2011). Die sECM sollte nicht als maximales Milchleistungspotenzial einer Kuh betrachtet werden, sondern als die Milchleistung bei einem festgelegten Laktationsstadium (150 DIM) sowie bei einer standardisierten Fütterung (Protein, Futtermittelaufnahme).

Die experimentelle Grundlage zur Ableitung des multiplen Regressionsmodells beruht auf den individuellen Ergebnissen (d.h. Einzeltiere) aus 14 Fütterungsversuchen in Finnland (n = 1.554). In diesen Versuchen wurden die zwei wichtigsten Rassen in Finnland gehalten (Finnish Ayrshire und Holstein Friesian) und 106 verschiedene Grundfütterationen (Vegetationsstadium, Aufwuchs, Getreide-Ganzpflanzensilage, Leguminosen etc.) geprüft.

4.4 Wageningen UR Dairy cow-Modell (Wageningen-DCM) von ZOM et al. (2012)

Das Wageningen-DCM-Modell von ZOM et al. (2012a, b) ist ebenfalls ein sog. Füllfaktor-System (wie INRA 1989 und NorFor 2011), bestehend aus der Futtermittelaufnahme-Kapazität der Kühe (FIC, *Feed intake capacity*), dem der Sättigungswert (SV, *Satiety value*) der einzelnen Futtermittel gegenüber steht. Die Futtermittelaufnahme (DMI) errechnet sich ebenfalls aus dem Quotienten $DMI = FIC / SV$. Im Gegensatz zu INRA (1989) und NorFor (2011) werden allerdings zur Abschätzung der Futtermittelaufnahme-Kapazität FIC die Lebendmasse (LM) und Milchleistung nicht herangezogen, sondern nur die Laktationszahl, das Laktationsstadium (DIM) und das Trächtigkeitsstadium (Tage der Trächtigkeit). Diese werden als Indikatoren für die Größe und das physiologische Stadium der Kuh angesehen. Auf die Verwendung von Lebendmasse und Milchleistung wurde verzichtet, um das Modell auch zur Vorhersage der Leistung verwenden zu können. Die FIC steigt mit der Zahl der Laktationen und im Laktationsverlauf an, wie auch im Futtermittelaufnahme-

Schätzmodell von GRUBER et al. (2004) ermittelt wurde. Die Sättigungswerte (SV) werden für die einzelnen Futtermittel (Grassilage, Grünfütter, Luzerne- und Rotklee-Silage, Maissilage, Getreideganzpflanzen-Silage, Kraftfutter) getrennt mit eigenen Gleichungen über Futterwertparameter errechnet, die üblicherweise auf Betrieben vorliegen (Gehalt an Trockenmasse, Rohprotein, Rohfaser, Verdaulichkeit *in vitro*). Auch Kraftfutter hat einen Sättigungswert, der von dessen Rohfaser-Gehalt abhängt. Die Verdrängung des Grundfutters durch KF ist konstant, d.h. unabhängig von der Kraftfuttermenge bzw. der Grundfutterqualität.

Die Daten zur Entwicklung des Modells stammen aus 32 Fütterungsversuchen auf 9 Versuchstationen in Holland, mit 1.507 einzelnen hochleistenden Kühen der Rasse Holstein mit vorwiegend hohem Kraftfutterniveau, bestehend aus 38.515 Wochenmittelwerten.

4.5 Futterraufnahme-Schätzmodell (FA-Modell) von GRUBER et al. (2004)

Das Futterraufnahme-Schätzmodell von GRUBER et al. (2004) ist ein empirisches Modell, welches fixe Effekte (Rasse, Laktationszahl) und das Laktationsstadium sowie tierbedingte Faktoren (Lebendmasse [LM], Milchleistung [Milch]) und fütterbedingte Faktoren (Kraftfutter [KF], NEL-Gehalt des GF [NEL_{GF}]) als Regressionsvariable berücksichtigt. Abweichend von anderen Futterraufnahme-Modellen sind die Regressionskoeffizienten für LM, Milch, KF und NEL_{GF} nicht konstant, sondern abhängig vom Laktationsstadium. Auf diese Weise wird den unterschiedlichen physiologischen Stadien der Kuh im Laufe der Laktation Rechnung getragen (KORVER 1982).

Die Datenbasis zur Ableitung des FA-Modells besteht aus 25.482 Zweiwochen-Mittelwerten von 2.264 verschiedenen Kühen der Rassen Fleckvieh, Brown Swiss und Holstein. Diese Daten stammen aus 77 Fütterungsversuchen in Österreich, Deutschland und der Schweiz. Das Datenmaterial ist durch eine sehr große Streuung in den wesentlichen tier- und futterspezifischen Kriterien gekennzeichnet (398 - 999 kg LM, 2 - 61 kg Milch, 0 - 80 % Kraftfutter, 4,1 - 7,4 MJ NEL_{GF} , 4 - 31 kg TM Grundfutter, 6 - 32 kg TM Gesamtfutter, -105 - 96 MJ NEL Energiebilanz). Das FA-Modell wurde von der DLG zur Anwendung empfohlen (DLG 2006) und wird auch in Österreich in mehreren Fütterungsprogrammen zu Schätzung der Futterraufnahme herangezogen (z.B. SUPERRATION 2004, ONLINE-Rationsprogram 2014) bzw. zur Anwendung empfohlen (TIEFENTHALLER 2015).

Die drei skandinavischen Datensätze (NorFor 2011, TDMI-Index 2011, Wageningen-DCM 2012) sind in ihren tier- und futterspezifischen Parametern sehr ähnlich, sogar in den Streuungsmaßen der Kriterien (durchschnittlich 580

- 600 kg Lebendmasse 29,9 - 30,4 kg Milch, 19,7 - 20,7 kg TM Futterraufnahme, 38 - 46 % Kraftfutter). Auch von einer ähnlichen, und zwar überdurchschnittlichen, Grundfutterqualität kann ausgegangen werden. Demgegenüber ist die Milchleistung mit 26,8 kg des Datenmaterials NRC (2001) etwas niedriger, bei gleich hoher Futterraufnahme (19,6 kg TM). In allen dieser vier Modelle wurde die Rasse Holstein bzw. andere milchbetonte Rassen (Ayrshire etc.) verwendet. Gras- und Maissilage waren die wesentlichen Grundfutterkomponenten. In der Auswertung von GRUBER et al. (2004) wurden die Daten von 10 Universitäts- und Forschungsinstituten von Deutschland, Österreich und Schweiz herangezogen, was eine sehr große Streuung in den tier- und futterspezifischen Parametern ergab. Dies betrifft einerseits die Rassen (Fleckvieh, Brown Swiss, Holstein) und andererseits die Zusammensetzung der Grundfütterationen (neben Grassilage und Maissilage auch Wiesenheu sowie Grünfütter in der Sommerfütterung) sowie auch das Kraftfutterniveau (28 %). Besonders in den Versuchen von Gumpenstein wurden die Tiere zum Teil auch ohne Kraftfutter gefüttert und auch Grundfutter sehr unterschiedlicher Qualität (von niedrig bis hoch) eingesetzt. Diese Aspekte erklären die niedrigere Milchleistung dieses Datenmaterials (24,3 kg Milch) (Tabelle 3).

5. Evaluierung von Modellen zur Futterraufnahme-Schätzung durch JENSEN et al. (2015)

In Tabelle 4 sind die wesentlichen Kennzahlen der Daten beschrieben, an denen die fünf Futterraufnahme-Modelle getestet wurden. Es handelt sich um Datenmaterial aus 12 skandinavischen Fütterungsversuchen mit TMR als Futtergrundlage (84 Versuchsgruppen-Mittelwerte, 917 verschiedene Kühe diverser Milchrasen (Holstein, Jersey, Danish Red, Swedish Red) sowie unterschiedlicher Laktationszahlen und Laktationsstadien. Die Grundfütterationen bestanden aus Grassilage, Klee-Gras-Silage, Maissilage, Luzernesilage, Getreide-Ganzpflanzensilage und zum geringen Teil aus etwas Heu, also vorwiegend aus Silage. Hinsichtlich der tier- und futterspezifischen Parameter sind die Daten sehr ähnlich dem skandinavischen Datenmaterial aus der Entwicklung der Futterraufnahme-Modelle (NorFor 2011, TDMI-Index 2011, Wageningen-DCM 2012), während sie sich vom Datenmaterial des FA-Modells von GRUBER et al. (2004) aus mitteleuropäischen und alpinen Produktionsbedingungen bezüglich der Rassen, der Grundfuttersituation und des Kraftfutteranteils doch einigermaßen unterscheiden (Tabelle 4).

Die Evaluierung der fünf Futterraufnahme-Modelle ist in den Tabellen 5 und 6 sowie in Abbildung 4 dargestellt (nach JENSEN et al. 2015). In Tabelle 5 finden sich die Ergebnisse

Tabelle 4: Charakteristik des Datenmaterials zur Bewertung der fünf Futterraufnahme-Modelle in der Evaluierung von JENSEN et al. (2015)

Futterraufnahme (kg TM)				Milchleistung (kg ECM)				Laktationstage (DIM)			
Mittel	± s	Min	Max	Mittel	± s	Min	Max	Mittel	± s	Min	Max
20,3	2,5	12,7	25,1	31,1	5,8	20,7	50,4	122	67	25	275
GF-Anteil (%)		Verd. OM _{GF} (%)		XP _{GES} (g/kg TM)		XF _{GES} (g/kg TM)		NDF _{GES} (g/kg TM)		Verd. OM _{GES} (%)	
Mittel	± s	Mittel	± s	Mittel	± s	Mittel	± s	Mittel	± s	Mittel	± s
58	8,4	74	4,8	160	18,1	158	72	338	20	75	2,2

ohne Berücksichtigung des Effektes ‘Versuch‘ im Evaluierungs-Datenmaterial, in *Tabelle 6* mit Berücksichtigung dieses Effektes. Die Berücksichtigung des Versuchs-Effektes ermöglicht die Schätzung der Vorhersage-Genauigkeit der Futtermittelaufnahme-Modelle innerhalb der Versuche (HUHTANEN et al. 2011, JENSEN et al. 2015). Die Evaluierung der Futtermittelaufnahme-Modelle erfolgte in vier Schritten (JENSEN et al. 2015).

5.1 Vergleich der Differenz zwischen beobachteter und vorausgesagter Futtermittelaufnahme (predicted – observed)

Die einfachste Bewertung erfolgt mit dem Vergleich der Mittelwerte von vorausgesagter und beobachteter Futtermittelaufnahme (sog. *Bias*, d.h. systematische Abweichung, *predicted minus observed*). Das Wageningen-DCM-Modell (ZOM et al. 2012a, b) und NRC (2001) weisen mit +1,6 und +1,4 kg TM die höchste positive systematische Abweichung auf (d.h. Überschätzung der Futtermittelaufnahme). Auch der Bias von NorFor (2011) mit +0,4 kg TM ist relativ hoch. Dagegen ist der Bias des TDMI-Index (HUHTANEN et al. 2011) und des FA-Modells von GRUBER et al. (2004) mit -0,1 bzw. +0,2 kg TM recht niedrig bzw. zu vernachlässigen. Der Bias sagt allerdings nichts aus über das Ausmaß und die Verteilung der Abweichungen. Dies erfolgt mit dem sog. mittleren Vorhersage-Fehler (*Mean square prediction error*, MSPE) bzw. dessen Wurzel (*Root mean square prediction error*, RMSPE, in kg TM).

5.2 Beurteilung der Vorhersage-Genauigkeit mit dem MSPE und RMSPE

Die Futtermittelaufnahme-Modelle Wageningen-DCM (ZOM et al. 2012a, b) und NRC (2001) weisen nicht nur einen hohen systematischen Bias zwischen vorausgesagter und beobachteter Futtermittelaufnahme auf, sondern auch die höchste durchschnittliche Streuung der Differenz zwischen vorausgesagter und beobachteter Futtermittelaufnahme (MSPE, RMSPE). Der RMSPE von Wageningen-DCM (2012) und NRC (2001) beträgt 3,16 bzw. 1,80 kg TM, d.h. bei Anwendung dieser Futtermittelaufnahme-Modelle ist im Durchschnitt mit einem Fehler der Vorhersage in dieser Größenordnung zu rechnen. Dieser Vorhersage-Fehler beträgt bei NorFor (2011) und TDMI-Index (2011) 1,52 bzw. 1,71 kg TM. Den geringsten Vorhersage-Fehler weist das FA-Modell von GRUBER et al. (2004) mit 1,17 kg TM auf. Dies ist ein niedrigerer Schätzfehler als bei der Ableitung des FA-Modells selbst (1,3 bis 1,5 kg TM). Der Grund liegt darin, dass es sich bei der vorliegenden Evaluierungsdatei von JENSEN et al. (2015) um Gruppen-Mittelwerte handelt, während bei der Erarbeitung des FA-Modells von GRUBER et al. (2004) von individuellen Einzelkühen ausgegangen wurde, was natürlich zu einer höheren Streuung führt.

5.3 Aufteilung des MSPE in Bias, Regression und Zufall nach BIBBY und TOUTENBURG (1977)

Entscheidend für die Bewertung ist nun, durch welche Komponenten der Vorhersagefehler (MSPE) verursacht wird. BIBBY und TOUTENBURG (1977) unterscheiden

Tabelle 5: Statistische Bewertung der Genauigkeit von fünf Futtermittelaufnahme-Modellen in der Vorhersage der Futtermittelaufnahme, gemessen an den Gruppen-Mittelwerten von 12 Fütterungsversuchen mit TMR in Skandinavien (JENSEN et al. 2015)

FA-Modell	Autoren	n	Futtermittelaufnahme (kg TM)		Vorhersagefehler		Varianz (%) bedingt durch ...			Regression obs. – pre.		
			Predicted	Observed	Differenz	MSPE	RMSPE	Bias	Regression	Zufall	Intercept	Slope
NRC	NRC 2001	94	21,7	20,3	1,4	3,20	1,80	64,7	4,1	31,2	-1,44***	-0,14***
NorFor	Volden et al. 2011	48	21,7	21,3	0,4	2,32	1,52	6,1	37,6	56,3	-0,38*	-0,37***
TDMI-Index	Huhtanen et al. 2011	94	20,2	20,3	-0,1	2,91	1,71	0,3	22,4	77,3	0,10	-0,29***
Wageningen-DCM	Zom et al. 2012a, b	94	21,9	20,3	1,6	9,97	3,16	26,3	27,9	45,8	-1,62***	-0,56***
FA-Modell	Gruber et al. 2004	94	20,5	20,3	0,2	1,37	1,17	3,7	2,9	93,4	-0,23	-0,08

Tabelle 6: Statistische Bewertung der Genauigkeit von fünf Futtermittelaufnahme-Modellen in der Vorhersage der Futtermittelaufnahme, gemessen an den Gruppen-Mittelwerten innerhalb von 12 Fütterungsversuchen mit TMR in Skandinavien (JENSEN et al. 2015)

FA-Modell	Autoren	n	Futtermittelaufnahme (kg TM)		Vorhersagefehler		Varianz (%) bedingt durch ...			Regression obs. – pre.			
			Predicted	Observed	Differenz	MSPE	RMSPE	Bias	Regression	Zufall	Intercept	Slope	
NRC	NRC 2001	94	21,7	20,3	1,4	3,20	1,80	54,8	20,9	3,7	20,6	-1,33***	-0,10*
NorFor	Volden et al. 2011	48	21,7	21,3	0,4	2,32	1,52	10,8	31,9	37,1	20,2	-0,50	-0,32***
TDMI-Index	Huhtanen et al. 2011	94	20,2	20,3	-0,1	2,91	1,71	0,3	22,0	21,7	56,0	0,12	-0,34***
Wageningen-DCM	Zom et al. 2012a, b	94	21,9	20,3	1,6	9,97	3,16	21,8	33,7	25,9	18,6	-1,47*	-0,41***
FA-Modell	Gruber et al. 2004	94	20,5	20,3	0,2	1,37	1,17	4,4	19,1	2,2	74,3	-0,24	-0,11*

Bias, Regression und Zufall als Ursache. Wie oben angeführt, errechnet sich der Bias aus der Differenz ‘predicted minus observed’. Der regressionsbedingte Fehler gibt die Abweichung des Regressionskoeffizienten (*Slope*) ‘predicted – observed’ von 0 an. Ein *Slope* von 0 würde bedeuten, dass die geschätzten Werte den beobachteten Werten über den gesamten Futteraufnahmebereich entsprechen. Ein *Slope* von <0 weist eine Unterschätzung der Futteraufnahme bei niedrigen Futteraufnahmen aus und eine Überschätzung bei hohen Futteraufnahmen. Dagegen zeigt ein *Slope* von >0 eine Überschätzung bei niedrigen Futteraufnahmen und eine Unterschätzung bei hohen Futteraufnahmen. Als dritte Streuungs-Komponente ist der Zufall (sog. Fehler, *random error*) zu nennen. Durch Bias und Regression bedingte Abweichungen sind unerwünscht und weisen auf systematische, grundsätzliche Fehler bei der Schätzung hin. Durch Zufall bedingte Fehler können allerdings nicht korrigiert werden. Dennoch sollte der Anteil des Zufallsfehlers am MSPE möglichst hoch sein, weil in diesem Fall die Schätzungen von systematischen Abweichungen möglichst frei sind (BIBBY und TOUTENBURG 1977).

Die Abweichungen in der Schätzung der Futteraufnahme durch das FA-Modell von GRUBER et al. (2004) sind zum allergrößten Teil (93,4 %) zufallsbedingt und nahezu frei von systematischen Abweichungen bedingt durch Bias (3,7 %) bzw. Regression (2,9 %) (*Tabelle 5*). Relativ günstig in der Aufteilung des Fehlers schneidet auch der TDMI-Index von HUHTANEN et al. (2011) ab, mit 77,3 % Zufall sowie 0,3 % Bias und 22,4 % Regression, allerdings bei einem höheren Gesamtfehler (1,71 vs. 1,17 kg TM). Bei den anderen Futteraufnahme-Modellen nimmt der Anteil des Zufalls am Gesamtfehler ab und der Anteil der durch Bias oder Regression bedingten Abweichungen zu (*Tabelle 5*).

Wenn in der Auswertung der Effekt des Versuches zusätzlich zu Bias, Regression und Zufall berücksichtigt wird, kann dies als Schätzung der Vorhersage-Genauigkeit innerhalb der Versuche interpretiert werden (HUHTANEN et al. 2011, JENSEN et al. 2015). Dies ändert nicht den Anteil an der Streuung, der in den einzelnen Futteraufnahme-Modellen durch Regression bedingt ist, und nur wenig am Anteil der Streuung, der durch Bias verursacht ist. Dagegen nimmt der Anteil des zufallsbedingten Schätzfehlers deutlich ab, weil ein gewisser Anteil der Streuung durch den systematischen Effekt des Versuches erklärt wird. Auch entsprechend dieser Auswertung ergibt sich die gleiche Rangfolge der Futteraufnahme-Modelle. Beim FA-Modell von GRUBER et al. (2004) ist der Anteil des Zufalls mit 74 % am höchsten, gefolgt von HUHTANEN et al. (2011) mit 56 % (*Tabelle 6*). Dies bedeutet, dass dieses Modell die Futteraufnahme der Kühe auch innerhalb der Versuche am besten voraussagen kann.

5.4 Darstellung der Vorhersage-Genauigkeit über die Regression ‘observed – predicted’ nach ST-PIERRE (2003)

Eine sehr anschauliche und fachlich fundierte Darstellung der Vorhersage-Genauigkeit von Schätzmodellen bietet schließlich die Regression ‘observed – predicted’, also die Gegenüberstellung von beobachteten und durch die Modelle vorausgesagten Futteraufnahme-Daten. In vielen

Arbeiten wurden diese Daten in Originalwerten dargestellt, wobei Observed auf der x-Achse und Predicted auf der y-Achse aufgetragen wird. ST-PIERRE (2003) hat allerdings vorgeschlagen, anstatt der Observed-Werte auf der x-Achse die um den Mittelwert zentrierten Voraussage-Werte (Schätzwerte minus Mittelwert der Schätzwerte) und auf der y-Achse die Differenz von beobachteten und vorausgesagten Werten darzustellen (observed minus predicted, d.h. die Residuen). Dies macht den Regressionskoeffizienten (*Slope*) und das Intercept (a, Schnittpunkt mit der y-Achse) in der Regression unabhängig und damit orthogonal. Der durchschnittliche Bias wird durch das Intercept dargestellt und der *Slope* stellt die durch Regression bedingten linearen Abweichungen dar.

Die entsprechenden Ergebnisse sind graphisch in *Abbildung 4* dargestellt, die Werte für Intercept (Bias) und *Slope* (Regression) finden sich in *Tabelle 5* und *6*. Die Darstellungen und statistischen Parameter (Intercept und *Slope*) bestätigen die in den vorigen Abschnitten gemachten Aussagen. Die Futteraufnahme-Modelle von NRC (2001) und Wageningen-DCM (ZOM et al. 2012a, b) führen zu einer systematischen Überschätzung der Futteraufnahme (Bias, d.h. *Predicted minus Observed*) von 1,4 bzw. 1,6 kg TM. Eine leichte Überschätzung von 0,4 kg TM ist auch bei NorFor (2011) gegeben. Demgegenüber ist der Bias des FA-Modells von GRUBER et al. (2004) und des TDMI-Index von HUHTANEN et al. (2011) mit 0,2 bzw. -0,1 kg TM sehr gering und auch nicht signifikant. Dieser Bias entspricht dem Intercept der Regression ‘observed – predicted’ in *Tabelle 5* vollständig, allerdings mit umgekehrten Vorzeichen (da der Bias aus Predicted minus Observed gerechnet wird). Die Berücksichtigung des Versuchseffektes auf die Aufteilung der Fehlerursachen (siehe oben) hat einen nur sehr geringen Einfluss auf die Größe des Bias (*Tabelle 6*). Alle Futteraufnahme-Modelle außer GRUBER et al. (2004) weisen eine signifikante, durch Regression bedingte systematische Unterschätzung bei niedrigen und Überschätzung bei hohen Futteraufnahmen auf (schwarze Regressionsgerade in *Abbildung 4*, siehe *Slope* in *Tabelle 5*). Die Berücksichtigung des Versuchseffektes hat bei GRUBER et al. (2004) zur geringsten Veränderung der Regression zwischen Observed und Predicted geführt (JENSEN et al. 2015, siehe graue Regressionsgerade in *Abbildung 4*).

Der Anteil der zufallsbedingten, nicht-systematischen Abweichung ist im FA-Modell von GRUBER et al. (2004) somit am höchsten und der Anteil der systematischen Abweichung bedingt durch Bias sowie Regression am niedrigsten. Dieses Modell zeichnet sich insgesamt durch den geringsten absoluten Schätzfehler in der Höhe von 1,17 kg TM aus.

6. Schlussfolgerungen

Die Futteraufnahme ist der entscheidende Einflussfaktor auf die Höhe der Milchleistung. Die genaue Abschätzung der Futteraufnahme ist Voraussetzung für eine physiologisch und ökonomisch optimale Rationsgestaltung für Milchkühe. Die Regulation der Futteraufnahme erfolgt durch vielfältige und komplexe Mechanismen, die sich auf das Futter und die Tiere beziehen und nur zum Teil bekannt sind (MERTENS 1994). Die exakte Voraussage der Futteraufnahme wird weiters dadurch erschwert, dass tier- und futterbedingte

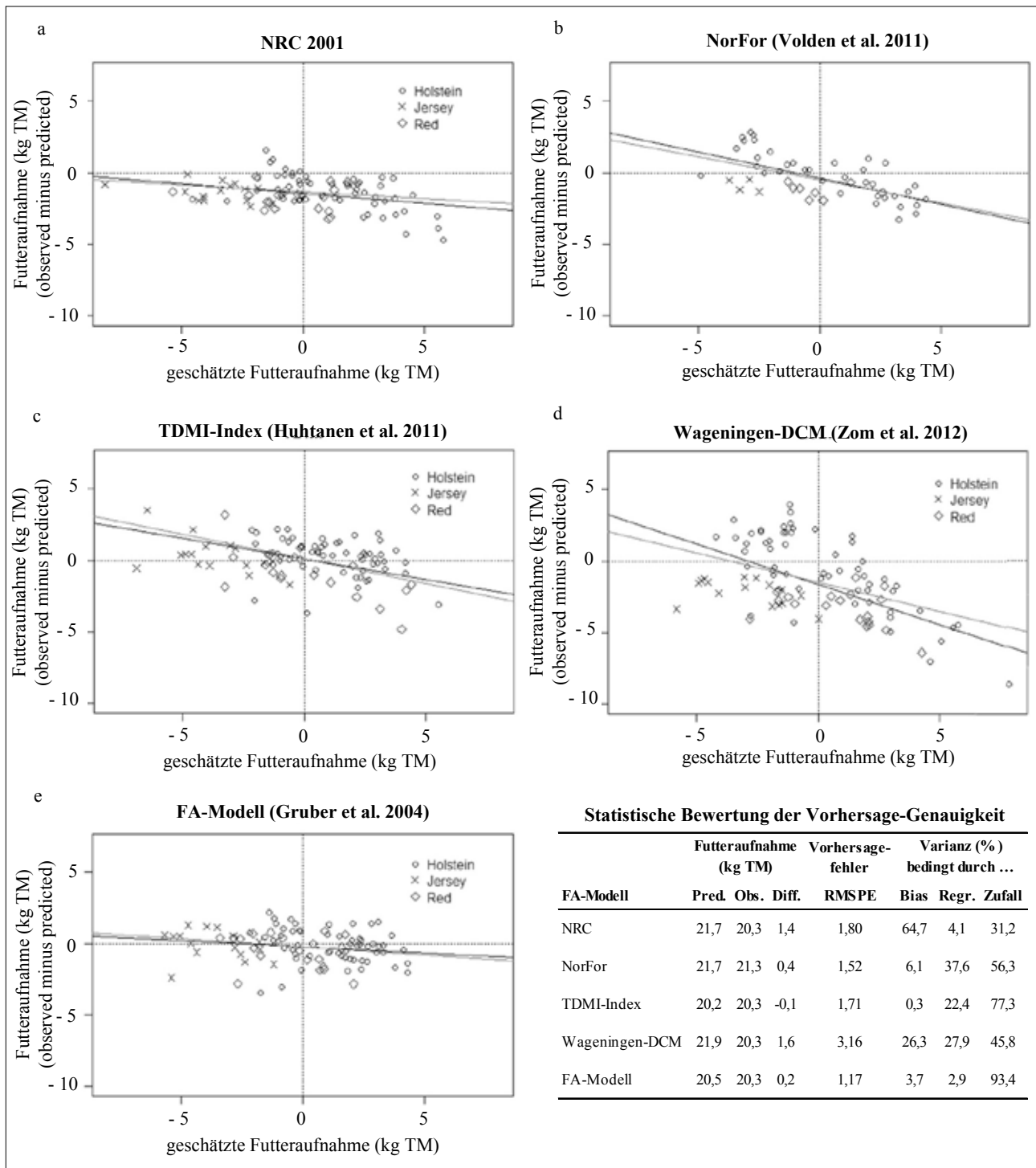


Abbildung 4: Beziehungen zwischen tatsächlicher Futteraufnahme (observed minus predicted) und der durch verschiedene Futteraufnahme-Modelle geschätzten Futteraufnahme (predicted) in der Evaluierung von JENSEN et al. (2015)

Einflussfaktoren mit einander in Wechselwirkung stehen (HUHTANEN et al. 2011). Alle der fünf in Abschnitt 4 und 5 diskutierten Futteraufnahme-Modelle enthalten in ihren Originalarbeiten Validierungen, die eine zufriedenstellende Genauigkeit und Robustheit ausdrücken. Dagegen stellt die Arbeit von JENSEN et al. (2015) eine tatsächlich unabhängige Evaluierung dar, die mit dem zur Ableitung der Futteraufnahme-Modelle verwendeten Datenmaterial (besonders Rassen, Milchleistung, Zusammensetzung und Qualität des Grundfutters, Kraftfutterniveau) nichts zu tun

hat (mit Ausnahme von NorFor 2011). In dieser Evaluierung hat sich das Futteraufnahme-Modell von GRUBER et al. (2004) als das System herausgestellt, das den geringsten Vorhersagefehler (MSPE von 1,17 kg TM) aufweist, wobei dieser Fehler gegenüber anderen Modellen nahezu frei von den systematisch bedingten Einflüssen Bias und Regression ist und zu 93 % durch Zufall bedingt. Auch bei weiteren Vergleichen hat sich dieses Modell als relativ genau erwiesen. HORN et al. (2013) haben die tatsächliche Futteraufnahme aus ihren Versuchen mit der durch das FA-Modell von

GRUBER et al. (2004) vorausgesagten Futteraufnahme verglichen und eine sehr gute Übereinstimmung gefunden (17,7 vs. 17,7 kg TM bei Brown Swiss sowie 17,2 vs. 16,8 kg TM bei HF (Lebensleistung)). Die Begründung für das Ergebnis der vorliegenden Evaluierung durch JENSEN et al. (2015) liegt einerseits im sehr umfangreichen Datenmaterial mit entsprechender Streuung der wesentlichen tier- und futterspezifischen Parameter und andererseits in der Wahl eines geeigneten statistischen Modells zur Erarbeitung des Futteraufnahme-Systems.

7. Literatur

- AFRC (Agricultural and Food Research Council), 1991: Technical Committee on Responses to Nutrients. Report No.8, Voluntary intake of cattle. Nutrition Abstracts and Reviews Series B 61, No. 11, 815-823.
- ALLEN, M.S., 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 74, 3063-3075.
- BIBBY, J. und H. TOUTENBURG, 1977: Prediction and improvement of estimation in linear models. John Wiley and Sons, London, UK, 186 S.
- 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.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1986: Grundfutteraufnahme und Grundfuttermitteldrängung bei Milchkühen. DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung, DLG-Information 2/86, 8 S.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 2006: Schätzung der Futteraufnahme bei der Milchkuh. DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung sowie Bundesarbeitskreis der Fütterungsreferenten in der DLG (Herausgeber), L. Gruber, M. Pries, F.J. Schwarz, H. Spiekers und W. Staudacher (Bearbeiter). DLG-Information 1/2006, 29 S.
- FAVERDIN, P., J.P. DULPHY, J.B. COULON, R. VERITE, L.P. GAREL, L. ROUEL und B. MARQUIS, 1991: Substitution of roughage by concentrates for dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 27, 137-156.
- FORBES, J.M., 1995: Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. CABI, UK, 532 S.
- FORBES, J.M., 1996: Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. *J. Anim. Sci.* 74, 3029-3035.
- GRUBER, L., K. KRIMBERGER, R. STEINWENDER und A. SCHAUER, 1990: Forage intake of dairy cows depending on physiological and nutritional factors. International Symposium „New systems of energy and nitrogen evaluation for ruminants“, Prague, Czechoslovakia, 6 - 7 June 1990, 155-165.
- GRUBER, L., T. GUGGENBERGER, A. STEINWIDDER, J. HÄUSLER, A. SCHAUER, R. STEINWENDER, B. STEINER, 2001: Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen auf Basis der Fütterungsversuche der BAL Gumpenstein. Bericht 28. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, 2.-3. Mai 2001, 11-36.
- 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.
- HOLTER, J.B., J.W. WEST und M.L. MCGILLIARD, 1997: Predicting *ad libitum* dry matter intake and yield of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80, 2188-2199.
- HORN, M., A. STEINWIDDER, J. GASTEINER, L. PODSTATZKY, A. HAIGER und W. ZOLLITSCH, 2013: Suitability of different dairy cow types for an Alpine organic and low-input milk production system. *Livest. Sci.* 153, 135-146.
- HUHTANEN, P., M. RINNE und J. NOUSIAINEN, 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *Animal* 1, 758-770.
- HUHTANEN, P., M. RINNE und J. NOUSIAINEN, 2008. Evaluation of concentrate factors affecting silage intake of dairy cows: a development of the relative total diet intake index. *Animal* 2, 942-953.
- HUHTANEN, P., M. RINNE, P. MÄNTYSAARI und J. NOUSIAINEN, 2011. Integration of the effects of animal and dietary factors on total dry matter intake of dairy cows fed silage-based diets. *Animal* 5, 691-702.
- ILLIUS, A.W. und N.S. JESSOP, 1996. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. *J. Anim. Sci.* 74, 3052-3062.
- INGVARTSEN, K.L., 1994. Models of voluntary food intake in cattle. *Livest. Prod. Sci.* 39, 19-38.
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), 1989: Ruminant Nutrition, Recommended Allowances and Feed Tables (Feed intake: the Fill Unit systems, Dairy cows, Measurement of the nutritive value of feeds, Tables of feeds used in France), 389 S.
- JANS, F. und J. KESSLER, 1994: In: Fütterungsempfehlungen für die Milchkuh – Schätzung des Futtermittelfressens. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer, Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion, Posieux (Schweiz) (Hrsg.), 100-104.
- JENSEN, L.M., N.I. NIELSEN, E. NADEAU, B. MARKUSSEN und P. NØRGAARD, 2015: Evaluation of five models predicting feed intake by dairy cows fed total mixed rations. *Livest. Sci.* 176, 91-103.
- KAUFMANN, W., 1976: Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH-regulation in the rumen and on feed intake in ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 3, 103-114.
- KETELAARS, J.J.M.H. und B.J. TOLKAMP, 1996. Oxygen efficiency and the control of energy flow in animals and humans. *J. Anim. Sci.* 74, 3036-3051.
- KIRCHGESSNER, M., 2014: Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 14. aktualisierte Auflage (G.I. Stangl, F.J. Schwarz, F.X. Roth, K.-H. Südekum, K. Eder), DLG-Verlag Frankfurt am Main, 659 S.
- KORVER, S., 1982: Feed intake and production in dairy breeds dependent on the ration. Diss. Wageningen, 139 S.
- LANG, G.U., 1995: Das Futteraufnahmevermögen von Milchkühen. Diss. Universität Hohenheim, Institut für Tierernährung, 145 S.
- LANGHANS, W., 1989: Die Regulation der Futteraufnahme beim Wiederkäuer. *Schweiz. Arch. Tierheilkde.* 131, 117-126.
- LINDNER, H.P., M. KIRCHGESSNER und F.J. SCHWARZ, 1981: Zur Futteraufnahme von Kühen in Abhängigkeit von der Milchleistung. *Züchtungskde.* 53, 99-112.
- MENKE, K.H., 1984: Ein Modell zur Schätzung der Futteraufnahme und der Grundfuttermitteldrängung bei der Milchkuh. *Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde.* 52, 101-103.
- MENKE, K.H., 1987: Rinderfütterung – Milchvieh (praktische Fütterungshinweise). In: Tierernährung und Futtermittelkunde, K.H. Menke und W. Huss, UTB Ulmer, 128.
- MERTENS, D., 1994: Regulation of forage intake. In: Forage Quality, Evaluation and Utilization. G.C. Fahey, Jr. et al. (eds.) ASA-CSSA-SSSA, 677 S. Segoe Road, Madison, WI 53711, 450-493.
- NRC (National Research Council), 1989: Nutrient requirements of dairy cattle, 6th Edition. National Academy Press, Washington D.C., 157 S.

- NRC (National Research Council), 2001: Nutrient requirements of dairy cattle, 7th Edition. National Academy Press, Washington D.C., 381 S.
- ONLINE Rationsprogramm, 2014. Milchviehrationen individuell berechnen. Rinderzucht Austria und Landwirtschaftskammer Oberösterreich (F. Tiefenthaller), 20 S.
- PALLAUF, J. und M. KIRCHGESSNER, 1977: Zur Grundfutteraufnahme von Milchkühen der Rasse Deutsches Fleckvieh und Red Holstein-Friesian-Kreuzungen. Züchtungskde. 49, 120-137.
- PIATKOWSKI, B., H. GÜRTLER und J. VOIGT, 1990: Grundzüge der Wiederkäuer-Ernährung. 5. Kapitel: Futteraufnahme beim Wiederkäuer, Gustav Fischer Verlag Jena, 133-155.
- ROSELER, D.K., D.G. FOX, L.A. CHASE, A.N. PELL und W.C. STONE, 1997: Development and evaluation of equations for prediction of feed intake for lactating Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 80, 878-893.
- SCHWARZ, F.J. und M. KIRCHGESSNER, 1985: Grundfutteraufnahme von Milchkühen in Abhängigkeit von Lebendgewicht, Zahl der Laktationen, Kraftfutterzufuhr und Grundfutterqualität. Züchtungskde. 57, 267-277.
- SCHWARZ, F.J., U. HEINDL und M. KIRCHGESSNER, 1996: Zur Schätzung der Grundfutteraufnahme von Milchkühen. Züchtungskde. 68, 65-76.
- SCHWARZ, F.J., 1997: Zur Futteraufnahme der Milchkuh. Internationale Vortragstagung "Verdauungsphysiologie und Stoffumsatz beim Wiederkäuer". Rostock 21. Februar 1997. J. Voigt und H. Hagemeyer (Hrsg.). Schriftenreihe des Forschungsinstitutes für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere, Heft Nr. 10, 14-26.
- SCHWARZ, F.J. und L. GRUBER, 1999: Futteraufnahme – Einflußfaktoren und Abschätzung. In: Fütterung der 10.000-Liter-Kuh. Arbeiten der DLG, Band 195, DLG-Verlag, 171-191.
- ST-PIERRE, N.R., 2003: Reassessment of biases in predicted nitrogen flows to the duodenum by NRC 2001. J. Dairy Sci. 86, 344-350.
- STAMER, E., A. PETZOLDT und E. KALM, 1993: Anwendung und Überprüfung von indirekten Schätzgleichungen zur Ermittlung der Futteraufnahme beim Milchrind. Züchtungskde. 65, 112-118.
- SUPERRATION, 2004: Futterrationsberechnung für Milchkühe. Version 5.01. GH-Soft (F. Gsöls und G. Heidenbauer) und Landwirtschaftskammer Steiermark (K. Wurm).
- TIEFENTHALLER, F., 2015: Österreich hat beste Formel zur Futteraufnahmeschätzung. Der Bauer 4. Nov. 2015, S. 9.
- VADIVELLOO, J. und W. HOLMES, 1979: The prediction of the voluntary feed intake of dairy cows. Agric. Sci. (Camb.) 93, 553-562.
- VAN HOUTERT, M.F.J., 1993: The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages: A review. Anim. Feed Sci. Technol. 43, 189-225.
- VAN SOEST, P.J., 1994: Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, 2. Aufl., 476 S.
- VOLDEN, H., N.I. NIELSEN, M. ÅKERLIND, M. LARSEN, Ø. HAVREVOLL und A.J. RYGH, 2011. Prediction of voluntary feed intake. In: The Nordic Feed Evaluation System (H. Volden, Ed.). EAAP Publication No. 130, Wageningen Academic Publishers, Wageningen (NL), 113-126.
- WANGSNES, P.J. und L.D. MULLER, 1981: Maximum forage for dairy cows. J. Dairy Sci. 64, 1-13.
- ZEBELI, Q., J.R. ASCHENBACH, M. TAJAJ, J. BOHUHN, B.N. AMETAJ und W. DROCHNER, 2012. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. J. Dairy Sci. 95, 1041-1056.
- ZOM, R.L.G., G. ANDRÉ und A.M. VAN VUUREN, 2012a. Development of a model for the prediction of feed intake by dairy cows: 1. Prediction of feed intake. Livest. Sci. 143, 43-57.
- ZOM, R.L.G., G. ANDRÉ und A.M. VAN VUUREN, 2012b. Development of a model for the prediction of feed intake by dairy cows: 2. Evaluation of prediction accuracy. Livest. Sci. 143, 58-69.

Die richtige Genetik – Voraussetzung für Qualitätsrindfleisch in der Vermarktung

Franz Pirker^{1*}

Zusammenfassung

Aktuell werden an den Schlachthöfen keine Qualitätsmerkmale der inneren Fleischqualität erhoben. Die angebotenen Untersuchungen von Fleischqualitätskriterien sind auf die europäischen (Fleischrinder)Rassen nur äußerst beschränkt anwendbar, da sehr oft gänzlich unterschiedliche Populationen vorhanden sind. Wirtschaftlich relevante Merkmale in der Fleischproduktion werden bereits oder in absehbarer Zeit erhoben und auch in Zuchtprogrammen umgesetzt. Eine genomische Zuchtwertschätzung findet bereits bei Fleckvieh-Doppelnutzung und einigen französischen Fleischrassen statt. Über die künstliche Besamung kann dadurch auch der österreichische Landwirt von diesen Entwicklungen profitieren.

Schlagwörter: Fleischrinderzucht, Fleischqualität

Im Jahr 2013 wurden in Österreich über 600.000 Rinder geschlachtet, davon knapp 300.000 Stiere, fast 200.000 Kühe, rund 100.000 Kalbinnen und 30.000 Ochsen sowie zusätzlich rund 70.000 Kälber.

Mit einem durchschnittlichen Verbrauch von 17,9 kg liegt Österreich im Europa-Vergleich im unteren Bereich, der Selbstversorgungsgrad liegt bei 146 %.

Konsumenten ist die Qualität des Rindfleisches wichtig, wobei die Anforderungen daran keinesfalls ident, sondern sehr vielfältig sind.

Was ist Fleischqualität?

- Summe aller sensorischen, ernährungsphysiologischen, hygienisch-toxikologischen und verarbeitungstechnischen Eigenschaften (HOFFMANN 1973)
- Objektiv messbare Eigenschaften: z.B. pH-Wert, intramuskulärer Fettgehalt, Scherkraft, Tropfsaftverlust, Fettsäuremuster, ...
- Subjektive Eigenschaften: Saftigkeit, Aroma bei der Verkostung

Darüber hinaus werden aber auch die Haltung der Tiere und die Art der Produktion (Bioproduktion, konventionelle Produktion) bei der Beurteilung der Qualität verstärkt beachtet.

Das AMA-Gütesiegel dient primär der Herkunftssicherung, pH-Wert und Fettklasse werden als Qualitätsmerkmale verwendet.

Fleischqualität in der Zucht

Um Fleischqualitätsmerkmale in der Zucht berücksichtigen zu können, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Erfassbarkeit derzeit nicht gegeben
- Entsprechende Erbllichkeit teilweise ausreichend
- Wirtschaftliche Bedeutung derzeit nicht preisrelevant

Lediglich in der Direktvermarktung vermag man das Merkmal Fleischqualität besser zu positionieren.

Von unterschiedlichen Forschungsstätten wurden für einzelne Rassen Untersuchungen zu Merkmalen der inneren Fleischqualität durchgeführt, wobei vor allem die Merkmale Marbling (Marmorierung) und Tenderness (Zartheit) zu erwähnen sind. Ergebnisse von australischen Untersuchungen sind aber nur beschränkt auf europäische Rinderpopulationen übertragbar. Untersuchungen verschiedener Forschungsstätten stellten bei europäischen Rassen nur geringe Zusammenhänge zwischen den gefundenen Markern und der Ausprägung des Merkmales fest.

Fleischqualität im Vieh- und Fleischhandel

Im Vieh- und Fleischhandel wird Qualität jedoch mit gänzlich anderen Merkmalen beschrieben, die auf die Preisbildung maßgeblichen Einfluss haben: **Kategorie, Alter und EUROP-Klassifizierung (Fleisch- und Fettklasse)**

Mäster und Landwirte werden neben der EUROP-Klassifizierung vor allem die Nettotageszunahme (Bruttozunahme × Ausschachtung) als wichtiges Qualitätsmerkmal bezeichnen.

Die Rasse selbst hat bei der in Österreich üblichen Vermarktung nur untergeordnete Bedeutung, auf definierten Rassen aufgebaute Vermarktungsprogramme existieren bislang nur in absolut geringem Ausmaß. Obmann Hörzer stellt eines dieser Vermarktungsprogramme im Anschluss vor.

Zuchtprogramme von Doppelnutzungs- und Fleischrinderassen in Europa nehmen deshalb auf Merkmale außerhalb des Handelswertes bisher wenig bis gar keine Rücksicht.

Konsequenzen für die Rinderzucht

Die Rinderzucht in Österreich beschränkt sich bisher auf die Auswertung einfach erhebbarer und momentan wirtschaftlich relevanter Merkmale. Von den Klassifizierungsdiensten werden von allen geschlachteten Rindern das Schlachtgewicht, die Ergebnisse der Schlachtkörperklassifizierung (Fleisch- und Fettklasse) und leider nur mehr in geringem Umfang das Lebendgewicht an die Zuchtdata gemeldet und anschließend werden diese Merkmale für die Zuchtwert-

¹ Rinderzucht Steiermark eG, Pichlmayergasse 18, A-8700 Leoben

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Franz Pirker, email: pirker@rinderzucht-stmk.at

schätzung verwendet. Mitgliedsbetriebe der Landeskontrollverbände zeichnen die Abkalbeverläufe auf und anhand der AMA-Meldungen werden Verendungen erhoben.

Zuchtwerte für Fleischleistungs- und Fitnessmerkmale sind in der Reinzucht wichtige Parameter, aber noch wichtiger sind diese Werte in der Gebrauchskreuzung, die vornehmlich in der Mutterkuhhaltung betrieben wird.

Zuchtwert Fleisch (FW) bei Fleckvieh und Braunvieh

Datengrundlage für die Zuchtwertschätzung von Fleischleistungsmerkmalen sind die Ergebnisse der Fleischleistungsprüfung:

- Eigenleistungsprüfung im Feld (Versteigerungen)
- Eigenleistungsprüfung in Prüfstationen
- Nachkommenprüfung im Feld – ungenelkt (Schlachthof)
- Nachkommenprüfung in Prüfstationen (Deutschland, Tschechien, Ungarn)

Erhobene Merkmale bei ungenelkter Feldprüfung sind:

- Tägliche Zunahme (TGZ, Lebendgewicht/Schlachalter)
- Nettotageszunahme (NTZ, Schlachtkörpergewicht warm/Schlachalter)
- Ausschlachtung (AUS, Schlachtkörpergewicht warm/Lebendgewicht)
- Handelsklasse (HKL, EUROP-Fleischklasse)

Die neue Gewichtung der Merkmale (Tabelle 3) sollte eine Verschiebung in Richtung Handelsklasse und damit in Richtung stärkerer Bemuskelung bringen, was auch eine langjährige Forderung der Fleischbranche ist. Offen bleibt, welchen Stellenwert der Fleischwert bei der Stierauswahl von auf Milchproduktion ausgerichteten Betrieben noch hat.

Tabelle 1: Schlachthofdaten 2015 (Stiere)

Rasse	Anzahl (lebend)	Anzahl (tot)	TGZ (g)	NTZ (g)	AUS (%)	HKL	E+U (%)
Gesamt	49.698	190.117	1.123	687	57,4	3,61	61,4
Gesamt Vater und Mutter bekannt	30.576	117.372	1.136	691	57,3	3,57	59,1
Angus	30	160	915	561	57,9	3,34	36,3
Blonde d' Aquitaine	9	68	1.067	700	64,4	4,28	97,1
Braunvieh	299	2.103	1.008	592	55,5	2,55	2,1
BV × FV	45	169	1.150	658	56,6	3,24	36,7
BV × WB	45	287	1.139	672	59,8	3,82	76,7
Charolais	35	297	1.148	713	59,7	4,23	94,6
Fleckvieh	27.103	99.643	1.143	689	57,3	3,61	61,3
FV × BA	22	162	1.074	733	60,1	3,98	88,9
FV × CH	88	430	1.190	733	58,7	3,94	82,1
FV × LI	243	1.491	1.110	689	59,3	3,89	82,8
FV × WB	369	2.037	1.111	724	61,1	4,24	94,6
Holstein	250	1.110	942	564	53,6	1,84	0,4
HF × WB	26	192	1.016	669	59,6	3,45	48,4
Limousin	34	264	938	663	62,1	4,27	95,8
Murbodner	60	424	1.002	640	59	3,79	73,3

Tabelle 2: Interpretation der Ergebnisse (Fleckvieh)

FW	TGZ (g)	NTZ (g)	AUS (%)	HKL	E+U (%)
80	1.310	642	56,0	3,26	31,6
90	1.325	655	56,4	3,44	43,6
100	1.341	673	56,9	3,55	51,9
110	1.373	696	57,4	3,68	61,1
120	1.407	710	57,9	3,78	68,8

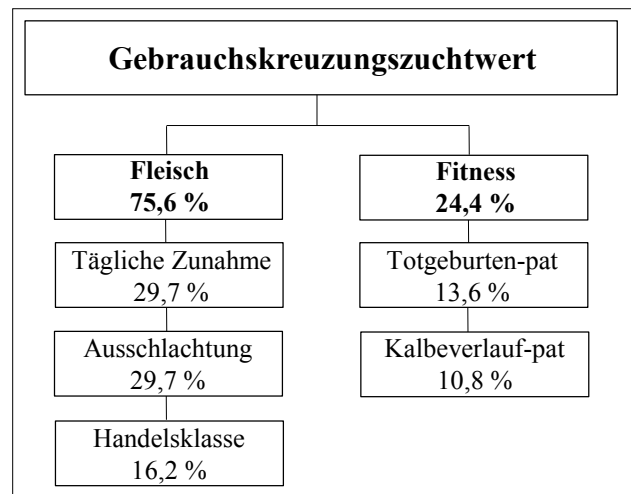
Tabelle 3: Gewichtung der Merkmale

	Nettotageszunahme NTZ	Ausschlachtung AUS	Handelsklasse HKL
bisher	44	28	28
neu	22	39	39

Gebrauchskreuzungszuchtwert

Um den Mutterkuhhaltern und Milchproduzenten, die über den Weg der künstlichen Besamung Fleischrassestiere einsetzen, eine Hilfestellung zu geben, wurde der Gebrauchskreuzungszuchtwert entwickelt.

Grundidee war, Stiere der speziellen Fleischrassen, aber auch ausgewählte Fleckviehtiere, hinsichtlich der Merkmale Fleischleistung sowie Kalbeverlauf und Totgeburtenrate beurteilen zu können.



Spezielle Fleischrassen und Generhaltungsrasen

Eine Zuchtwertschätzung ist in Entwicklung, wobei die erhobenen Merkmale aus der Feldprüfung und zusätzlich die Schlachtdaten von Stieren und Ochsen verwendet werden. Aktuell ist die Zuchtwertschätzung für die Rasse Murbodner (Tabelle 4) als Grundlage für die weiteren Generhaltungsrasen bereits im Gang.

Die Rinderzucht Steiermark hat einen Antrag auf Durchführung einer Zuchtwertschätzung für folgende Merkmale gestellt:

- Kalbeverlauf (KVL) paternal/maternal
- Totgeburtenrate (TOT) paternal/maternal
- 200-Tage-Gewicht direkt/maternal
- 365-Tage-Gewicht direkt

- Nettotageszunahme (NTZ)
- Handelsklasse (HKL)

Ergebnisse und Sicherheiten sind aufgrund der geringeren Anzahl von Besamungstieren und des damit verbundenen höheren Besamungseinsatzes der Zuchtstiere gut nachvollziehbar.

Aus den Einzelzuchtwerten wird ein Gesamtzuchtwert gebildet.

Andere Generhaltungsrasen haben sich bereits angeschlossen und dieses Modell kann auch Vorbild für eine Zuchtwertschätzung von anderen speziellen Fleischrassen mit ausreichender Zuchtpopulation sein.

Literatur

HOFFMANN, K., 1973: Was ist Fleischqualität? Fleischwirtschaft 53, 485.

Tabelle 4: Zuchtwertschätzung Murbodner

Merkmalsgruppe	Merkmalsgruppe	innerhalb der Merkmalsgruppe	MGZW	Gewichtung
Fleischwert				25
	200-Tage-Gewicht direkt	25	6,25	
	365-Tage-Gewicht direkt	25	6,25	
	Nettotageszunahme (NTZ)	25	6,25	
	Handelsklasse (HKL)	25	6,25	
Maternal	200-Tage-Gewicht maternal	100	20	20
Kalbmerkmale				50
	Kalbeverlauf paternal (KVL pat)	15	7,5	
	Kalbeverlauf maternal (KVL mat)	25	12,5	
	Totgeburtenrate paternal (TOT pat)	25	12,5	
	Totgeburtenrate maternal (TOT mat)	35	17,5	
Fruchtbarkeit	Zwischenkalbezeit (ZKZ)	100	5	5

Gewichtung KVL : TOT = 40 : 60

Gewichtung pat : mat = 40 : 60

Gewichtung 1. Abk. : 2. Abk. = 75 : 25

Vermarktung von Qualitätsrindern am Beispiel der Murbodner

Johann Hörzer^{1*}

Um eine zukunftssträchtige und erfolgreiche Vermarktung aufstellen zu können, sind verschiedene Faktoren ausschlaggebend. In allen Phasen der Planung, Durchführung und auch erfolgreichen Fortführung einer Markenpositionierung am heimischen Lebensmittelmarkt sind persönlicher Einsatz der Beteiligten und die Bereitschaft immerwährend für den Fortbestand der Vermarktung zu arbeiten notwendige Grundlagen.

Der Verein der Murbodner hat sich schon vor den ersten Gesprächen mit SPAR/TANN über eventuelle Möglichkeiten einer besonderen Vermarktung der Murbodner-Rinder Gedanken gemacht. Nach den ersten positiven und konstruktiven Briefings zwischen Johann Hörzer als Obmann der Murbodnerzüchter und Siegfried Weinkogl als Bereichsleiter von SPAR/TANN hat man sich rasch auf den gemeinsamen Aufbau der (damals noch) Murbodner-Ochsenvermarktung geeinigt. Die Partner haben daraufhin im Aufbau gemeinsam den Markt und seine Bedürfnisse genau geprüft, die Anliegen der Bauern miteinbezogen und so den Grundstein für den Erfolg gelegt. Durch Beobachtung des Rindfleischmarktes und Erfahrungen anderer Vermarktungen (primär im Bereich Rindfleisch aber auch anderer Lebensmittel) wurde ein, auf die Murbodner-Rasse und deren Halter zugeschnittenes Programm geplant und seitdem ständig weiterentwickelt und optimiert. Beispiele aus der Vermarktung von Styria Beef (Qualität der Ware, Kocheigenschaften) sowie ALMO (Ochsenvermarktung mit Regionalitätsbezug) aber auch aus dem Almochsprogramm von SPAR/TANN haben unseren Weg mitbestimmt. Unser Ziel war, nur die positiven Eigenschaften dieser Programme in unsere Philosophie einfließen zu lassen. Mitentscheidend für den Erfolg waren das steigende Bewusstsein der Konsumenten beim Einkauf, der Regionalitätsbonus, die neue Beliebtheit von Rindfleisch in der Spitzengastronomie und das im Allgemeinen wachsende Qualitätsbewusstsein der Kunden.

Wiederaufbau

Um eine Vermarktung zustande bringen zu können, musste die Rasse Murbodner erst wieder von den Toten auferstehen. Die einst größte Rasse der Steiermark war in den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts fast ausgestorben und konnte nur dank einiger weniger engagierter Bauern erhalten werden. Dank des Vereins der Murbodnerzüchter, der ÖNGENE, einem eigenen Förderprogramm der EU zur „Erhaltung gefährdeter Nutztierassen“ (ÖPUL) sowie der Einhaltung des strengen Zuchtprogrammes ist es gelungen, die Rasse zur heute stärksten Fleischrinderrasse Österreichs zu machen. Dieser Erfolg ist beispiellos. Hier zeigt sich, dass der Einsatz auch einiger weniger auf Dauer belohnt wird.

Die Rasse

Der Erfolg der Vermarktung der Murbodner liegt in großem Maße in der Rasse und deren genetischen Grundvoraussetzung. Durch eine langsamere Wachstumsphase gegenüber anderen Rassen haben die Murbodner eine feinere Marmorierung und Struktur des Fleisches. Waren es diese Eigenschaften, die den Murbodner fast die Existenz gekostet hatten, so sorgen sie heute für ein außergewöhnliches Geschmackserlebnis und konsumentenfreundliche Kocheigenschaften. Wichtig für die Vermarktung sind auch die herausragenden Ausschachtungsergebnisse (EUROP-Klassifizierung), die für die Mastbetriebe große Vorteile bringen. Für den Konsumenten bedeutet eine rassenspezifische Vermarktung die Garantie immer gleichbleibende Qualität zu erhalten. Für das Marketing sind die historische Entwicklung der Murbodner sowie der regionale Bezug von großer Bedeutung. Auch in der Haltung und Mast haben sich die Murbodner bewährt und werden von Landwirten immer mehr nachgefragt.

Die Vermarktungspartner

1. Die Bauern als Mitglieder im Verein der Murbodnerzüchter: Nach der Eingliederung in die Rinderzucht Steiermark wurden die züchterischen Aufgaben zwischen der Rinderzucht Steiermark unter Zuchtleiter DI Franz Pirker und dem Zuchtausschuss des Vereins aufgeteilt. Die Treue der Mitglieder zum Verein war wohl der wichtigste Schlüssel zum Erfolg. So wurden Obmann Hörzer und Geschäftsführer Steinbacher als Vertreter der Interessen der Murbodnerzüchter bereits in den ersten Jahren aktiv und sorgten dafür, dass innerhalb der Vermarktung keine Investitionen für die Bauern zu tätigen waren. Außerdem wird der Einstellererlös zu 100 % an den Züchter ausbezahlt. Die Grundlagen der Klassifizierung sind klar ersichtlich, der Preis der Einstellerochsen ist immer auf der Homepage abrufbar. Die Klarheit der Organisation und die Transparenz der Kosten haben für alle Landwirte oberste Priorität!
2. Der Verein: Durch den Zusammenhalt der Bauern war es für Obmann Johann Hörzer und Ferdinand Steinbacher als Geschäftsführer möglich, die eigene Homepage weiterzuführen und auch bei der arbeitsintensiven persönlichen Rinderbewertung und Betreuung der Mitgliedsbetriebe vor Ort dabei zu sein. Die Bedürfnisse der Bauern und deren Probleme sind dem Verein das oberste Anliegen, nur aktive Bauern halten Rinder und erhalten eine Rasse. Auch die Anforderungen an die Tiere müssen von der Basis mitgetragen werden, die Weiterentwicklung der Murbodner muss an die Anliegen der Halter angepasst werden. Der Rückhalt innerhalb des Vereins ermöglichte

¹ Hofamt 17, A-8122 Waldstein

* Ansprechpartner: Johann Hörzer, email: hoerzer.johann@aon.at

es Johann Hörzer bereits bei den ersten Treffen mit Siegfried Weinkogl, die Grundlagen der gesamten Vermarktung aufzustellen. Durch unzählige Werbeveranstaltungen und die stetige aktive Weiterentwicklung der Vermarktung haben die Mitglieder nun seit 8 Jahren die Möglichkeit an diesem Programm teilzunehmen. Johann Hörzer und Ferdinand Steinbacher organisieren Werbeauftritte, die Einstellermeldungen (am Beginn telefonisch, seit 2015 online), die Zusammenarbeit mit sämtlichen Organisationen sowie die Kooperation mit den Kammern und zuständigen Landesräten, der AMA und den Förderstellen in der EU. Der Verein sorgt hierbei für den reibungslosen Ablauf für alle Mitglieder.

3. SPAR/TANN: Bereichsleiter Siegfried Weinkogl (Steiermark und südl. Burgenland) ist wohl einer der versiertesten Kenner der Rindfleischkultur und -vermarktung in ganz Europa. In seiner langjährigen Tätigkeit für SPAR war es immer seine Vision das beste Rindfleisch Österreichs auf den Markt zu bringen, dies hat er mit der Murbodner-Vermarktung wahr gemacht. Er hat mit dem Verein die Ochsenvermarktung – heute bereits Kalbinnen- und Ochsenvermarktung – gegründet und im Laufe der Jahre unzählige Produkte entwickelt. DIE MURBODNER wird österreichweit als einzige rassebezogene und reine Rindfleischwurst verkauft. Neu hinzugekommen sind die Murbodner-Käsewurst und eine Murbodner-Chilliwurst. Dem Handelspartner SPAR ist es zu verdanken, dass alle am Betrieb zum Verkauf stehenden Tiere (Einsteller weiblich und männlich sowie Schlachtkühe) an einen Abnehmer zu einem deutlichen Mehrpreis verkauft werden können.
4. EZG: Die Erzeugergemeinschaft Steirisches Rind führt sämtliche Tiertransporte, die Abwicklung der Zahlung sowie die Betreuung der Mastbetriebe und Schlachtorganisationen durch. Auch von ihrer Seite wird großer Wert auf Transparenz der Kosten gelegt.
5. Schlachthof Raabtal: Die Schlachtung der Murbodner-Ochsen und -Kalbinnen für das Frischfleischprogramm erfolgt am Schlachthof Raabtal. Mit dem Partner Kaufmann haben wir einen flexiblen, kleinen Schlachthof, der nur Rinder aus Österreich schlachtet und uns immer wieder aktiv unterstützt.
6. AMA: Die Agrarmarkt Austria unterstützt das Programm mit der Kofinanzierung von Fernsehbeiträgen,

Werbeschaltungen, den Druck von Broschüren und Bereitstellung von Rezepten für unser Kochbuch. SPAR bietet als einziger Handelspartner in Österreich nur AMA-Gütesiegel-Fleisch im Frischfleischbereich an und das Murbodner zählt zu einem der erfolgreichsten AMA-Gütesiegel-Produkte im Fleischbereich.

7. Vermarktungskette: Jeder Mitarbeiter in der Zerlegung bei SPAR/TANN sowie alle, die für die weiteren einzelnen Vermarktungsschritte verantwortlich sind, haben ihren Anteil am Erfolg der Murbodner-Vermarktung. Die hohe Professionalität auf allen Ebenen der Wertschöpfung bis hin zum Verkauf ist mitverantwortlich für den jahrelangen Aufwärtstrend.
8. Konsumenten: Ein Produkt ist nur so viel wert, wie jemand bereit ist, dafür zu bezahlen. Im Laufe der letzten Jahre hat sich im Bereich der Murbodner die Nachfrage nach Fleisch immer mehr gesteigert. Erstmals werden Vorbestellungen von Konsumenten aufgegeben und große Mengen gekauft. Wir haben Kunden, die nur noch Murbodner-Rindfleisch kaufen und kochen. Hier hat ein Produkt trotz höherem Preis überzeugt. 2016 danken wir auch unseren Konsumenten dafür mit einem eigenen Kochbuch.

Der Respekt

Vom ersten Moment an war die Vermarktung von Vertrauen und respektvollem Umgang der Vermarktungspartner miteinander geprägt. Hineinversetzten in Probleme und Schwierigkeiten jedes Mitgliedes der Wertschöpfungskette sowie aktive Hilfe beim Auftreten von Schwierigkeiten ist immer eine Selbstverständlichkeit. Nur Miteinander kann über Jahre eine Partnerschaft funktionieren. Viele unserer Bauern waren Vermarkter, wir alle sind Konsumenten und so stehen wir grundsätzlich sowohl am Anfang, als auch am Ende unserer Vermarktungskette. Es ist wichtig unser eigenes Verhalten zu reflektieren sowie unsere Umgebung aktiv und vorurteilsfrei wahrzunehmen, um den viel beschriebenen MARKT zu verstehen. WIR SIND DER MARKT – JEDER EINZELNE VON UNS.

Wir bauen gemeinsam an einer positiven Zukunft für unsere Bauern, für unseren Handel, für unsere Schlachtbetriebe und für unsere Konsumenten – nur wenn wir alle an einen gemeinsamen Strang ziehen, werden wir auch weiterhin unsere gepflegte Kulturlandschaft genießen und erleben können.

Auswirkungen hoher Mastendgewichte auf Mast- und Schlachtleistung sowie Fleischqualität von Stieren

Effects of high final weights on fattening performance, carcass traits and meat quality of bulls

Georg Terler^{1*}, Margit Velik¹, Roland Kitzer¹ und Josef Kaufmann¹

Zusammenfassung

In den letzten 10 Jahren war in Österreich ein deutlicher Anstieg der Mastendgewichte von Maststieren zu beobachten. Da zu hohen Mastendgewichten bislang kaum wissenschaftliche Ergebnisse vorliegen, wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein Mastversuch durchgeführt, bei welchem der Einfluss der Proteinversorgung in der Endmast sowie des Mastendgewichts auf Mastleistung, Schlachtleistung und Fleischqualität untersucht wurde. Die Stiere wurden mit Maissilage *ad libitum* sowie Energie- und Proteinkraftfutter gefüttert. In der Endmast (ab 500 kg Lebendgewicht) wurden die 40 Stiere in zwei Gruppen mit unterschiedlicher Proteinversorgung aufgeteilt, wobei eine Gruppe (Gruppe „prax“) 1 kg Proteinkraftfutter pro Tag erhielt und die zweite Gruppe (Gruppe „red“) 0,5 kg/Tag. Jeweils die Hälfte der Stiere beider Gruppen wurde bei einem Mastendgewicht von 690 bzw. 760 kg geschlachtet.

Zwischen 500 und 600 kg Lebendgewicht führte die Reduzierung des Proteingehalts in der Ration (auf rund 10 % XP/kg TM) zu einem signifikanten Rückgang der Tageszunahmen. Ab 600 kg Lebendgewicht wurde bei der Gruppe mit der reduzierten Proteinversorgung (Gruppe „red“) jedoch ein deutlich geringerer XP-Aufwand je kg Zuwachs festgestellt als bei der Vergleichsgruppe (Gruppe „prax“), weshalb in dieser Mastphase eine Reduzierung des Proteingehalts in der Ration empfohlen werden kann. Das Mastendgewicht hatte keinen Einfluss auf Tageszunahmen, Futter- und Nährstoffaufwand je kg Zuwachs, Ausschachtung, Fleischigkeit und die sensorische Fleischqualität. Auch über 700 kg Lebendgewicht wurden noch hohe Tageszunahmen (über 1.300 g) erreicht. Die Tiere, die mit 760 kg Mastendgewicht geschlachtet wurden, waren jedoch deutlich stärker verfettet und hatten einen höheren IMF-Gehalt im Fleisch als jene die bis 690 kg gemästet wurden. Hohe Mastendgewichte sind daher durchaus zu empfehlen, allerdings muss darauf geachtet werden, dass die Tiere nicht zu starkem verfetten, damit Preisabschläge vermieden werden können.

Schlagwörter: Fleckvieh, Proteinversorgung, Tageszunahmen, Futter- und Nährstoffaufwand, Verfettung, Fettsäuremuster

Summary

In Austria, final weights of fattening bulls have risen significantly in the last ten years. Scientific knowledge of fattening to high final weights is rare so far. Thus a fattening experiment comparing different levels of protein supply in the finishing phase as well as different final weights and studying its effects on fattening performance, carcass traits and meat quality was performed at AREC Raumberg-Gumpenstein (Styria, Austria). Bulls were fed whole plant corn silage *ad libitum* as well as an energy-rich concentrate mixture and a protein-rich concentrate mixture. In the finishing phase (above 500 kg live weight) 40 bulls were divided into two groups with different levels of protein supply: Group “prax” received 1 kg protein-rich concentrate mixture per day and group “red” 0.5 kg/day. One half of bulls of each group were slaughtered at 690 kg and the other half at 760 kg live weight.

Between 500 and 600 kg live weight reduction of dietary protein content (to about 10 % XP/kg DM) lead to a significant decline of daily gains. Above 600 kg live weight group “red” (reduced protein supply) showed a significantly lower XP effort per kg live weight gain than group “prax”. Thus a reduction of protein supply can be recommended in this fattening phase. Final weight had no impact on daily gains, food and nutrient effort per kg live weight gain, dressing percentage, EUROP classification and sensory meat quality. Even above 700 kg live weight high daily gains (above 1,300 g) were reached. Carcasses of bulls slaughtered at 760 kg live weight received higher fatness scores and had higher contents of intramuscular fat than those of bulls slaughtered at 690 kg. Thus high final weights can be recommended but to meet common Austrian market conditions and to avoid price reductions it has to be considered that bulls are not classified in fat classes higher than 3.

Keywords: Simmental bulls, protein supply, daily gains, food and nutrient effort, carcass fatness, fatty acid profile

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

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

1. Einleitung

In den letzten Jahren ist das durchschnittliche Mastendgewicht von Stieren deutlich angestiegen. Während im Jahr 2004 das durchschnittliche Mastendgewicht von in Österreich geschlachteten Stieren bei 664 kg lag (AMA 2015), betrug es 2014 bereits 702 kg (STATISTIK AUSTRIA 2015). In wissenschaftlichen Versuchen wurden bei Fleckvieh-Stieren ebenfalls lange Zeit Mastendgewichte von rund 650 kg verwendet (SCHWARZ et al. 1993, SCHWARZ und KIRCHGESSNER 1995, STEINWIDDER et al. 2006a, SAMI et al. 2006, HAIGER und KNAUS 2010, GEUDER et al. 2012). Versuche mit Mastendgewichten von 700 kg oder darüber wurden bis dato jedoch kaum durchgeführt.

Die Wahl des Mastendgewichts kann Einfluss auf viele wichtige Merkmale der Mast- und Schlachtleistung sowie der Fleischqualität nehmen. Mit steigendem Mastendgewicht nimmt die Verfettung der Tiere in der Regel zu, wodurch der Schlachtkörperwert der Tiere wesentlich beeinflusst werden kann. Bei stark verfetteten Tieren (Fettklasse 4 und 5) sind Preisabschläge zu erwarten, welchen den Mehrerlös durch das höhere Mastendgewicht verringern. Fett ist jedoch auch Geschmacksträger und Voraussetzung für eine gute Fleischqualität, weshalb eine ausreichende Marmorierung (intramuskulärer Fettgehalt) des Fleisches erforderlich ist. Da zunächst Aufлагefett (subkutanen Fett) und erst später im Laufe des Wachstums intramuskuläres Fett eingelagert wird, können hohe intramuskuläre Fettgehalte nur dann erreicht werden, wenn die Tiere eine entsprechende äußere Verfettung aufweisen. Hohe Mastendgewichte wirken sich daher in der Regel positiv auf die Fleischqualität aus, können jedoch gleichzeitig zu Preisabschlägen durch zu starke Verfettung der Schlachtkörper führen.

Mit zunehmendem Lebendgewicht steigt der Fettansatz an und der Proteinansatz (Muskelaufbau) der Tiere geht zurück. Dadurch ändert sich auch der Nährstoffbedarf der Tiere: Im Jugendstadium der Tiere ist ein hoher Proteingehalt (und Energiegehalt) in der Ration notwendig, damit eine zufriedenstellende Bemuskelung erreicht wird. In der Endmast kann jedoch durch Reduktion des Proteingehalts in der Ration der Einsatz von teuren Eiweißfuttermitteln begrenzt werden. Dagegen ist auch in der Endmast ein entsprechend hoher Energiegehalt in der Ration erforderlich,

damit eine ausreichende Fettabdeckung der Schlachtkörper ermöglicht wird.

An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurde 2010 ein Versuch gestartet, bei dem jeweils 20 Fleckvieh-Stiere auf das damals durchschnittliche Mastendgewicht (690 kg, (STATISTIK AUSTRIA 2015)) bzw. auf ein hohes Mastendgewicht (760 kg) gemästet wurden. Ziel dieses Versuches war, die Auswirkungen des hohen Mastendgewichts auf Mast- und Schlachtleistung sowie Fleischqualität zu untersuchen. Durch unterschiedliche Proteinversorgung der Stiere in der Endmast (über 500 kg Lebendgewicht), sollte ermittelt werden, welche Proteingehalte in der Ration erforderlich sind, damit Stiere entsprechende Zunahmen erreichen können.

2. Tiere, Material und Methoden

Der Mastversuch bestand aus zwei Durchgängen zu je 20 Fleckvieh-Stieren (insgesamt 40 Stiere, durchschnittlicher Fremdgeanteil 10,5 %), welche im November 2010 bzw. Februar 2012 starteten. Die Tiere wurden als Fresser (ca. 170 kg Lebendgewicht) von der Österreichischen Rinderbörse angekauft. Die Hälfte der Stiere (20 Tiere) wurde bis 690 kg und die andere Hälfte bis 760 kg Lebendgewicht gemästet. Innerhalb der beiden Gewichtgruppen erhielten je 10 Stiere in der Endmast ein „praxisnahe“ (Gruppe „prax“) bzw. „reduzierte“ (Gruppe „red“) Proteinversorgung. Ein Stier musste während des Mastversuchs notgeschlachtet werden, sodass schließlich 39 Stiere für die Auswertung herangezogen werden konnten.

2.1 Fütterung

Den Stieren wurde Maissilage *ad libitum* verfüttert. Um eine entsprechende Struktur- und Mineralstoffversorgung zu gewährleisten, erhielt jeder Stier zusätzlich 0,3 kg Heu pro Tag sowie eine Mineralstoffergänzung, Futterkalk und Viehsalz. Die Kraftfuttermengen wurden während der Mastperiode mehrmals angepasst und sind in *Tabelle 1* dargestellt. Die Reduktion der Kraftfuttermenge im Gewichtsabschnitt 351 - 500 kg sollte eine frühzeitige Verfettung der Stiere verhindern. Das Energiekraftfutter (EKF) setzte sich zu 2/3 aus Mais und zu je 1/6 aus Gerste und Weizen zusammen. Das Proteinkraftfutter (PKF) bestand aus ¼ Sojaextrakti-

Tabelle 1: Versuchsplan

Kategorie	Stiere			
Rasse	Fleckvieh			
Tieranzahl	40			
Grundfutter	Grundfütterration: Maissilage <i>ad libitum</i> , 0,3 kg Heu Mineralstoffergänzung, Futterkalk, Viehsalz			
Gruppe Gewicht	690		760	
Gruppe Protein	reduziert (red)	praxisnah (prax)	reduziert (red)	praxisnah (prax)
Kraftfutter ¹	150 - 220 kg: 1,2 kg PKF ³ , 1,3 kg EKF ⁴		150 - 220 kg: 1,2 kg PKF ³ , 1,3 kg EKF ⁴	
≤500 kg LG ²	221 - 350 kg: 1,1 kg PKF, 1,8 kg EKF		221 - 350 kg: 1,1 kg PKF, 1,8 kg EKF	
	351 - 500 kg: 1,1 kg PKF, 1,4 kg EKF		351 - 500 kg: 1,1 kg PKF, 1,4 kg EKF	
Kraftfutter ¹	0,5 kg PKF	1,0 kg PKF	0,5 kg PKF	1,0 kg PKF
>500 kg LG ²	2,6 kg EKF	2,1 kg EKF	2,6 kg EKF	2,1 kg EKF
Mastendgewicht	690 kg		760 kg	

¹ Kraftfuttermengen in kg Frischmasse (FM) pro Tier und Tag

² Lebendgewicht

³ Proteinkraftfutter

⁴ Energiekraftfutter

onsschrot 44 und aus $\frac{1}{4}$ Rapsextraktionsschrot. Ab 500 kg Lebendgewicht wurde die Menge an Proteinkraftfutter in der Gruppe „reduziert“ halbiert. In der Endmast wurden daher zwei verschiedene Kraftfutterzusammensetzungen verwendet (Gruppe „prax“: 1,0 kg PKF und 2,1 kg EKF; Gruppe „red“: 0,5 kg PKF und 2,6 kg EKF).

Die Futtermittelaufnahme wurde täglich erhoben und von Mais-silage, Heu, EKF und PKF wurden monatlich gepoolte Futterproben gezogen und auf ihre Inhaltsstoffe (Weender Analyse, Gerüstsubstanzen, Cellulase-Methode, Mengen- und Spurenelemente) untersucht (VDLUF 2012).

2.2 Untersuchung der Mast- und Schlachtleistung

Die Stiere wurden wöchentlich gewogen. Nach Erreichen des Mastendgewichts (690 bzw. 760 kg) wurden die Stiere geschlachtet. Während der Schlachtung wurde das Gewicht des Schlachtkörpers sowie aller Organe und Schlachtabfälle erhoben. Die Messung des pH-Werts erfolgte 1 und 48 Stunden nach der Schlachtung im Rückenmuskel und in der Keule. 7 Tage nach der Schlachtung wurde der Schlachtkörper nach der DLG-Schnittführung zerlegt (SCHEPER und SCHOLZ 1985) und das Gewicht aller Teilstücke sowie die Fleisch- und Fettklasse ermittelt.

2.3 Untersuchung der Fleischqualität

Die Fleischqualitätsuntersuchungen wurden im Fleischqualitätslabor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein an den frischen (nicht zuvor eingefrorenen) Fleischproben durchgeführt. Im Zuge der Schlachtkörper-Zerlegung wurden aus dem Rückenmuskel (Englischer, *Musculus longissimus dorsi*) und dem Weißen Scherzel (*Musculus semitendinosus*) Fleischproben entnommen und anschließend bis 7, 14 bzw. 21 Tage nach der Schlachtung in Vakuumsäcken gereift.

Am Rostbraten (9. bis 13. Rippe) und am Weißen Scherzel wurde die Fleischfarbe, das Wasserbindungsvermögen (Tropf-, Grill- und Kochsaftverlust) sowie die Zartheit (Scherkraft gegrillt und gekocht) untersucht. Darüber hinaus wurden auch Proben zur Messung der Muskelfläche (nur beim Rostbraten) und zur chemischen Analyse (Trockenmasse (TM), Rohprotein (XP), intramuskuläres Fett (IMF), Rohasche (XA), Fettsäuremuster) entnommen. Weiters wurden auch vom Beiried (1. bis 3. Lende) Proben für die Ermittlung von Fleischfarbe, Grill- und Kochsaftverlust sowie Scherkraft gegrillt und gekocht herangezogen. Während die Untersuchung des Tropfsaftverlusts sowie die chemische Analyse nur 7 Tage nach der Schlachtung durchgeführt wurden, erfolgte die Feststellung von Fleischfarbe, Grill- und Kochsaftverlust sowie von Scherkraft gegrillt und gekocht bei allen Teilstücken 7, 14 und 21 Tage nach der Schlachtung.

Die Farbmessung erfolgte mit einem Spectrophotometer der Firma Konica Minolta (Modell CM-2500d) unmittelbar nach der Entnahme des Fleisches aus dem Vakuumsack sowie nach 2-stündiger Oxidation des Fleisches im Kühlschrank. Der Tropfsaftverlust wurde nach 48-stündiger Lagerung eines ca. 100 g schweren Fleischstücks im Kühlschrank ermittelt. Die Bestimmung des Kochsaftverlusts erfolgte durch 50-minütiges Kochen einer 5 cm dicken Fleischscheibe im 70 °C warmen Wasserbad und anschlie-

ßendes Abkühlen auf Raumtemperatur. Zur Ermittlung des Grillsaftverlusts wurde eine ca. 3 cm dicke Fleischscheibe bis 60 °C Kerntemperatur erhitzt und sofort nach dem Grillen (Grillsaftverlust warm) sowie nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur (Grillsaftverlust kalt) gewogen. Die Scherkraft gegrillt und gekocht wurde mit einer Warner-Bratzler-Schere der Firma Instron gemessen. Sowohl am Rückenmuskel als auch am Weißen Scherzel wurden zu jeder Reifedauer einmal mit Hilfe eines dreieckigen Scherblatts (Probandendurchmesser: 1,27 cm) und einmal mit Hilfe eines rechteckigen Scherblatts (Probenquerschnitt: 1×1 cm) die Scherkraft gegrillt und die Scherkraft gekocht ermittelt.

Die Inhaltsstoffe des Fleisches (TM, XP, IMF und XA) wurden nasschemisch analysiert. Die Extraktion des intramuskulären Fettes für die Bestimmung der Fettsäuren erfolgte nach der von FOLCH et al. (1957) entwickelten Methode. Die Derivatisierung zu Fettsäuremethylester erfolgte mit TMSH (DGF 2006). Das Fettsäuremuster wurde gaschromatografisch mit dem GC Varian (Modell 3900, ausgestattet mit der Säule Supelco Fused Silica SP 2380, 100 m) bestimmt. Detailliertere Informationen zur Methodik der Fleischqualitätsuntersuchungen sind in VELIK et al. (2015) veröffentlicht.

2.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SAS 9.4. Die Mastleistung wurde mit der Prozedur MIXED ausgewertet, wobei die unabhängigen Variablen Mastendgewicht (690 kg, 760 kg), Proteinversorgung („prax“, „red“) und Durchgang (1, 2) als fixe Effekte im Modell verwendet wurden. Sämtliche Wechselwirkungen waren nicht signifikant und wurden daher im Modell nicht berücksichtigt. Da bei der Mastleistung wöchentlich wiederholte Messungen pro Tier vorlagen, wurde Versuchswoche (Tier) als Repeated-Statement im Modell berücksichtigt. Weiters wurde die ar(1)-Kovarianzstruktur verwendet (niedrigste AIC- und BIC-Werte in Anpassungsstatistik). Die Auswertung der Mastleistung erfolgte sowohl für die gesamte Mastdauer als auch für einzelne Gewichtsbereiche (200 - 300 kg, 300 - 400 kg, 400 - 500 kg, 500 - 600 kg, 600 - 700 kg, 700 - 760 kg).

Die Fleischqualitätsmerkmale (mit Ausnahme der Rückenmuskelfläche, des Tropfsaftverlusts und der Inhaltsstoffe) wurden ebenfalls mit der Prozedur MIXED ausgewertet, wobei die unabhängigen Variablen Mastendgewicht, Proteinversorgung, Reifedauer (7, 14, 21 Tage) und Teilstück (Englischer, Weißes Scherzel) als fixe Effekte im Modell verwendet wurden. Weiters wurden auch die Wechselwirkungen Mastendgewicht*Proteinversorgung, Mastendgewicht*Reifedauer und Mastendgewicht*Teilstück im Modell berücksichtigt. Da während der Reifung mehrmals pro Tier eine Messung der Fleischqualität erfolgte, wurde Reifedauer (Tier) als Repeated-Statement im Modell berücksichtigt. Weiters wurde die ar(1)-Kovarianzstruktur verwendet (niedrigste AIC- und BIC-Werte in Anpassungsstatistik).

Die Schlachtleistungsmerkmale, die Rückenmuskelfläche und der Tropfsaftverlust wurden nur einmal pro Tier erhoben. Deshalb erfolgte die Auswertung dieser Merkmale mit der Prozedur GLM mit den fixen Effekten Mastendgewicht und Proteinversorgung. Die Werte für Fleisch- und Fettklas-

se waren nicht normalverteilt, weshalb für diese Merkmale der nicht-parametrische Wilcoxon-Test verwendet wurde. Für die Auswertung der Fleischinhaltsstoffe (TM, RP, IMF, RA und Fettsäuren) wurde ebenfalls ein Allgemeines lineares Modell (GLM) mit den fixen Effekten Mastendgewicht, Proteinversorgung und Teilstück sowie der Wechselwirkung Mastendgewicht*Proteinversorgung verwendet.

In sämtlichen Modellen wurden die paarweisen Mittelwertvergleiche mit dem Tukey-Test durchgeführt und das Signifikanzniveau bei 0,05 angesetzt. Das bedeutet p-Werte unter 0,05 weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den untersuchten Gruppen hin. Signifikante Unterschiede wurden durch unterschiedliche Hochbuchstaben ^(a,b,c) gekennzeichnet.

3. Ergebnisse

Nachfolgend sind die wichtigsten Ergebnisse dieses Mastprojekts dargestellt. Weiterführende Informationen sind im Abschlussbericht des Projekts „Maststier_hoch“ zu finden (VELIK et al. 2015).

3.1 Mastleistung

Die Inhaltsstoffe der im Mastversuch eingesetzten Futtermittel sind in *Tabelle 2* dargestellt. Heu, Maissilage, Energiekraftfutter und Proteinkraftfutter hatten Energiegehalte von 9,3, 10,7, 14,1 und 13,4 MJ ME/kg TM sowie Rohproteingehalte von 138, 75, 96 und 493 g/kg TM.

Die Ergebnisse zur Futter- und Nährstoffaufnahme sowie zu den täglichen Zunahmen und zum Futteraufwand der gesamten Mastperiode sind in *Tabelle 3* angeführt. Die durchschnittliche tägliche Futteraufnahme (in kg TM) betrug bei der Gruppe „red“ 8,2 kg, bei der Gruppe „prax“ 8,5 kg, bei der Gruppe „690“ 8,1 kg und bei der Gruppe „760“ 8,7 kg. Die durchschnittliche Kraftfutteraufnahme lag bei allen Gruppen bei 2,6 kg/Tag, wodurch die Differenzen in der täglichen Gesamt-Futteraufnahme auf Unterschiede in der Grundfutteraufnahme zurückzuführen sind. Sowohl hinsichtlich der Proteinversorgung als auch hinsichtlich des Mastendgewichts waren diese Unterschiede jedoch nicht signifikant.

Das Mastendgewicht hatte keinen signifikanten Einfluss auf die durchschnittliche XP- und ME-Aufnahme. Weder die

Tabelle 2: Inhaltsstoffe der eingesetzten Futtermittel

g/kg TM, wenn nicht anders angegeben	Heu	Maissilage	Energiekraftfutter (EKF)	Proteinkraftfutter (PKF)
Trockenmasse (TM), g/kg FM	895	315	883	901
Rohprotein (XP)	138	75	96	493
pansenabbaubares Protein (RDP)	110	60	59	344
Mikrobenprotein (MB)	98	109	130	133
pansenunabbaubares Protein (UDP)	28	20	39	147
nutzbares Rohprotein (nXP)	127	130	170	284
ruminale Stickstoffbilanz (RNB)	2	-8	-11	33
Rohfett (XL)	24	34	35	19
Rohfaser (XF)	270	240	28	80
Stickstofffreie Extraktstoffe (NfE)	476	597	818	340
Organische Masse (OM)	907	955	982	929
Rohasche (XA)	93	45	18	71
Neutral-Detergenzien-Faser (NDF)	505	472	156	154
Säure-Detergenzien-Faser (ADF)	309	266	35	116
Lignin (ADL)	36	25	6	27
Nicht-Faser-Kohlenhydrate (NFC)	241	374	695	263
Metabolische Energie (ME), MJ/kg TM	9,3	10,7	14,1	13,4

Tabelle 3: Einfluss von Proteinversorgung in der Endmast und Mastendgewicht auf Futteraufnahme, Nährstoffaufnahme, Tageszunahmen und Futteraufwand

	Proteinversorgung		Mastendgewicht		s _e	p-Wert	
	red	prax	690	760		Protein	Gewicht
<i>Futteraufnahme</i>							
Futteraufnahme gesamt, kg TM/Tag	8,2	8,5	8,1	8,7	2,8	0,716	0,424
Grundfutteraufnahme, kg TM/Tag	5,7	6,0	5,5	6,1	2,5	0,652	0,374
Kraftfutteraufnahme, kg TM/Tag	2,6	2,6	2,6	2,6	0,3	0,824	0,620
<i>Nährstoffaufnahme</i>							
XP, g/Tag	991 ^b	1.096 ^a	1.023	1.064	158	0,002	0,198
ME, MJ/Tag	94	97	92	99	30	0,720	0,436
<i>Tageszunahmen</i>							
Tageszunahmen, g	1.433	1.485	1.439	1.479	645	0,116	0,231
<i>Futteraufwand</i>							
TM, kg/kg Zuwachs	7,2	7,8	7,8	7,2	26	0,650	0,617
ME, MJ/kg Zuwachs	82	88	89	82	294	0,667	0,604
XP, g/kg Zuwachs	834	957	949	842	2.771	0,342	0,412

Proteinversorgung noch das Mastendgewicht hatten einen Einfluss auf die täglichen Zunahmen sowie den Futter- und Nährstoffaufwand (Futter- und Nährstoffverwertung). Die durchschnittlichen täglichen Zunahmen lagen bei allen Versuchsgruppen zwischen 1.400 und 1.500 g und damit auf einem hohen Niveau. Die XP-Aufnahme war in der Gruppe „red“ signifikant niedriger als in der Gruppe „prax“. Der Grund für die geringere XP-Aufnahme der Gruppe „red“ lag im signifikant geringeren XP-Gehalt der Ration in der Endmast, während sich der ME-Gehalt der Ration zwischen den beiden Varianten der Proteinversorgung nicht unterschied (Tabelle 4).

Die Aufnahme an TM, XP und ME nahm mit steigendem Lebendgewicht (LG) der Stiere kontinuierlich zu (Tabelle 4). In der Endmast (ab 500 kg LG) wies die Gruppe „prax“ signifikant höhere TM-, XP- und ME-Aufnahmen auf als die Gruppe „red“. Im Gegensatz dazu war das XP/ME-Verhältnis der Ration bei der Gruppe „red“ in der Endmast

deutlich niedriger als bei der Gruppe „prax“. Das Mastendgewicht hatte keinen Einfluss auf den XP- und ME-Gehalt der Ration, das XP/ME-Verhältnis sowie die Aufnahme von TM, XP und ME. In der Gewichtsklasse 700 - 760 kg war die TM-Aufnahme der Stiere der Gruppe „760“ um 0,8 kg/Tag, die XP-Aufnahme um 67 g/Tag und die ME-Aufnahme um 8 MJ/Tag höher als in der Gewichtsklasse 600 - 700 kg.

Die höchsten Tageszunahmen wurden bei allen Gruppen im Gewichtsbereich zwischen 200 und 400 kg LG erreicht (Tabelle 4, Abbildung 1). Zwischen 400 und 700 kg LG nahmen die Tageszunahmen in allen Gruppen von rund 1.600 auf rund 1.300 g ab. In der Gruppe „760“ waren die durchschnittlichen Zunahmen der Stiere in der Gewichtsklasse 700 - 760 kg um 60 g höher als in der Gewichtsklasse 600 - 700 kg. Dieser Anstieg der Tageszunahmen war jedoch nur bei den Stieren mit hoher Proteinversorgung in der Endmast (Gruppe „prax“) zu beobachten. Die Stiere der Gruppe „red“ erreichten in der Gewichtsklasse 500 - 600 kg (nach

Tabelle 4: Nährstoffgehalte der Ration, Nährstoffaufnahme, XP/ME-Verhältnis und Tageszunahmen nach Gewichtsbereichen

	Gewichtsbereich kg LM	Proteinversorgung		Mastendgewicht		s _e	p-Wert	
		red	prax	690	760		Protein	Gewicht
XP-Gehalt der Ration, g/kg TM	200 - 300	151	149	152	148	14,6	0,688	0,197
	300 - 400	134 ^a	131 ^b	133	131	7,4	0,041	0,120
	400 - 500	127	126	127	126	6,3	0,716	0,398
	500 - 600	108 ^b	121 ^a	115	115	10,8	<0,001	0,979
	600 - 700	99 ^b	114 ^a	107	106	6,2	<0,001	0,494
	700 - 760	100 ^b	113 ^a		104	5,3	<0,001	
ME-Gehalt der Ration, MJ/ kg TM	200 - 300	11,7	11,7	11,7	11,7	0,2	0,671	0,613
	300 - 400	11,4	11,4	11,4	11,4	0,2	0,400	0,892
	400 - 500	11,3	11,3	11,3	11,3	0,2	0,765	0,895
	500 - 600	11,4	11,3	11,4	11,4	0,2	0,088	0,583
	600 - 700	11,4 ^a	11,3 ^b	11,3	11,3	0,2	0,040	0,964
	700 - 760	11,2	11,2		11,2	0,2	0,188	
XP/ME-Verhältnis der Ration	200 - 300	12,9	12,8	13,0	12,6	1,1	0,711	0,161
	300 - 400	11,7 ^a	11,5 ^b	11,7	11,5	0,5	0,027	0,062
	400 - 500	11,2	11,2	11,2	11,1	0,6	0,768	0,353
	500 - 600	9,5 ^b	10,7 ^a	10,1	10,1	0,9	<0,001	0,924
	600 - 700	8,7 ^b	10,1 ^a	9,4	9,4	0,5	<0,001	0,479
	700 - 760	8,7 ^b	9,9 ^a		9,3	0,5	<0,001	
TM-Aufnahme, kg/Tag	200 - 300	6,1	6,3	6,0	6,4	0,9	0,431	0,095
	300 - 400	7,5	7,9	7,6	7,8	0,8	0,050	0,088
	400 - 500	8,7	8,9	8,7	8,8	0,7	0,171	0,530
	500 - 600	9,5 ^b	10,1 ^a	9,8	9,8	0,8	0,001	0,888
	600 - 700	10,2 ^b	11,0 ^a	10,4	10,7	1,3	0,018	0,404
	700 - 760	11,1 ^b	11,9 ^a		11,5	1,1	0,046	
XP-Aufnahme, g/Tag	200 - 300	908	921	902 ^b	928 ^a	51	0,228	0,020
	300 - 400	1.000	1.025	1.002	1.023	69	0,116	0,182
	400 - 500	1.095	1.117	1.104	1.107	76	0,201	0,850
	500 - 600	1.020 ^b	1.215 ^a	1.116	1.120	111	<0,001	0,868
	600 - 700	997 ^b	1.246 ^a	1.112	1.132	115	<0,001	0,514
	700 - 760	1.086 ^b	1.312 ^a		1.199	103	<0,001	
ME-Aufnahme, MJ/Tag	200 - 300	71	73	70	74	10	0,425	0,072
	300 - 400	86 ^b	89 ^a	86	89	8	0,038	0,056
	400 - 500	98	100	99	100	8	0,209	0,495
	500 - 600	108 ^b	114 ^a	111	111	9	0,002	0,749
	600 - 700	115 ^b	124 ^a	118	121	14	0,024	0,348
	700 - 760	124 ^b	134 ^a		129	12	0,037	
Tageszunahmen, g	200 - 300	1.573	1.626	1.575	1.624	477	0,374	0,410
	300 - 400	1.629	1.614	1.564	1.679	544	0,828	0,091
	400 - 500	1.559	1.543	1.508	1.594	558	0,772	0,136
	500 - 600	1.296 ^b	1.471 ^a	1.325	1.443	563	0,005	0,057
	600 - 700	1.295	1.294	1.285	1.304	728	0,990	0,813
	700 - 760	1.277	1.451		1.364	1.026	0,367	

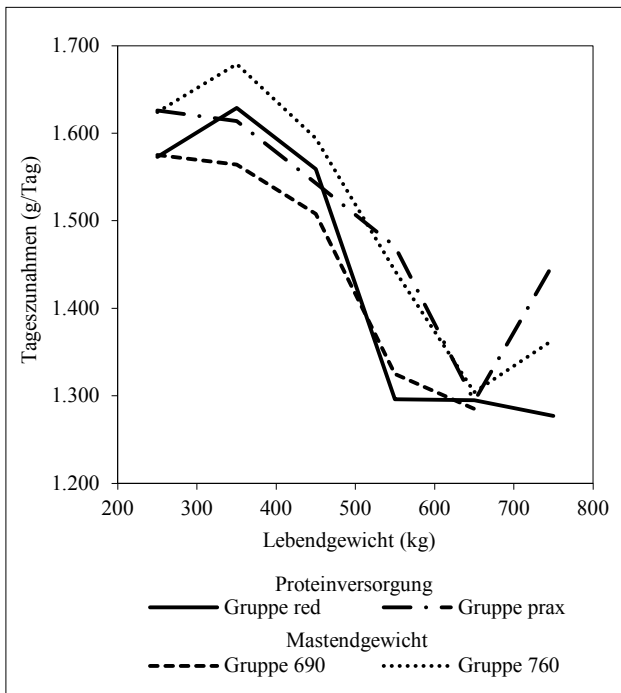


Abbildung 1: Tageszunahmen im Gewichtsverlauf

Reduzierung der Proteinversorgung) signifikant niedrigere Tageszunahmen als jene der Gruppe „prax“.

Der durchschnittliche Aufwand an TM, XP und ME je kg Zuwachs nach Gewichtsklassen wurde mit Hilfe der Werte der Tabelle 4 berechnet und ist in Abbildung 2 grafisch dargestellt. Bis 500 kg LG waren kaum Unterschiede im Futter- und Nährstoffaufwand (Futter- und Nährstoffverwertung) zwischen den Versuchsgruppen festzustellen. In der Gruppe „red“ stieg der TM- und ME-Aufwand je kg Zuwachs nach Reduzierung der Proteinversorgung (bei 500 kg LG) stärker an als in der Gruppe „prax“. Zwischen 600 und 700 kg LG benötigte dagegen die Gruppe „prax“ mehr TM und ME um 1 kg Zuwachs zu produzieren als die Gruppe „red“. Ab etwa 600 kg LG bewirkte die Reduzierung der Proteinversorgung in der Gruppe „red“ einen leichten Rückgang des XP-Aufwands je kg Zuwachs, während er bei der Gruppe „prax“ deutlich anstieg.

Die beiden Gewichtsklassen wiesen (mit Ausnahme des Gewichtsbereiches zwischen 500 und 600 kg LG) jeweils ähnliche Werte für den TM-, XP- und ME-Aufwand je kg Zuwachs auf. Bei der Gruppe „760“ war der Aufwand an TM, XP und ME in der Gewichtsklasse 700 - 760 kg kaum höher als in der Gewichtsklasse 600 - 700 kg.

3.2 Schlachtleistung

Die Ergebnisse zur Schlachtleistung der untersuchten Tiere sind in Tabelle 5 angeführt. Die Proteinversorgung in der Endmast hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Schlachtleistung der Stiere. Bedingt durch das höhere Mastendgewicht waren die Stiere der Gruppe „760“ bei der Schlachtung um rund 1,5 Monate älter als jene der Gruppe „690“. 5 Tiere der Gruppe „760“ waren bei der Schlachtung älter als 19 Monate, wodurch bei der Bezahlung Preisabschläge durch Verlust des AMA-Gütesiegel-Status auftreten können. Die Ausschachtung der Stiere wurde vom Mastendgewicht nicht signifikant beeinflusst und lag bei

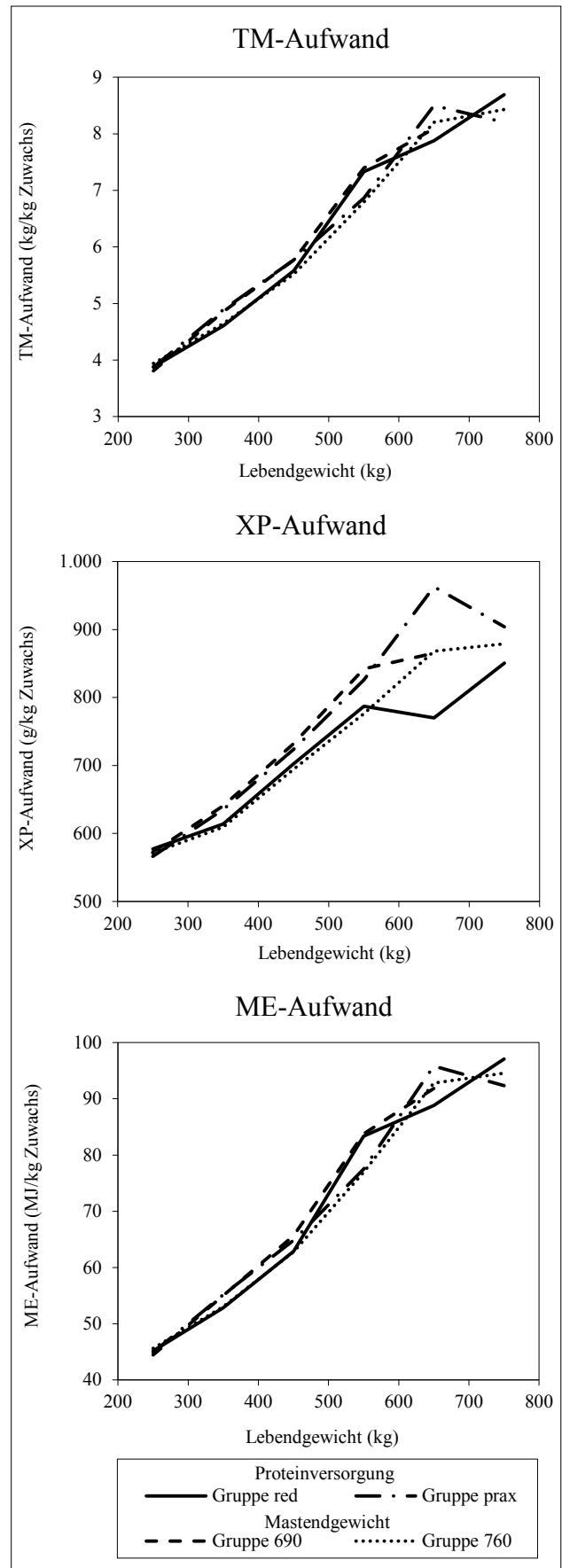


Abbildung 2: TM-, XP- und ME-Aufwand je kg Zuwachs im Gewichtsverlauf

rund 56 %. Allerdings war der Anteil wertvoller Teilstücke bei den Tieren der Gruppe „760“ signifikant niedriger als bei jenen der Gruppe „690“.

Die Fleischigkeit wurde von der Proteinversorgung und vom Mastendgewicht nicht signifikant beeinflusst. Allerdings war der Anteil der Stiere in den Fleischigkeitsklassen E und U bei hoher Proteinversorgung in der Endmast bzw. bei hohem Mastendgewicht höher als in den Vergleichsgruppen. Die Proteinversorgung hatte auch keinen signifikanten Einfluss auf die Verfettung der Schlachtkörper. Die Stiere der Gruppe „760“ waren jedoch im Durchschnitt deutlich fetter als jene der Gruppe „690“. 20 % der Stiere der Gruppe „760“ wurden in die Fettklasse 4 eingestuft, während in der Gruppe „690“ kein Tier diese Fettklasse erreichte.

3.3 Fleischqualität

Die Ergebnisse der Fleischqualitätsuntersuchungen sind in *Tabelle 6* angeführt. Für die Interpretation der Fleischqualität wurden die Ergebnisse vom Englischen und Weißen Scherzel zusammengefasst, weshalb die Werte in *Tabelle 6*

und *Tabelle 7* Durchschnittswerte dieser beiden Muskeln darstellen. Das Fleisch der Stiere der Gruppe „red“ wies eine höhere Scherkraft gekocht (höhere Zähigkeit des gekochten Fleisches) auf als jenes der Tiere der Gruppe „prax“. Die Intensität der Rotfärbung des Fleisches nahm mit steigendem Mastendgewicht signifikant zu, während alle weiteren Fleischqualitätsparameter von der Proteinversorgung in der Endmast und vom Mastendgewicht unbeeinflusst blieben.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Fleischqualität der Stiere hatte jedoch die Reifedauer des Fleisches. Mit zunehmender Reifedauer wurde das Fleisch signifikant heller und zarter. Sowohl die Scherkraft gegrillt als auch die Scherkraft gekocht waren nach 21 Tagen Reifedauer deutlich niedriger als nach 7 Tagen. Im Allgemeinen lag die Zartheit des Fleisches auf mäßigem Niveau. Der Koch- und Grillsaftverlust nahm zwischen 14 und 21 Tagen Reifedauer signifikant ab, während nach 7 und 21 Tagen Reifezeit ähnliche Werte erzielt wurden.

Die Proteinversorgung in der Endmast hatte (mit Ausnahme des XA-Gehalts und des $\Omega 6/\Omega 3$ -Verhältnisses) keinen

Tabelle 5: Schlachtleistung der untersuchten Stiere in Abhängigkeit von Proteinversorgung in der Endmast und Mastendgewicht

	Proteinversorgung		Mastendgewicht		s _e	p-Wert	
	red	prax	690	760		Protein	Gewicht
Anfangsgewicht, kg	194	189	193	191	23	0,455	0,781
Mastendgewicht, kg	727	726	694 ^b	759 ^a	14	0,767	<0,001
Schlachalter, Monate	17,4	16,9	16,5 ^b	17,9 ^a	1,5	0,333	0,006
Mastdauer, Monate	12,7	12,3	11,8 ^b	13,1 ^a	1,4	0,390	0,008
Schlachtkörpergewicht _{kalt} , kg	405	403	387 ^b	421 ^a	14	0,707	<0,001
Nettotageszunahme ¹ , g/d	717	736	723	730	53	0,252	0,704
Ausschlachtung _{kalt} ² , %	55,8	55,6	55,9	55,5	1,7	0,761	0,500
Anteil wertvoller Teilstücke ³	41,8	41,6	42,1 ^a	41,3 ^b	1,1	0,497	0,027
Rückenmuskel, 9. Rippe, cm ²	133	126	129	129	19	0,314	0,982
Fleischigkeit (1=E, 5=P)	2,2	2,1	2,3	2,1		0,417	0,247
Anteil E/U, %	71	85	74	83			
Anteil R, %	29	15	26	17			
Fettklasse (1=mager, 5=fett)	2,7	2,8	2,5 ^b	3,0 ^a		0,786	0,032
Anteil Fettkl. 1, %	3	0	3	0			
Anteil Fettkl. 2, %	34	32	45	22			
Anteil Fettkl. 3, %	53	58	52	58			
Anteil Fettkl. 4, %	10	10	0	20			

¹ (Schlachtkörpergewicht/Schlachalter)*1.000

² (Mastendgewicht/Schlachtkörpergewicht)*100

³ Englischer, Filet, Hinterhese, Keule

Tabelle 6: Einfluss von Proteinversorgung in der Endmast, Mastendgewicht und Reifedauer auf die Fleischqualität von Fleckvieh-Stieren

	Proteinversorgung		Mastendgewicht		Reifedauer, Tage			s _e	p-Wert		
	red	prax	690	760	7	14	21		Protein	Gewicht	Reifedauer
<i>Fleischfarbe, nach 2 h Oxidation</i>											
Helligkeit (L)	42,7	42,9	42,8	42,7	41,9 ^c	42,9 ^b	43,5 ^a	2,5	0,506	0,790	<0,001
Rotton (a)	19,8	19,9	19,3 ^b	20,4 ^a	19,9	19,9	19,8	2,0	0,600	<0,001	0,475
Gelbton (b)	17,5	17,8	17,5	17,8	17,4 ^b	17,7 ^a	17,8 ^a	1,3	0,094	0,055	0,001
<i>Wasserbindungsvermögen, Verluste in %</i>											
Tropfsaft ¹	1,7	1,8	1,8	1,7				0,6	0,758	0,717	
Kochsaft	30,2	30,6	30,5	30,3	30,7 ^{ab}	30,7 ^a	29,9 ^b	3,5	0,250	0,552	0,019
Grillsaft ^{warm}	24,2	23,7	23,9	24,0	23,7 ^b	24,9 ^a	23,3 ^b	3,1	0,296	0,715	0,005
Grillsaft ^{kalt}	32,3	31,8	32,1	31,9	31,6 ^b	32,9 ^a	31,6 ^b	3,2	0,315	0,610	0,010
<i>Zartheit, in kg</i>											
Scherkraft ^{gegrrillt}	5,0	4,8	4,9	4,9	5,6 ^a	4,7 ^b	4,3 ^c	1,0	0,128	0,974	<0,001
Scherkraft ^{gekocht}	5,4 ^a	5,0 ^b	5,2	5,2	6,1 ^a	5,0 ^b	4,5 ^c	1,1	0,019	0,871	<0,001

¹ wurde nur 7 Tage nach der Schlachtung erhoben

Tabelle 7: Inhaltsstoffe und Fettsäuremuster von Fleisch der untersuchten Stiere in Abhängigkeit von Proteinversorgung in der Endmast und Mastendgewicht

	Proteinversorgung		Mastendgewicht		s _e	p-Wert	
	red	prax	690	760		Protein	Gewicht
<i>Inhaltsstoffe, in g/kg Frischfleisch</i>							
Trockenmasse, TM	244	245	242 ^b	248 ^a	7	0,316	<0,001
Rohprotein, XP	218	217	218	217	5	0,377	0,253
Intramuskulärer Fettgehalt, IMF	18	18	15 ^b	20 ^a	7	0,930	<0,001
Rohasche, XA	10,8 ^a	10,6 ^b	10,7	10,7	0,3	<0,001	0,338
<i>Fettsäuremuster; in g/100g FAME</i>							
Gesättigte FS ¹ , SFA	45,3	45,1	45,3	45,2	2,5	0,710	0,786
Einfach ungesättigte FS ¹ , MUFA	45,3	45,9	44,8 ^b	46,5 ^a	3,0	0,195	0,001
Mehrfach ungesättigte FS ¹ , PUFA	9,4	8,8	9,9 ^a	8,4 ^b	2,8	0,217	0,001
Ω6-Fettsäuren	8,2	7,6	8,6 ^a	7,3 ^b	2,6	0,179	0,002
Ω3-Fettsäuren	0,82	0,82	0,88 ^a	0,76 ^b	0,26	0,972	0,006
Konjugierte Linolsäuren, CLA	0,35	0,36	0,36	0,35	0,11	0,656	0,482
PUFA/SFA-Verhältnis	0,21	0,20	0,22 ^a	0,19 ^b	0,07	0,254	0,004
Ω6/Ω3-Verhältnis	10,1 ^a	9,5 ^b	9,8	9,8	1,8	0,024	0,994

¹ Fettsäuren

signifikanten Einfluss auf die Fleischzusammensetzung. Das Fleisch der Stiere der Gruppe „760“ hatte im Vergleich zu jenen der Gruppe „690“ einen höheren TM- und IMF-Gehalt. Obwohl sich ein höherer IMF-Gehalt meist positiv auf die Zartheit auswirkt, konnte in diesem Versuch kein Unterschied in der Zartheit zwischen den beiden Gewichtsgruppen festgestellt werden. Das Fleisch der Gruppe „760“ hatte einen höheren MUFA- sowie einen niedrigeren PUFA-Gehalt als jenes der Gruppe „690“. Deshalb waren auch der Gehalt an Ω6- und Ω3-Fettsäuren sowie das PUFA/SFA-Verhältnis bei der Gruppe „760“ signifikant niedriger.

4. Diskussion

Nach Reduzierung der Proteinversorgung ab 500 kg LG wies die Gruppe „red“ eine signifikant niedrigere Futter- und Nährstoffaufnahme sowie niedrigere Tageszunahmen auf als die Gruppe „prax“. SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1995), STEINWIDDER et al. (2006b) und ETTLE et al. (2014) führten Mastversuche mit unterschiedlicher Proteinversorgung während der gesamten Mastdauer der Tiere durch. In diesen Versuchen wurden, wie im vorliegenden Projekt, niedrige Futteraufnahmen und Tageszunahmen bei geringer Proteinversorgung (unter 11 % XP-Gehalt der Ration) festgestellt. Über die Auswirkung reduzierter Proteinversorgung bei hohen Mastendgewichten lassen die Untersuchungen von SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1995) sowie STEINWIDDER et al. (2006b) jedoch keine Aussagen zu, da die Stiere bei 600 - 650 kg LG geschlachtet wurden. ETTLE et al. (2014) führten einen zweiten Versuch mit unterschiedlicher Proteinversorgung in der Endmast durch, welcher dem aktuellen Projekt sehr ähnlich war. Bei XP-Gehalten in der Ration von 11,7 % oder höher wurden dabei signifikant höhere Tageszunahmen erreicht als bei 9,8 und 7,9 % XP in der Ration.

Laut Bedarfsnormen für Mastrinder der GfE (1995) sollte bei Fleckvieh-Stieren das XP/ME-Verhältnis ab 470 kg LG bei 10,7 liegen, damit entsprechende Leistungen möglich sind. Diese Empfehlungen gelten jedoch nur bis 620 kg LG. Der aktuelle Versuch zeigt, dass bei Lebendgewichten über 600 kg auch mit einem geringeren XP/ME-Verhältnis der Ration zufriedenstellende Tageszunahmen erreichbar sind.

Die durchschnittlichen Tageszunahmen der Stiere der Gruppe „760“ lagen bei 1.479 g und damit um rund 150 g höher als im Versuch von GEUDER und PICKL (2014), in welchem die Tiere ebenfalls auf Mastendgewichte über 700 kg gemästet wurden. Bei den beiden Versuchen von ETTLE et al. (2014) gingen die Tageszunahmen, wie im vorliegenden Projekt, ab 500 kg LG deutlich zurück, wobei sie bei einem Versuch ähnlich und beim anderen deutlich höher waren als bei der aktuellen Untersuchung.

Der Futter- und Nährstoffaufwand je kg Zuwachs lag im aktuellen Versuch auf einem ähnlichen Niveau wie in der Untersuchung von GRUBER et al. (2009), bei welcher die Stiere ähnlich gefüttert wurden. Dagegen war der Nährstoffaufwand je kg Zuwachs in den Versuchen von STEINWIDDER et al. (2006b) und ETTLE et al. (2014) trotz ähnlicher Fütterung wesentlich geringer als im aktuellen Projekt. In einem anderen Versuch von ETTLE et al. (2014), bei dem nur die Endmast untersucht wurde, waren der TM- und ME-Aufwand ähnlich hoch und der XP-Aufwand deutlich höher als im aktuellen Versuch. Die eigenen Ergebnisse und jene von ETTLE et al. (2014) zeigen, dass der Aufwand an TM, XP und ME je kg Zuwachs mit steigendem Lebendgewicht deutlich ansteigt. Im Versuch von ETTLE et al. (2014) erwies sich in der Anfangs- und Mittelmast eine Proteinversorgung von 12,3 % als am günstigsten, da sowohl der Aufwand an XP als auch an ME je kg Zuwachs auf einem niedrigen Niveau lag. In der Endmast schien jedoch ein Proteingehalt von 10,3 % optimal zu sein, da vor allem der Proteinaufwand je kg Zuwachs bei XP-Gehalten von 12,3 % oder mehr deutlich anstieg (bis auf rund 1.300 g bei 16,4 % XP in der Ration). Auch im eigenen Versuch führte ein um 1,5 % niedrigerer XP-Gehalt in der Ration ab 600 kg LG zu einer deutlichen Reduzierung des XP-Aufwands je kg Zuwachs.

Die Stiere der Gruppe „760“ waren bei der Schlachtung im Durchschnitt 17,9 Monate alt, wobei 5 Stiere (entspricht 25 % der Stiere) ein Alter von über 19 Monate erreicht haben. Stiere mit einem Schlachtagter über 19 Monaten verlieren den Status als AMA-Gütesiegel-Jungstier, können aber über die Österreichische Rinderbörse als Premium Rind zu einem um 5 Cent/kg Schlachtgewicht_{kalt} niedrigeren Preis vermarktet werden. 3 von diesen 5 Stieren hatten jedoch

das bei der Vermarktung als Premium Rind zugelassene Schlachtgewicht_{kalt} (436,1 kg) überschritten, wodurch gegenüber dem AMA-Gütesiegel-Jungstier ein Preisnachteil von 27 Cent je kg Schlachtgewicht_{kalt} entsteht (ÖSTERREICHISCHE RINDERBÖRSE 2016).

Die durchschnittliche Ausschachtung lag bei rund 56 % und war damit niedriger als in den Versuchen von FRICKH et al. (2002), STEINWIDDER et al. (2006b), ETTLE et al. (2014) sowie GEUDER und PICKL (2014). In der Untersuchung von GEUDER und PICKL (2014) blieb die Ausschachtung von Fleckvieh-Stieren bei Steigerung des Schlachtgewichts von 700 auf 830 kg LG auf einem konstanten Niveau von rund 58 - 59 %. ETTLE et al. (2014) stellten fest, dass XP-Gehalte in der Ration von rund 8 % deutlich geringere Ausschachtungen und Fleischigkeiten zur Folge haben als XP-Gehalte von rund 10 % oder darüber. Im aktuellen Versuch hatte die Proteinversorgung in der Endmast keinen Einfluss auf die durchschnittliche Fleischigkeit, allerdings war der Anteil der Stiere in Fleischigkeitsklasse E/U in der Gruppe „prax“ höher als in der Gruppe „red“. Wie im vorliegenden Projekt stieg auch beim Versuch von GEUDER und PICKL (2014) die Fleischigkeit mit zunehmendem Mastendgewicht tendenziell an.

ETTLE et al. (2014) stellten in ihren Versuchen fest, dass XP-Gehalte in der Ration von rund 10 % oder darunter zu einer deutlichen Abnahme der Verfettung führen. Im aktuellen Projekt wurde kein Einfluss der Proteinversorgung auf die Verfettung der Stiere festgestellt, während der Anstieg des Mastendgewichts eine signifikante Zunahme des Verfettungsniveaus zur Folge hatte. VELIK et al. (2008) stellten ebenfalls eine signifikant höhere Verfettung bei steigenden Mastendgewichten fest. Dagegen bewirkte die Anhebung des Mastendgewichts von 700 auf 830 kg in der Untersuchung von GEUDER und PICKL (2014) nur einen unwesentlichen Anstieg in der Verfettung. Im aktuellen Versuch wurden 4 Stiere der Gruppe „760“ (entspricht 20 % der Stiere) in die Fettklasse 4 eingestuft, wodurch bei der Vermarktung ein Preisabschlag von 7 Cent je kg Schlachtgewicht_{kalt} entsteht (MINIHUBER 2015).

Das Fleisch der Stiere der eigenen Untersuchung war deutlich dunkler sowie intensiver rot und gelb gefärbt als in den Versuchen von FRICKH et al. (2003), VELIK et al. (2008), GEUDER et al. (2012) und ETTLE et al. (2014). Im Vergleich zu den Versuchen von VELIK et al. (2008) und ETTLE et al. (2014) war der Tropfsaftverlust im aktuellen Projekt niedriger sowie der Koch- und Grillsaft höher. Die Scherkraft gegrillt war höher und somit ungünstiger als in den Untersuchungen von FRICKH et al. (2003) und VELIK et al. (2008). Verglichen mit den Ergebnissen von GEUDER et al. (2012) und ETTLE et al. (2014) wies das Fleisch in der vorliegenden Arbeit jedoch deutlich niedrigere Werte für die Scherkraft gegrillt auf. Die Proteinversorgung beeinflusste die Fleischqualität kaum, was durch die Untersuchungen von ETTLE et al. (2014) bestätigt wird.

Der IMF-Gehalt lag im aktuellen Projekt zwischen 1,5 und 2 % und somit auf einem ähnlichen Niveau wie in der Arbeit von ZAPLETAL et al. (2009). In den Versuchen von VELIK et al. (2008) und ETTLE et al. (2014) erreichten dagegen Fleckvieh-Stiere deutlich höhere IMF-Gehalte im Fleisch. Die Gruppe „760“ wies einen signifikant höheren IMF-Gehalt auf als die Gruppe „690“, wodurch in der Regel die

Zartheit des Fleisches positiv beeinflusst wird. Das war im aktuellen Projekt jedoch nicht der Fall und ist laut DUFÉY und CHAMBAZ (1999) darauf zurückzuführen, dass ein positiver Effekt des IMF-Gehalts auf die Zartheit erst bei IMF-Gehalten über 3 % erwartet werden kann.

SAMI et al. (2010) stellten ähnliche Gehalte an gesättigten (SFA) sowie einfach ungesättigten (MUFA) und mehrfach ungesättigten (PUFA) Fettsäuren fest wie im aktuellen Projekt, wobei ebenfalls kein Einfluss der Proteinversorgung auf das Fettsäuremuster auftrat. Dagegen wies das Fleisch von Fleckvieh-Stieren im Versuch von ZAPLETAL et al. (2009) deutlich höhere Gehalte an SFA sowie niedrigere Gehalte an PUFA auf als in den eigenen Untersuchungen. Der höhere Anteil an MUFA und der niedrigere Anteil an PUFA im Fleisch der Tiere der Gruppe „760“ sind auf den höheren IMF-Gehalt zurückzuführen. DE SMET et al. (2004) stellten ebenfalls fest, dass mit steigendem IMF-Gehalt die Anteile an SFA und MUFA steigen, während der Anteil an PUFA zurückgeht.

5. Schlussfolgerung

Bei der Mast auf hohe Endgewichte (über 700 g LG) sollte vor allem auf eine angepasste Fütterung und auf eine marktkonforme Schlachtleistung geachtet werden. Ab 600 kg LG reichen ein XP-Gehalt in der Ration von rund 10 % sowie ein XP/ME-Verhältnis von etwa 9 - 10 aus, um zufriedenstellende Tageszunahmen erreichen zu können. Darüber hinaus wird durch reduzierte Proteinversorgung in der Endmast der XP-Aufwand je kg Zuwachs deutlich gesenkt und somit kann teures Proteinkraftfutter eingespart werden. Auch bei Lebendgewichten über 700 kg können hohe Tageszunahmen (über 1.300 g), Futtermittelverwertungen und Ausschachtungen erreicht werden, weshalb hohe Mastendgewichte durchaus empfehlenswert sind. Zu beachten ist jedoch, dass die Stiere nicht zu stark verfetten und das vom Markt geforderte Schlachtgewicht bzw. Alter nicht übersteigen, da sonst Preisabschläge in Kauf zu nehmen sind. Eine Verbesserung der Fleischqualität durch höhere Mastendgewichte (und damit höhere IMF-Gehalte) ist nicht zu erwarten.

6. Literatur

- AMA (Agrarmarkt Austria), 2015: Lebend- und Schlachtgewichte, Schlachtausbeute, Schlachtungen sowie Fleischanfall. https://www.ama.at/getattachment/c9170514-b892-46ff-9e27-f2fd74e0d9b9/220_schlachtgew_2003-2014.pdf, besucht am 07.01.2016.
- DE SMET, S., K. RAES und D. DEMEYER, 2004: Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Anim. Res.* 53, 81-98.
- DGF (Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft), 2006: Methode C-VI 11 (98) – Fettsäuremethylester (TMSH-Methode). In: DGF (Hrsg.): DGF-Einheitsmethoden: Deutsche Einheitsmethoden zur Untersuchung von Fetten, Fettprodukten, Tensiden und verwandten Stoffen. 2. Auflage einschl. 1. Akt.-Lfg., Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.
- DUFÉY, P. und A. CHAMBAZ, 1999: Einfluss von Produktionsfaktoren auf die Rindfleischqualität. *Agrarforschung* 6, 345-348.
- ETTLE, T., A. OBERMAIER, V.S. AICHNER und P. EDELMANN, 2014: Untersuchungen zur Proteinversorgung von Rindern, zum Einsatz von heimischem Eiweiß beim Rind und zur Proteinbewertung von

- Sojaprodukten aus heimischem Anbau und heimischer Bearbeitung. Endbericht, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan.
- FOLCH, J., M. LEES und G. SLOANE-STANLEY, 1957: A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226, 497-509.
- FRICKH, J.J., A. STEINWIDDER und R. BAUMUNG, 2002: Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Mastendmasse auf die Schlachtleistung von Fleckvieh-Tieren. *Züchtungskunde* 74, 362-375.
- FRICKH, J.J., A. STEINWIDDER und R. BAUMUNG, 2003: Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Mastendmasse auf die Fleischqualität von Fleckvieh-Tieren. *Züchtungskunde* 75, 16-30.
- GEUDER, U., M. PICKL, M. SCHEIDLER, M. SCHUSTER und K. GÖTZ, 2012: Mast-, Schlachtleistung und Fleischqualität bayerischer Rinderrassen. *Züchtungskunde* 84, 485-499.
- GEUDER, U. und M. PICKL, 2014: Hohe Endgewichte zahlen sich doch aus. *TopAgrar* 10, R30-R33.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1995: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere – Nr. 6: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GRUBER, L., M. URDL, A. SCHAUER und R. STEINWENDER, 2009: Einfluss des Kraftfutterniveaus in der Stiermast auf die Mast- und Schlachtleistung bei Maissilage mit niedriger Energiekonzentration. 36. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 16.-17. April 2009, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 77-83.
- HAIGER, A. und W. KNAUS, 2010: Vergleich von Fleckvieh und Holstein Friesian in der Milch- und Fleischleistung – 2. Mitteilung: Fleischleistung mit inländischen Eiweißfuttermitteln. *Züchtungskunde* 82, 447-454.
- MINIHUBER, J., 2015: Persönliche Mitteilung vom 26.08.2015.
- ÖSTERREICHISCHE RINDERBÖRSE, 2016: Vermarktung Jungstier. <http://www.rinderboerse.at/vermarktung/schlachtvieh/jungstier>, besucht am 14.01.2016.
- SAMI, A.S., J. KÖGEL, H. EICHINGER, P. FREUDENREICH und F.J. SCHWARZ, 2006: Effects of the dietary energy source on meat quality and eating quality attributes and fatty acid profile of Simmental bulls. *Anim. Res.* 55, 287-299.
- SAMI, A.S., M. SCHUSTER und F.J. SCHWARZ, 2010: Performance, carcass characteristics and chemical composition of beef affected by lupine seed, rapeseed meal and soybean meal. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 94, 465-473.
- SCHEPER, J. und W. SCHOLZ, 1985: DLG-Schnittführung für die Zerlegung der Schlachtkörper von Rind, Kalb, Schwein und Schaf: eine Standardmethode zur Bezeichnung und Abgrenzung der Teilstücke mit vergleichender Gegenüberstellung. Arbeitsunterlagen DLG, DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- SCHWARZ, F.J. und M. KIRCHGESSNER, 1995: Zum Einfluss unterschiedlicher Rohprotein- und Energiezufuhr auf die Mast- und Schlachtleistung von Fleckvieh-Jungbullen – 1. Mitteilung: Versuchsplan und Mastleistung. *Züchtungskunde* 67, 49-61.
- SCHWARZ, F.J., M. KIRCHGESSNER und C. AUGUSTINI, 1993: Einfluss einer Soja- oder Körnermaiszulage in der Endmast von Jungbullen auf Mastleistung sowie Schlachtkörper- und Fleischqualität. *Züchtungskunde* 65, 28-37.
- STATISTIK AUSTRIA, 2015: Lebend- und Schlachtgewichte – Jahresergebnis 2014. http://www.statistik.at/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_PDF_FILE&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&dDocName=081693, besucht am 07.01.2016.
- STEINWIDDER, A., L. GRUBER, T. GUGGENBERGER, J. GASTEINER, A. SCHAUER und G. MAIERHOFER, 2006a: Einfluss der Protein- und Energieversorgung in der Fleckvieh-Jungbullenmast – I. Mastleistung. *Züchtungskunde* 78, 136-152.
- STEINWIDDER, A., L. GRUBER, T. GUGGENBERGER, G. MAIERHOFER, A. SCHAUER, J. HÄUSLER, J. FRICKH und J. GASTEINER, 2006b: Einfluss der Rohprotein- und Energieversorgung auf die Mast- und Schlachtleistung, Fleischqualität sowie ökonomische und ökologische Parameter in der Fleckvieh-Stiermast. 33. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 26.-27. April 2006, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 63-93.
- VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) (Hrsg.), 2012: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VELIK, M., A. STEINWIDDER, J.J. FRICKH, G. IBI und A. KOLBERÖMER, 2008: Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Genetik auf Schlachtleistung und Fleischqualität von Junggrindern aus der Mutterkuhhaltung. *Züchtungskunde* 80, 378-388.
- VELIK, M., G. TERLER, J. GASTEINER, A. GOTTHARDT, A. STEINWIDDER, R. KITZER, A. ADELWÖHRER und J. KAUFMANN, 2015: Stiermast auf hohe Mastendgewichte bei unterschiedlicher Proteinversorgung in der Endmast – Einfluss auf Tageszunahmen, Schlachtleistung, Fleischqualität und Wirtschaftlichkeit. Abschlussbericht "Maststier_hoch", HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdring-Donnersbachtal.
- ZAPLETAL, D., G. CHLÁDEK und J. SUBRT, 2009: Breed variation in the chemical and fatty acid compositions of the *Longissimus dorsi* muscle in Czech Fleckvieh and Montbeliarde cattle. *Livest. Sci.* 123, 28-33.

Untersuchungen zum Rohproteinbedarf von Fleckviehbullen

Investigations on crude protein requirements of Simmental bulls

Thomas Ettle¹, Anton Obermaier¹, Wilhelm Windisch² und Hubert Spiekers¹

Zusammenfassung

Die derzeit in Deutschland und Österreich gültigen Normen zur Rohproteinversorgung von Fleckviehbullen (GfE 1995) wurden vor über 20 Jahren veröffentlicht und gehen von relativ niedrigen täglichen Zuwachseleistungen und Schlachtgewichten aus, so dass diese Empfehlungen für die heutigen Bedingungen in der intensiven Bullenmast unter Umständen nicht mehr anwendbar sind. Da aus den letzten Jahren jedoch kaum gezielte Untersuchungen zur XP-Versorgung in der Mast mit Fleckviehbullen vorliegen, wurden drei Dosis-Wirkungsversuche zu den Auswirkungen unterschiedlicher XP-Gehalte der Ration in der Anfangs-, Mittel- und Endmast durchgeführt.

In allen Versuchen zeigten sich zunächst deutliche Effekte eines geringen XP-Gehaltes der Ration auf Futteraufnahme und Zuwachseleistungen. Darüber hinaus wurden durchgängig negative Effekte einer leicht überhöhten XP-Versorgung auf Leistungskriterien beobachtet, die jedoch nicht in allen Versuchen und bei jedem Kriterium signifikant waren. Auf eine XP-Versorgung im Normbereich nach vorhergehender marginaler Versorgung reagierten die Mastbullen mit stark kompensatorischen Effekten.

Aus den Daten lässt sich ableiten, dass der XP-Bedarf vor allem im Bereich der Anfangsmast niedriger liegt als in den derzeit gültigen Empfehlungen abgebildet. Auf Grund des Einflusses des XP-Gehaltes der Ration empfiehlt es sich für die Praxis, den XP-Gehalt der Ration und die Futteraufnahme in die Empfehlungen zur XP-Versorgung von Mastbullen mit einzubeziehen.

Schlagwörter: Rohproteinbedarf, Mast, Bullen, Fleckvieh

Summary

The officially valid standards for crude protein (CP) supply to fattening bulls in Germany were published 1995 (GfE 1995) and imply relatively low daily gains and slaughter weights. Over the past years, however, the level of growth performance, as well as the final weight of fattening bulls has increased. This implies that CP requirements may have changed and need to be adjusted. Because in recent years there was a lack of specific research on CP-requirement of Simmental bulls, three dose-response studies with varying dietary CP concentrations in different stages of growth were conducted.

In all studies there was a significant effect of marginal CP supply on feed intake and growth. Moreover, a slight CP oversupply lead consistently to visible negative effects on performance. Obvious compensatory effects were observed when bulls were supplied adequate CP levels after a phase of marginal CP supply.

It can be concluded, that especially in younger animals CP requirements are lower than described in current recommendations. Because of the high impact of dietary CP concentration, recommendations for CP supply in fattening bulls should also involve CP concentration of diets and feed intake.

Keywords: Crude protein requirement, fattening bulls, Simmental

Einleitung

Die Mast von Fleckviehbullen ist eine relativ effiziente Form der Rindfleischerzeugung. Beim Standardverfahren auf Basis Silomais wird eine N-Effizienz von 23 % unterstellt (SPIEKERS 2015). Im Vergleich zu anderen Formen der Fleischerzeugung (Geflügel und Schwein) ist dennoch ein relativ hoher Aufwand an Futterprotein gegeben. Ein Ansatzpunkt zur Minderung ist die Phasenfütterung. Darüber hinaus wird insbesondere der Einsatz von Sojaextraktionsschrot aus Übersee kritisch diskutiert. Neben dem Ersatz von

Sojaextraktionsschrot durch andere rohprotein-(XP)-reiche Futtermittel, wie z.B. Rapsextraktionsschrot, ist der Abbau von Proteinüberhängen in der Gesamtration ein wirksamer Ansatzpunkt, um den Einsatz von Sojaextraktionsschrot und somit den Import aus Übersee für die Rinderfütterung zu reduzieren. Vor allem in der Mast besteht über den tatsächlichen Rohproteinbedarf der Rinder allerdings Unklarheit. Die sehr alten bundesweit gültigen Normen zur Rohproteinversorgung (GfE 1995) gehen von relativ niedrigen täglichen Zuwachseleistungen und Schlachtgewichten aus, sodass diese Daten für die heutigen Bedingungen in

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

² TU München/Weihenstephan, Lehrstuhl für Tierernährung, Liesel-Beckmann-Straße 6, D-85354 Freising

* Ansprechpartner: Dr. Thomas Ettle, email: thomas.ettle@lfl.bayern.de

der intensiven Bullenmast (insbesondere Genetik) unter Umständen nicht mehr passen. Aus diesem Grund sollte an Hand von mehreren dose-response-Versuchen abgeklärt und dargestellt werden, wie weit die Rohproteinversorgung in der Rindermast ohne negative Effekte auf die Leistung abgesenkt werden kann und wie der Rohproteinbedarf in der Bullenmast unter derzeitigen Bedingungen einzuschätzen ist. In einem ersten Versuch wurde dabei die Rohproteinversorgung über den gesamten Mastbereich von etwa 200 bis 750 kg Lebendgewicht stark variiert und für die Bedarfsableitung eine rechnerische Aufteilung in Anfangs-, Mittel- und Endmast vorgenommen. Da aber zu vermuten ist, dass eine Fehlversorgung in der Anfangsmast zu einer Fehleinschätzung des Bedarfes in der Mittel- oder Endmast führt, wurden in weiteren Versuchsansätzen die Auswirkungen einer variierenden Rohproteinversorgung in der Mittel- und Endmast nach vorhergehender bedarfsorientierter Fütterung separat untersucht. Hierdurch sollten konkrete Empfehlungen zur Rohproteinversorgung in der dreiphasigen Mast von Fleckviehbullen abgeleitet werden. Die Untersuchungen waren Teil des bayrischen Aktionsprogrammes „Heimische Eiweißfuttermittel“.

Material und Methoden

Für Versuch **1** (Gesamtmast) standen 60 Fleckvieh-Jungbullen zur Verfügung, die auf fünf Gruppen mit je 12 Tieren, nach Alter und Gewicht aufgeteilt wurden. Die Jungbullen wurden mit einem Anfangsgewicht von etwa 216 ± 17 kg Lebendgewicht bei einem Alter von 148 ± 7 Tagen aufgestellt. Die Tiere wurden während des Versuchs im nicht wärmeisolierten Tretmistbereich des Bullenstalls in Grub gehalten. Die Bullen wurden über eine Totale Mischration (TMR), basierend auf Maissilage (68 % i.d. TM), Kraftfutter (29 % i.d. TM) und Gerstenstroh (3 % i.d. TM) versorgt. Die Rohproteinversorgung in den Gruppen blieb nach Rationsplanung über den gesamten Versuch bestehen. Es wurden fünf Proteinstufen gebildet, sodass der Bereich von deutlich unterhalb der Norm bis hin zur Überversorgung abgedeckt wurde. Um die unterschiedlichen Rohproteinstufen zwischen den Gruppen erzielen zu können, wurden durch Austausch von Sojaextraktionsschrot durch Trockenschnitzel und Weizen zwei Kraftfuttermischungen mit unterschiedlichen Rohproteingehalten erstellt. Diese beiden Kraftfutter wurden den Gesamtrationen im Verhältnis **0:100, 25:75, 50:50, 75:25** und **100:0** beigemischt, so dass der Rohproteingehalt der TMR in den Fütterungsgruppen in den Stufen 8,3; 10,3; 12,3; 14,4 und 16,4 % XP der TM (analysierte Gehalte im Mittel des gesamten Versuches) gestaffelt wurde. Die fünf Rationen waren hinsichtlich aller anderen Nährstoffe und dem Energiegehalt (11,5 MJ ME/kg TM) miteinander vergleichbar. Die Bullen wurden alle vier Wochen gewogen. Die Futterraufnahme wurde täglich über Wiegetröge mit automatischer Tiererkennung erfasst. Die Schlachtung erfolgte im LfL-eigenen Schlachthaus in Grub, wobei immer jeweils Einzeltiere aus einer Bucht bei Erreichen eines Alters von etwa 500 Tagen im Versuchsschlachthaus der LfL in Grub (Schlachttermine im Abstand von 1 Woche) geschlachtet wurden. Für die weiteren Auswertungen erfolgte eine Unterteilung in Anfangs-, Mittel-, und Endmast, welche die Lebendmassebereiche 200 - 350 kg, 350 - 550 kg und 550 bis 780 kg repräsentieren sollen. Das Ende eines Mastabschnittes ist durch das Erreichen des definierten Endge-

wichtes in der Gruppe mit maximalem Wachstum (Stufe 4, 14,4 % XP in der TM) definiert. Die Dauer der jeweiligen Mastabschnitte (68, 112 und 170 Tage) ist dementsprechend für alle Gruppen gleich.

Die Vorgehensweise in den weiteren Fütterungsversuchen war prinzipiell dem oben dargestellten Versuch vergleichbar. Im Versuch **2** (Mittelmast) wurden abweichend davon 72 Fleckvieh-Jungbullen bis zu einem Alter von 263 ± 10 Tagen (Anfangsmast, 100 Tage Dauer) einheitlich mit einer TMR (11,7 MJ ME/kg TM, 141 g XP/kg TM; Maissilage, Kraftfutter und Stroh) versorgt und dann gleichmäßig auf 6 Versuchsgruppen verteilt. Anschließend wurden die Gruppen 1 bis 5 über die Mittelmast (123 Tage Dauer) hinweg mit TMR mit XP-Gehalten von 9,2; 11,1; 13,1; 15,1 und 17,2 % in der TM gefüttert. Die Tiere der sechsten Versuchsgruppe (Gruppe H13) erhielten die TMR der Gruppe 11,1 % XP, die jedoch mit Futterharnstoff im Kraftfutter so ergänzt wurde, dass ein XP-Gehalt der TMR von 13,4 % in der TM erreicht wurde. Der Energiegehalt der TMR in der Mittelmast betrug 11,7 MJ ME/kg TM. Ab Beginn der Endmast bis zum Versuchsende (durchschnittlich 115 Tage Dauer) wurden die Gruppen 1 - 5 wieder einheitlich versorgt (TMR 12,2 % XP und 11,5 MJ ME/kg TM), in der sechsten Versuchsgruppe wurde weiterhin die harnstoffergänzte TMR vorgelegt, wobei hier ebenfalls Gehalte von 12,2 % XP und 11,5 MJ ME/kg in der TM erreicht wurden.

Im **3.** Versuch zur XP-Versorgung von Fleckviehbullen (Endmast) erfolgte die differenzierte Rohproteinversorgung erst ab einem mittleren Gewicht von 490 ± 31 kg und einem Alter von 320 ± 9 Tagen. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden alle Bullen einheitlich über eine TMR mit einem XP-Gehalt von 13 % der TM und einem Energiegehalt von 11,2 MJ ME/kg TM versorgt. Weiterhin wurde in der Endmast eine 6. Versuchsgruppe (Versuchsgruppe H10) mitgeführt, in der die TMR bzw. das Kraftfutter mit dem niedrigsten XP-Gehalt so mit Futterharnstoff ergänzt wurde, dass der XP-Gehalt dem der 2. XP-Versorgungsstufe (9,8 % XP in der TM) entsprechen sollte. Abweichend von den oben dargestellten Bedingungen wurden die Bullen in diesem Versuch im Spaltenbodenbereich des Rinderstalles Grub aufgestellt. Die Schlachtung der Tiere erfolgte bei einem mittleren Alter von 514 ± 3 Tagen. Für die Versuchsgruppen 1 - 6 kamen Daten von 10, 10, 9, 11, 10, und 10 Tieren zur Auswertung. Die Rohnährstoffgehalte in den Futtermitteln wurden an Mischproben der Maissilage (wöchentlich), Kraftfutter (monatlich) und Stroh (alle 2 Monate) nach Weender analysiert (VDLUF 1976); aus den Analysenwerten wurden die Energiegehalte nach GfE (1995) unter Nutzung der Verdaulichkeitswerte in den DLG-Futterwerttabellen (DLG 1997) errechnet. Aus den Rohnährstoff- und Energiegehalten der Einzelkomponenten und der Zusammensetzung der TMR wurden die Rohnährstoff- und Energiegehalte der TMR ermittelt. Die Daten wurden mit dem Statistikprogramm SAS mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse ausgewertet. Signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede zwischen den Gruppen sind mit unterschiedlichen Hochbuchstaben (SNK-Test) gekennzeichnet. Es kamen die Daten aller Tiere zur Auswertung. Eine Ableitung des Rohproteinbedarfes erfolgte mit Hilfe des broken-line-Modells (Prozedur NLIN in SAS) nach ROBBINS et al. (1979) und den Daten zu den täglichen Zuwachsleistungen. Weitere Angaben zu den Versuchen finden sich bei AICHNER et al. (2013a, b, c) und ETTLE et al. (2015a, b).

Ergebnisse

Versuch 1 (Gesamtmast)

In allen drei Mastabschnitten und damit auch in der Gesamtmast zeigten sich deutliche ($p < 0,05$) Effekte der XP-Versorgung auf die tägliche Futteraufnahme, wobei maximale Aufnahmen jeweils in der Stufe 14,4 % XP erreicht wurden (Tabelle 1). Neben der deutlich reduzierten Futteraufnahme bei niedrigen XP-Gehalten der Ration zeigte sich auch in der Stufe 16,4 % XP gegenüber der Gruppe 14,4 % XP ein Rückgang in der Futteraufnahme, wobei dieser Effekt in der Endmast am deutlichsten wurde. Die XP-Aufnahme stieg in allen 3 Mastabschnitten mit steigendem XP-Gehalt der Rationen an, während die tägliche ME-Aufnahme auf Grund der erniedrigten Futteraufnahme in der Gruppe 16,4 % XP nur bis zu einem XP-Gehalt der Ration von 14,4 % anstieg.

In der Anfangsmast (Versuchstag 1 - 68) zeigten sich deutliche ($p < 0,05$) Effekte der XP-Versorgung auf die Gewichtsentwicklung und die täglichen Zunahmen (Tabelle 2). Maximale Zunahmen wurden in der Stufe 14,4 % XP erreicht, eine weitere Steigerung des XP-Gehaltes der Ration

führte zu keiner weiteren Steigerung der Zuwachsraten. In der Mittelmast (Versuchstag 69 - 180) zeigten sich ähnliche Effekte des XP-Gehaltes der Ration auf die täglichen Zunahmen wie in der Anfangsmast. Allerdings wurde hier der Effekt einer XP-Übersorgung durch ein signifikantes ($p < 0,05$) Absinken der täglichen Zunahmen in der Gruppe 16,4 % XP gegenüber der Gruppe 14,4 % XP sichtbar. Auch in der Endmast waren die täglichen Zunahmen durch den XP-Gehalt der Rationen stark ($p < 0,05$) beeinflusst, wobei sich ein Plateau ab der Stufe 12,3 % XP abzeichnete. Im Mittel der gesamten Mast wurden in der Gruppe 16,4 % XP bei einem Endgewicht von 780 kg tägliche Zunahmen von etwa 1.600 g erreicht.

Versuch 2 (Mittelmast)

Dem Versuchsplan entsprechend war die tägliche Futter-, XP- und ME-Aufnahme während der Anfangsmast zwischen den Versuchsgruppen vergleichbar. Im Mittel wurde eine TM-, XP und ME-Aufnahme von 7,3 kg, 1.031 g und 85 MJ je Tag erreicht. In der Mittelmast stieg die Futteraufnahme mit steigendem XP-Gehalt der Ration an ($p < 0,05$), wobei in der Gruppe 15,1 % XP ein Maximum

Tabelle 1: Einfluss des Rohproteingehaltes der Ration auf Futteraufnahme, XP- und ME-Aufnahme in Versuch 1 (Gesamtmast)

		Versuchsgruppe (XP in der TM)				
		8,3 % XP	10,3 % XP	12,3 % XP	14,4 % XP	16,4 % XP
Anfangsmast (68 d)						
XP-Gehalt	g/kg TM	86 ± 2	106 ± 2	125 ± 2	145 ± 2	165 ± 2
TM-Aufnahme	kg/d	5,6 ± 0,4 ^a	5,9 ± 0,7 ^a	6,5 ± 0,6 ^b	7,1 ± 0,6 ^c	6,8 ± 0,5 ^{bc}
XP-Aufnahme	g/d	483 ± 33 ^a	626 ± 76 ^b	817 ± 79 ^c	1.026 ± 90 ^d	1.119 ± 76 ^c
ME-Aufnahme	MJ/d	64,6 ± 4,4 ^a	68,3 ± 8,3 ^a	75,3 ± 7,3 ^b	81,9 ± 7,1 ^c	78,8 ± 5,3 ^{bc}
Mittelmast (112 d)						
XP-Gehalt	g/kg TM	81 ± 3	101 ± 2	121 ± 2	141 ± 1	161 ± 2
TM-Aufnahme	kg/d	6,9 ± 0,6 ^a	7,7 ± 0,9 ^b	8,3 ± 0,4 ^c	9,1 ± 0,4 ^d	8,7 ± 0,6 ^{cd}
XP-Aufnahme	g/d	554 ± 45 ^a	775 ± 90 ^b	1.005 ± 50 ^c	1.282 ± 55 ^d	1.394 ± 94 ^e
ME-Aufnahme	MJ/d	78,1 ± 6,3 ^a	87,7 ± 10,2 ^b	95,2 ± 4,8 ^c	104,4 ± 4,4 ^d	99,6 ± 6,7 ^{cd}
Endmast (170 d)						
XP-Gehalt	g/kg TM	83 ± 5	103 ± 5	124 ± 5	144 ± 6	164 ± 6
TM-Aufnahme	kg/d	7,8 ± 0,8 ^a	9,7 ± 0,9 ^b	10,3 ± 0,9 ^{bc}	10,9 ± 0,9 ^c	10,0 ± 0,8 ^b
XP-Aufnahme	g/d	649 ± 64 ^a	1.001 ± 98 ^b	1.276 ± 108 ^c	1.576 ± 132 ^d	1.643 ± 131 ^d
ME-Aufnahme	MJ/d	89,1 ± 8,9 ^a	110,8 ± 10,8 ^b	118,0 ± 10,0 ^{bc}	125,2 ± 10,6 ^c	114,5 ± 9,2 ^b
Gesamtmast						
TM-Aufnahme	kg/d	7,1 ± 0,6 ^c	8,3 ± 0,8 ^b	8,9 ± 0,6 ^b	9,6 ± 0,6 ^a	8,9 ± 0,6 ^b
XP-Aufnahme	g/d	587 ± 45 ^c	857 ± 83 ^d	1.101 ± 77 ^c	1.377 ± 86 ^b	1.463 ± 102 ^a
ME-Aufnahme	MJ/d	80,9 ± 6,3 ^d	95,3 ± 9,3 ^c	102,6 ± 7,12 ^b	110,3 ± 6,9 ^a	102,9 ± 7,2 ^b

Tabelle 2: Einfluss des Rohproteingehaltes der Ration auf die Gewichtsentwicklung und tägliche Zunahmen in Versuch 1 (Gesamtmast)

		Versuchsgruppe (XP in der TM)				
		8,3 % XP	10,3 % XP	12,3 % XP	14,4 % XP	16,4 % XP
Anfangsmast						
Anfangsgewicht	kg	216 ± 13	216 ± 13	216 ± 16	216 ± 25	216 ± 17
Endgewicht	kg	279 ± 10 ^a	302 ± 18 ^b	327 ± 24 ^c	342 ± 26 ^c	339 ± 24 ^c
Zunahmen	g/d	925 ± 105 ^a	1.266 ± 152 ^b	1.623 ± 273 ^c	1.853 ± 254 ^d	1.811 ± 200 ^d
Mittelmast						
Endgewicht	kg	379 ± 18 ^a	449 ± 29 ^b	506 ± 23 ^c	552 ± 26 ^d	521 ± 34 ^c
Zunahmen	g/d	894 ± 112 ^a	1.311 ± 185 ^b	1.604 ± 159 ^c	1.878 ± 112 ^d	1.618 ± 227 ^c
Endmast						
Endgewicht	kg	543 ± 45 ^a	674 ± 34 ^b	741 ± 43 ^c	780 ± 45 ^d	741 ± 58 ^c
Zunahmen	g/d	920 ± 162 ^a	1.274 ± 173 ^b	1.324 ± 165 ^b	1.322 ± 273 ^b	1.253 ± 235 ^b
Gesamtmast						
Zunahmen	g/d	941 ± 115 ^c	1.307 ± 92 ^b	1.496 ± 118 ^a	1.607 ± 141 ^a	1.499 ± 142 ^a

erreicht wurde (Tabelle 3). Die Futteraufnahme in der mit Harnstoff supplementierten Gruppe ordnet sich im mittleren Bereich ein. In der Endmast lag die Futteraufnahme in jenen Gruppen niedriger, die während der Mittelmast Rationen mit höheren XP-Gehalten erhielten ($p < 0,05$) als die Vergleichsgruppen. Vor allem die Tiere in der Gruppe 9,2 % XP reagierten mit einem starken Anstieg der Futteraufnahme auf die Rationsumstellung. Die Tiere der harnstoffsupplementierten Gruppe lagen mit der TM-Aufnahme im unteren Bereich. Obwohl die XP- und ME-Gehalte der TMR in der Endmast zwischen den Gruppen gleich waren, ergaben sich aus den unterschiedlichen Futteraufnahmen auch deutliche ($p < 0,05$) Effekte auf die XP- und ME-Aufnahme in der Endmast.

Während der Anfangsmast zeigten sich nur zufällige Effekte auf die täglichen Zunahmen (durchschnittlich 1.624 g/Tag) und das Gewicht am Ende der Mastperiode (durchschnittlich 390 kg), was sich mit dem Versuchsplan und der einheitlichen Nährstoffversorgung deckt. In der Versuchsphase (Mittelmast) zeigten sich deutliche ($p < 0,05$) Effekte der XP-Konzentration der Ration auf die Gewichte am Ende dieser Phase und auf die täglichen Zunahmen (Tabelle 4). Das niedrigste Endgewicht wurde mit 530 kg in der Gruppe 9,2 % XP erreicht, das höchste Endgewicht mit 605 kg in der Gruppe 15,1 % XP. Die täglichen Zunahmen in der harnstoffsupplementierten Gruppe lagen in der Mittelmast auf demselben Niveau wie in der Gruppe 15,1 % XP. Während der Endmast sanken die täglichen Zunahmen von der Gruppe 9,2 % XP bis hin zur Gruppe 17,2 % XP in linearer Weise ab ($p < 0,05$). In der Gruppe 9,2 % XP und – weniger ausgeprägt – in der Gruppe 11,1 % XP stiegen die Zunahmen in Folge der Rationsumstellung (Erhöhung der XP-Gehalte in der Endmast)

stark an, was sich auch gut an der Gewichtsentwicklung nachverfolgen lässt.

Im Mittel der gesamten Mast ergaben sich in Abhängigkeit des XP-Gehaltes der Ration tägliche Zunahmen im Bereich von etwa 1.500 bis 1.590 g. Die hohen Zuwachsraten bei optimaler XP-Versorgung zeigen, dass in vorliegendem Versuch das Potential für hohe Leistungen insgesamt gegeben war. Bei der Schlachtung wurden verschiedene Schlachtleistungskriterien und Fleischparameter erfasst. Die Schlachtgewichte verliefen weitgehend analog den Endgewichten. Bei den übrigen Merkmalen zeigten sich nur leichte Effekte der XP-Versorgung in der Mittelmast. Lediglich die erhobenen Kenngrößen zum Fettgehalt der Tiere weisen auf eine stärkere Verfettung bei höheren XP-Gehalten der Ration bis zu 15,2 % XP in der TM hin, was in Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen ist.

Versuch 3 (Endmast)

Die Futteraufnahme stieg zunächst in ähnlicher Weise wie in Versuch 1 mit zunehmendem XP-Gehalt der Ration an ($p < 0,05$), in der höchsten Versorgungsstufe ist wiederum ein tendenzieller Abfall im Vergleich zur Gruppe 13,6 % XP zu erkennen (Tabelle 5). Die Futteraufnahme in der Gruppe H10 unterschied sich nicht von der Futteraufnahme in der Gruppe 9,8 % XP. Während die XP-Aufnahme bis zur höchsten XP-Versorgungsstufe deutlich ($p < 0,05$) anstieg, ging die ME-Aufnahme aufgrund der verringerten Futteraufnahme in der höchsten XP-Versorgungsstufe im Vergleich zur Gruppe 13,6 % XP tendenziell wieder zurück.

Nach einer mittleren Versuchsdauer von 192 Tagen erreichten die Bullen in der Gruppe 7,9 % XP ein Stallendgewicht von 706 kg (Tabelle 6). Das Endgewicht stieg mit steigen-

Tabelle 3: Einfluss des Rohproteingehaltes der Ration auf Futteraufnahme, XP- und ME-Aufnahme in Versuch 2 (Mittelmast)

		Versuchsgruppe (XP in der TM)					H13
		9,2 % XP	11,1 % XP	13,1 % XP	15,1 % XP	17,2 % XP	
Mittelmast (123 Tage)							
TM-Aufnahme	kg/d	8,39 ± 0,75 ^b	9,01 ± 0,76 ^{ab}	9,43 ± 0,79 ^a	9,64 ± 0,56 ^a	9,09 ± 1,17 ^{ab}	8,74 ± 0,55 ^{ab}
XP-Aufnahme	g/d	764 ± 67 ^c	993 ± 84 ^d	1.229 ± 103 ^c	1.441 ± 82 ^b	1.548 ± 197 ^a	1.168 ± 73 ^c
ME-Aufnahme	MJ/d	97,8 ± 8,7 ^b	105,0 ± 8,8 ^{ab}	110,0 ± 9,2 ^a	112,0 ± 6,5 ^a	106,2 ± 13,6 ^{ab}	102,2 ± 6,5 ^{ab}
Endmast (98 Tage)							
TM-Aufnahme	kg/d	11,66 ± 1,06 ^a	11,07 ± 0,98 ^{ab}	11,26 ± 1,02 ^{ab}	10,61 ± 0,77 ^{ab}	10,02 ± 0,99 ^c	10,47 ± 0,91 ^{bc}
XP-Aufnahme	g/d	1.424 ± 130 ^a	1.352 ± 121 ^{abc}	1.376 ± 124 ^{ab}	1.295 ± 94 ^{abc}	1.225 ± 123 ^c	1.281 ± 113
ME-Aufnahme	MJ/d	133,7 ± 12,2 ^a	126,9 ± 11,3 ^{ab}	129,1 ± 11,7 ^a	121,6 ± 8,9 ^{ab}	114,9 ± 11,4 ^b	121,5 ± 10,6 ^{ab}
Gesamtmast							
TM-Aufnahme	kg/d	9,08 ± 0,67	8,68 ± 1,1	9,32 ± 0,76	9,22 ± 0,47	8,8 ± 0,79	8,72 ± 0,58
XP-Aufnahme	g/d	1.062 ± 76 ^d	1.090 ± 103 ^{cd}	1.211 ± 97 ^{ab}	1.268 ± 62 ^a	1.278 ± 118 ^a	1.153 ± 66 ^{bc}
ME-Aufnahme	MJ/d	105,2 ± 7,7	100,8 ± 12,5	108 ± 8,8	106,9 ± 5,4	102,2 ± 9,2	101,7 ± 6,7

Tabelle 4: Einfluss des Rohproteingehaltes der Ration auf die Gewichtsentwicklung und Zunahmen in Versuch 2 (Mittelmast)

		Versuchsgruppe (XP in der TM)					H13
		9,2 % XP	11,1 % XP	13,1 % XP	15,1 % XP	17,2 % XP	
Mittelmast							
Anfangsgewicht	kg	394 ± 30	391 ± 26	388 ± 32	392 ± 19	389 ± 30	389 ± 28
Endgewicht	kg	530 ± 48 ^b	566 ± 32 ^a	590 ± 40 ^a	605 ± 33 ^a	580 ± 49 ^a	602 ± 29 ^a
Zunahmen	g/d	1.107 ± 174 ^c	1.422 ± 171 ^b	1.644 ± 89 ^a	1.733 ± 155 ^a	1.554 ± 238 ^{ab}	1.727 ± 135 ^a
Endmast							
Endgewicht	kg	731 ± 69	752 ± 44	763 ± 55	759 ± 59	724 ± 64	771 ± 38
Zunahmen	g/d	1.783 ± 264 ^a	1.585 ± 144 ^{ab}	1.495 ± 200 ^{bc}	1.321 ± 288 ^{bc}	1.255 ± 232 ^c	1.382 ± 232 ^{bc}
Gesamtmast							
Zunahmen	g/d	1.495 ± 166	1.546 ± 98	1.579 ± 109	1.572 ± 159	1.469 ± 141	1.589 ± 121

dem XP-Gehalt der Ration deutlich ($p < 0,05$) an, wobei die Differenz von der niedrigsten zur „optimalen Versorgungsstufe“ 13,6 % XP 86 kg beträgt. Ähnlich verhielten sich auch die täglichen Zunahmen, wobei auch hier deutlich wird, dass sich eine Überversorgung an XP negativ auswirkt.

Insgesamt bleibt festzustellen, dass in den höheren XP-Versorgungsstufen mit Zuwachsraten von über 1.600 g/Tier und Tag über die gesamte Mastperiode hinweg, auch im Vergleich zu früheren Versuchen sehr hohe Leistungen beobachtet wurden, was darauf hindeutet, dass im Versuch lediglich die XP-Versorgung das Wachstum limitierte. Obwohl der supplementierte Harnstoff in der Gruppe H10 analytisch wiedergefunden wurde, konnte die Gruppe H10 die in der Versuchsgruppe 9,8 % XP realisierten Futteraufnahmen und Zuwachsleistungen nicht erreichen, sondern ordnete sich bei beiden Parametern auf dem Niveau der Gruppe 7,9 % XP ein.

In den Tabellen 7 und 8 sind die zur Optimierung der täglichen Zuwachsleistung abgeleiteten notwendigen XP-Gehalte der Ration bzw. täglichen XP-Aufnahmen dargestellt. Der entsprechende XP-Gehalt lag in Abhängigkeit des jeweiligen Mastabschnittes bei 10,4 bis 13,7 % der TM, wobei sich besonders bei der Endmast erhebliche Un-

terschiede zwischen den beiden Versuchsansätzen ergaben. Grundsätzlich sank der optimale XP-Gehalt der Ration im Mastverlauf ab. Die zur Optimierung der täglichen Zunahmen notwendigen täglichen XP-Aufnahmen bewegten sich im Bereich von 900 bis 1.300g.

Diskussion

In allen vorgestellten Versuchen und Mastabschnitten zeigt sich innerhalb eines bestimmten Bereiches zunächst ein positiver Einfluss steigender XP-Gehalte der Ration auf die Futteraufnahme. Vergleichbare Effekte einer steigenden XP-Zufuhr auf die Futteraufnahme bei einer Steigerung der XP-Gehalte der Ration von 10,6 auf 16,4 % der TM ergaben sich auch in einer Untersuchung von SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1995) bei Fleckviehbulen, wobei darauf hingewiesen wird, dass deutliche Effekte auf die Futteraufnahme nur bei sehr niedrigen XP-Gehalten bzw. sehr weiter Spreizung der XP-Gehalte zwischen den Fütterungsgruppen zu erwarten sind. In vergleichbarer Weise wurde die Futteraufnahme in einer Untersuchung von STEINWIDDER et al. (2006) bei steigenden XP-Gehalten der Ration angehoben. Als ursächlich für den verzehrssteigernden Effekt steigender XP-Gehalte der Ration werden

Tabelle 5: Einfluss des Rohproteingehaltes der Ration auf Futteraufnahme, XP- und ME-Aufnahme in Versuch 3 (Endmast)

		Versuchsgruppe (XP in der TM)					H10
		7,9 % XP	9,8 % XP	11,7 % XP	13,6 % XP	15,5 % XP	
TM-Aufnahme	kg/d	9,46 ± 0,85 ^c	10,04 ± 0,77 ^{bc}	10,61 ± 0,84 ^{ab}	11,22 ± 0,67 ^a	10,53 ± 0,68 ^{ab}	9,55 ± 0,84 ^c
XP-Aufnahme	g/d	752 ± 71 ^c	989 ± 76 ^d	1.242 ± 99 ^c	1.520 ± 91 ^b	1.628 ± 105 ^a	964 ± 84 ^d
ME-Aufnahme	MJ/d	105 ± 9 ^c	112 ± 9 ^{bc}	119 ± 9 ^{ab}	126 ± 8 ^a	119 ± 8 ^{ab}	105 ± 9 ^c

Tabelle 6: Einfluss des Rohproteingehaltes der Ration auf Gewichtsentwicklung und Zunahmen in Versuch 3 (Endmast)

		Versuchsgruppe (XP in der TM)					H10
		7,9 % XP	9,8 % XP	11,7 % XP	13,6 % XP	15,5 % XP	
Endmast							
Anfangsgewicht	kg	502 ± 35	505 ± 33	494 ± 29	489 ± 34	488 ± 22	501 ± 38
Endgewicht	kg	706 ± 49 ^b	742 ± 57 ^{ab}	780 ± 42 ^a	792 ± 50 ^a	777 ± 43 ^a	710 ± 52 ^b
Zunahmen	g/d	1.053 ± 156 ^b	1.231 ± 290 ^b	1.491 ± 130 ^a	1.584 ± 203 ^a	1.498 ± 135 ^a	1.083 ± 174 ^b
Gesamtmast							
Zunahmen	g/d	1.416 ± 112 ^c	1.526 ± 140 ^{bc}	1.649 ± 94 ^{ab}	1.683 ± 152 ^a	1.648 ± 115 ^{ab}	1.427 ± 135 ^c

Tabelle 7: Parameter der Bedarfsableitung zum optimalen XP-Gehalt der Ration (% der TM) nach dem broken-line Modell (Y = Zuwachs, g/Tag; x = XP-Gehalt, % der TM; X₀ = XP-Bedarf, % der TM)

Versuch	Mastabschnitt	Response-Bereich (Y=Zuwachs, g/d; X = XP, % TM)	Plateau (Zuwachs)	R ²	X ₀	± s.e.
1	Anfangsmast	Y = -619 + 179x	1.832 g/d	1,00	13,7 % XP d. TM	0,2
1	Mittelmast	Y = -521 + 177x	1.748 g/d	0,93	12,8 % XP d. TM	0,4
1	Endmast	Y = -549 + 177x	1.300 g/d	0,97	10,4 % XP d. TM	0,3
2	Mittelmast	Y = -350 + 159x	1.644 g/d	0,93	12,5 % XP d. TM	1,1
3	Endmast	Y = 119 + 116x	1.541 g/d	0,98	12,2 % XP d. TM	0,6

Tabelle 8: Parameter der Bedarfsableitung zur optimalen XP-Aufnahme (g/Tag) nach dem broken-line Modell (Y = Zuwachs, g/Tag; x = XP-Aufnahme, g/d; X₀ = XP-Bedarf, g/Tag)

Versuch	Mastabschnitt	Response-Bereich	Plateau	R ²	X ₀	± s.e.
1	Anfangsmast	Y = -61,7 + 2,10x	1.832 g/d	1,00	911 g XP/d	22
1	Mittelmast	Y = 47,9 + 1,57x	1.748 g/d	0,93	1.083 g XP/d	115
1	Endmast	Y = 267,0 + 1,00x	1.300 g/d	0,97	1.027 g XP/d	49
2	Mittelmast	Y = 56,0 + 1,37x	1.644 g/d	0,93	1.154 g XP/d	126
3	Endmast	Y = 369,0 + 0,90x	1.541 g/d	0,98	1.310 g XP/d	68

positive Effekte auf die Verdaulichkeit diskutiert, wie sie bei Hammeln im Bereich von 5 - 11 % XP in der TM deutlich nachgewiesen wurden (KREUZER et al. 1986). In vorliegender Arbeit zeigten sich entsprechende Effekte beim Hammel bei Verfütterung der Ration aus dem Versuch zur Endmast, nicht aber bei den Rationen aus dem Versuch zur Gesamtmast (Daten nicht dargestellt). In den hier dargestellten Versuchen zeigte sich durchgängig eine tendenziell sinkende Futteraufnahme in der höchsten XP-Versorgungsstufe im Vergleich zur optimalen Stufe. Diese Befunde decken sich nicht mit der zitierten Literatur, führen jedoch dazu, dass die ME-Aufnahme jeweils nicht bei der höchsten XP-Aufnahme maximiert ist.

Ausgehend von einem sehr geringen XP-Gehalt der Ration steigen die Endgewichte und die täglichen Zunahmen mit steigenden XP-Gehalten der Ration zunächst sehr stark an, was sich mit den Arbeiten von SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1995) und STEINWIDDER et al. (2006) deckt. Dieser Einfluss der XP-Versorgung auf die Mastleistung ist zunächst als direkter Einfluss der XP-Versorgung bzw. der Aminosäurenversorgung am Duodenum zu diskutieren. Darüber hinaus ergeben sich jedoch über den Einfluss auf die Futteraufnahme und die Energieversorgung weitere Effekte, die nur indirekt als Frage des XP-Bedarfes von Mastbulen zu sehen sind. Jeweils von der 4. zur höchsten XP-Versorgungsstufe zeigt sich ein Rückgang in den täglichen Zunahmen. Dieser Effekt ist zwar jeweils nicht signifikant, aber vom numerischen Wert teils doch beträchtlich und darüber hinaus in allen dargestellten Versuchen ersichtlich. Negative Auswirkungen hoher XP-Gehalte in der Ration von Fleckviehbulen auf die Zuwachsraten ergeben sich in Abhängigkeit der Energieversorgung auch bei SCHWARZ et al. (1995), wobei die Effekte deutlich geringer ausgeprägt sind als in vorliegender Arbeit. Leistungsdepressionen bei zu hoher XP-Versorgung sind durch den energieaufwändigen Prozess der Harnstoffsynthese zu erklären, der letztendlich auch eine verstärkte Leberbelastung darstellen kann. Stellvertretend für alle 3 Versuche sind dazu in *Tabelle 9* die Serumharnstoffgehalte der Bullen in Versuch 1 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die Werte nicht nur bei marginaler Versorgung ansteigen, sondern bis zur höchsten XP-Versorgungsstufe. Der Serumharnstoffgehalt und der N-Gehalt im Harn sind nach Daten von KREUZER et al. (1986) eng korreliert. Dementsprechend zeigen die vorliegenden Daten auch, dass eine XP-Versorgung oberhalb des für das Wachstum benötigten Niveaus letztlich nur noch die N-Ausscheidungen erhöhen werden und dementsprechend negative Umweltwirkung haben können. Interessanterweise steigen die Harnstoffgehalte im Speichel nur bis zu einer XP-Konzentration der Ration von 14,4 % der TM an und stagnieren bei weiterer Steigerung des XP-Gehaltes der Ration. Dies kann dahingehend interpretiert

werden, dass der ruminohepatische Kreislauf bei noch steigenden Serumharnstoffgehalten übersättigt ist. Insgesamt ist ersichtlich, dass die Variation in der XP-Versorgung starke Umverteilungsreaktionen im Organismus bedingen. Die Verteilung des Harnstoffs auf verschiedene Organe bzw. Gewebe wird dadurch spezifisch durch die Regulation der Expression verschiedener Harnstofftransporter gesteuert, wie an Gewebeproben aus den vorliegenden Untersuchungen bei BRUGGER et al. (2014) gezeigt wird.

In vorliegender Arbeit wurde der Rohproteinbedarf in der Mast mit Fleckvieh mit Hilfe des broken-line-Modells (ROBBINS et al. 1979) abgeleitet. Die jeweiligen Modelle zur Bedarfsableitung werden kontrovers diskutiert. Beim broken-line-Modell entspricht der scharfe Knick in der response-Kurve nicht den physiologischen Gegebenheiten. Darüber hinaus liefert dieses Modell im Gegensatz zu anderen Verfahren, wie z.B. dem „Reading-Modell“ (FISHER et al. 1973) eher niedrigere Werte. SCHWARZ et al. (1995) stellen die Ergebnisse der Bedarfsableitung mit beiden Modellen nebeneinander, was es erlaubt, mittlere Werte anzunehmen. Bei vorliegendem Datenmaterial führte die Anwendung des Reading-Modells wiederholt zu Bedarfswerten jenseits des untersuchten Bereiches an XP-Konzentrationen. Aus diesem Grund wurde im Sinne der Vergleichbarkeit konsequent mit dem broken-line-Modell gearbeitet.

Zur vergleichenden Einordnung der aus der Bedarfsableitung resultierenden Werte wurden die Versorgungsempfehlungen der GfE (1995) herangezogen. Da in diesen Empfehlungen die vorliegend hohen Zuwachsraten und im Bereich der Endmast die hohen Endgewichte nicht abgebildet sind, wurde der Versuch unternommen, die Angaben der GfE (1995) zu extrapolieren (*Tabelle 10*), was kontrovers diskutiert werden kann. Im Bereich der Anfangsmast wurde der XP-Bedarf zur Maximierung der täglichen Zunahmen auf etwa 900 g/Tier und Tag geschätzt, was erheblich niedriger liegt, als die Versorgungsempfehlungen vermuten lassen. Die gültigen Versorgungsempfehlungen (GfE 1995) enthalten keine Angaben zum optimalen XP-Gehalt der Ration. Aus den Abschätzungen zur Futteraufnahme bei GfE (1995) und den Empfehlungen zur täglichen Rohproteinzufuhr im Bereich der Anfangsmast errechnet sich jedoch ein XP-Gehalt, der weit über den vorliegend abgeleiteten 13,7 % der TM liegt. Unabhängig von der bei GfE (1995) unterstellten und der im Versuch erreichten Energieversorgung ergibt sich vorliegend auch ein verhältnismäßig niedriges optimales XP/ME-Verhältnis.

Im Bereich der Mittelmast ergibt sich aus Versuch 2 eine erforderlich tägliche Aufnahme an XP von etwa 1.150 g zur Maximierung der täglichen Zunahmen im Bereich von 1.600 g, was gut mit den in Deutschland gültigen Versorgungsempfehlungen übereinstimmt. Da im Versuch

Tabelle 9: Einfluss des XP-Gehaltes der Ration auf die Serumharnstoffgehalte und den Gehalt an Harnstoff im Speichel (Versuch 1, Gesamtmast)

		Versuchsgruppe (XP in der TM)				
		8,3 % XP	10,3 % XP	12,3 % XP	14,4 % XP	16,4 % XP
Harnstoff	mg/dl, Tag 0	14,3 ± 4,5	13,0 ± 3,2	13,3 ± 8,0	14,6 ± 4,0	13,2 ± 5,6
Harnstoff	mg/dl, Tag 70	3,92 ± 2,47 ^d	5,55 ± 1,97 ^d	9,73 ± 4,72 ^c	17,99 ± 5,21 ^b	23,13 ± 4,25 ^a
Harnstoff	mg/dl, Tag 152	2,21 ± 1,14 ^e	5,79 ± 3,11 ^d	13,28 ± 4,59 ^c	22,35 ± 4,93 ^b	26,04 ± 4,06 ^a
Harnstoff	mg/dl, Tag 320	5,11 ± 3,03 ^d	7,44 ± 2,85 ^d	14,85 ± 4,11 ^c	24,25 ± 3,70 ^b	33,37 ± 4,34 ^a
Harnstoff im Speichel	mg/dl	6,3 ± 1,8 ^c	11,0 ± 3,4 ^c	20,0 ± 6,2 ^b	35,7 ± 9,6 ^a	34,0 ± 5,1 ^a

Tabelle 10: Gegenüberstellung des aus den Versuchen resultierenden XP-Bedarfes mit aus den Empfehlungen der GfE (1995) abgeleiteten Werten (nach GfE (1995) teils hochgerechnet, da tatsächliche Zunahmen und Endmastgewicht höher als tabelliert)

	XP g/Tag	TM kg/Tag	XP % TM	XP/ME g/MJ
Anfangsmast				
GfE, 1.800 g Zuwachs	1.098	6,0	18,2	13,5
Versuch 1, 1.830 g Zuwachs	911	6,4	13,7	11,7
Mittelmast				
GfE, 1.600 g Zuwachs	1.155	8,2	14,1	11,5
Versuch 2, 1.644 g Zuwachs	1.154	9,1	12,5	10,7
Endmast				
GfE, 1.500 g Zuwachs	1.260	10,0	12,2	10,7
Versuch 3, 1.540 g Zuwachs	1.310	10,4	12,2	10,9

jedoch sehr hohe Futteraufnahmen erreicht wurden, liegt der optimale XP-Gehalt der Ration mit 12,5 % der TM jedoch deutlich geringer als nach den aus GfE (1995) abgeleiteten Daten. Das aus vorliegendem Versuch abgeleitete anzustrebende XP/ME-Verhältnis von 10,7 g/MJ ME, liegt unter den Angaben bei GfE (1995) für die Mittelmast. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Energiekonzentration vorliegend mit 11,7 MJ ME/kg TM sehr hoch liegt. Aus dem Versuch zur Endmast lassen sich Versorgungsempfehlungen ableiten, die mit den Angaben bei GfE (1995) weitgehend in Einklang zu bringen sind. Zu berücksichtigen ist, dass die Angaben zur Endmast bei GfE (1995) einen anderen Gewichtsbereich umschreiben, als in vorliegender Untersuchung überprüft wurde. Insgesamt ergibt sich, dass für die Praxis die Futteraufnahme und der XP-Gehalt der Ration in die Versorgungsempfehlungen miteinzubeziehen sind. Dies ist auch deshalb von Bedeutung, da der XP-Gehalt der Ration wie gezeigt die Futteraufnahme stark beeinflusst. Für die Versuchsanstellung lässt sich ableiten, dass der XP-Bedarf für die verschiedenen Mastbereiche in separaten Untersuchungen abgeleitet werden sollte. Dies wird durch die starken kompensatorischen Wachstumseffekte im Versuch zur Mittelmast unterstrichen.

Empfehlungen für die Fütterungspraxis

Die aufgeführten Versuchsergebnisse wurden dem Ausschuss für Bedarfsnormen der GfE zur Überprüfung und Weiterentwicklung der Empfehlungen von 1995 zur Verfügung gestellt. Eine Arbeitsgruppe fasst aktuell die insgesamt vorliegenden Ergebnisse zusammen, um für die aktuelle Situation mit höheren Endgewichten und höheren Zunahmen konkrete Empfehlungen abzuleiten. Die von der LfL für die Beratung genutzten „Gruber Tabellen“ stehen in ihren Empfehlungen zur konkreten Rationsgestaltung in weitgehender Übereinstimmung mit den hier dargestellten Versuchsergebnissen und werden daher bis zur Vorlage neuerer Empfehlungen der GfE genutzt.

Literatur

AICHNER, V.S., T. ETTLE, A. OBERMAIER, H. SPIEKERS und W. WINDISCH, 2013a: Effects of a varying crude protein supply on fattening performance of Simmental bulls. Proc. Soc. Nutr. Phys. 22, 116.

AICHNER, V.S., T. ETTLE, A. OBERMAIER, H. SPIEKERS und W. WINDISCH, 2013b: Untersuchungen zum Rohproteinbedarf in der intensiven Mast von Fleckviehbullen. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, Fulda, Hrsg.: Verband der Landwirtschaftskammern, Bonn, 70-73.

AICHNER, V.S., T. ETTLE und W. WINDISCH, 2013c: Einfluss variierender XP-Versorgung auf leberspezifische Enzyme im Blutplasma, Abbauprodukte des Purinstoffwechsels und Morphologie der Pansenwand. Tagungsband 12. BOKU-Symposium Tierernährung, 48-52.

BRUGGER, D., S. FESER, T. ETTLE, W. WINDISCH und C. FAHN, 2014: Zum Einfluss einer variierenden Rohproteinversorgung von Mastbullen der Rasse Bayerisches Fleckvieh auf die gewebeübergreifende Genexpression spezifischer Harnstofftransporter. Tagungsband zur 52. Jahrestagung der Bayerischen Arbeitsgemeinschaft Tierernährung e.V. (BAT), 83-88.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen. 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 212 S.

ETTLE, T., A. OBERMAIER, V. AICHNER und W. WINDISCH, 2015a: Effects of a varying crude protein supply on fattening performance of finishing Simmental bulls. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 24, 170.

ETTLE, T., A. OBERMAIER und P. EDELMANN, 2015b: Untersuchungen zum Rohproteinbedarf von Mastbullen der Rasse Fleckvieh in der Mittelmast. 127. VDLUFA-Kongress, Kurzfassung der Referate, 109.

FISHER, L., T.R. MORRIS und A.C. JENNINGS, 1973: A model for the description and prediction of the response of laying hens to amino acid intake. Br. Poultry Sci. 14, 469-484.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1995: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 6: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastrinder. DLG-Verlag Frankfurt am Main, 85 S.

KREUZER, M., M. KIRCHGESSNER, R.J. KELLNER und F.X. ROTH, 1986: Nährstoffverdaulichkeit, N-Stoffwechsel und Allantoinausscheidung von Hammeln bei Variation der Protein- und Energiekonzentration. J. Anim. Phys. Anim. Nutr. 55, 144-159.

ROBBINS, K.R., H.W. NORTON und D.H. BAKER, 1979: Estimation of nutrient requirements from growth data. J. Nutr. 109, 1710-1714.

SCHWARZ, F.J. und M. KIRCHGESSNER, 1995: Zum Einfluß unterschiedlicher Rohprotein- und Energiezufuhr auf die Mast- und Schlachtleistung von Fleckvieh- Jungbullen. 1. Mitteilung: Versuchsplan und Mastleistung. Züchtungskde. 67, 49-61.

SCHWARZ, F.J., M. KIRCHGESSNER, U. HEINDL und C. AUGUSTINI, 1995: Zum Einfluß unterschiedlicher Rohprotein- und Energiezufuhr auf die Mast- und Schlachtleistung von Fleckvieh-Jungbullen. 2. Mitteilung: Schlachtkörper- und Fleischqualität sowie Auswirkungen auf den Rohproteinbedarf. Züchtungskde. 67, 62-74.

SPIEKERS, H., 2015: Ausrichtung der Milchviehfütterung in Bayern bei freien Märkten. In: LfL-Jahrestagung „Die bayerische Milchwirtschaft in freiem Wettbewerb“. LfL-Schriftenreihe 5/2015, 45-50.

STEINWIDDER, A., L. GRUBER, T. GUGGENBERGER, J. GASTEINER, A. SCHAUER, G. MAIERHOFER und J. HÄUSLER, 2006: Einfluss der Rohprotein- und Energieversorgung in der Fleckvieh-Jungbullenmast. Züchtungskde. 78, 136-152.

VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 1976: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. III Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, 3. Aufl. incl. 1.-8. Ergänzungslieferung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Aktuelles zu den Fütterungskonzepten für Aufzuchtkälber in den ersten Lebenswochen

Caroline van Ackeren^{1*}

Zusammenfassung

Ziel aller Tränke- und Fütterungskonzepte ist eine frühzeitige Entwicklung vom Saugkalb zum Wiederkäuer. Die Grundlage für einen guten Start in eine erfolgreiche Aufzucht ist die rechtzeitige und ausreichende Versorgung des neugeborenen Kalbes mit hochwertiger Biestmilch. In den ersten Lebenswochen ist das Kalb auf eine aufgewertete Vollmilchtränke bzw. hohe Nährstoffzufuhr aus Milchbestandteilen angewiesen. Die Zusammensetzung des Tränkemittels (Protein-/Fettqualität) trägt entscheidend zur Verträglichkeit bei. Die intensive Tränkephase kann sich auf die gesamte Entwicklung des Rindes und dessen späteres Leistungsvermögen auswirken. Das Absetzen der Tränke (Vollmilch, Milchaustauscher) hat unbedingt unter Beachtung der Festfutteraufnahme (Kraft- und Strukturfutter) zu erfolgen, damit weiterhin eine gute körperliche Entwicklung gewährleistet ist.

Zur optimalen Pansenentwicklung sind Strukturfutter, Kraftfutter und Wasser bereits ab der ersten Lebenswoche zur freien Aufnahme täglich frisch anzubieten. In den ersten Wochen verabreichte Kälberstarter sollten wohlschmeckend und gut verträglich sein. Totalmischrationen bestehend aus trockenen Komponenten (Kraftfutter und 30 - 40 % Strukturfutter) verbessern die Verfahrenssicherheit und mindern das Risiko von Pansenübersäuerungen.

Generell sind Kälber in den ersten Lebenswochen intensiv zu beobachten und zu betreuen, um entstehende Probleme frühzeitig zu erkennen und zeitnah reagieren zu können.

Schlagwörter: Kälberaufzucht, intensive Aufzucht, Wiederkäuerentwicklung, Gewichtszuwachs, Tiergesundheit

Kernpunkte für eine erfolgreiche Kälberaufzucht

Eine erfolgreiche Kälberaufzucht ist die Basis für gut entwickelte, gesunde und leistungsbereite Tiere. Die Fütterungskonzepte in den ersten Lebenswochen haben darauf maßgeblich Einfluss. Die Kälberverlustrate (inklusive der Totgeburten) ist in Deutschland mit im Mittel 10 bis 15 % nach wie vor sehr hoch. Hauptursachen sind dabei Fütterungs- und Managementfehler. Ein besonderes Augenmerk ist daher auf die Gestaltung der Fütterungspläne in den ersten Lebenswochen zu richten, da sich diese Phase nachhaltig auf den Aufzuchterfolg, die Tiergesundheit und die Leistungsfähigkeit der späteren Milchkuh auswirkt.

Biestmilchphase

Innerhalb der ersten 3 Lebensstunden sollte das neugeborene Kalb so viel Biestmilch (guter Qualität) wie möglich aufnehmen, mindestens jedoch 1,5 bis 2,0 Liter. Immunglobuline von später verabreichter Biestmilch werden nicht mehr vollständig aufgenommen. Etwa 36 Stunden nach der Geburt ist die Resorptionsphase für großvolumige γ -Globuline abgeschlossen. Insgesamt können so am ersten Lebenstag 10 bis maximal 20 % des Lebendgewichtes an Biestmilch aufgenommen werden, verteilt auf 3 bis 4 Mahlzeiten.

Bereits während der Biestmilchphase (d.h. in den ersten 5 Lebenstagen) sollten die jungen Kälber freien Zugang zu Heu und Kraftfutter haben: beide Futtermittel fördern ein zügiges Wachstum des Pansen Volumens und die Vergrößerung der Pansenzotten. Die Vergrößerung der Pansenzotten ist für die Resorption der aus der Pansengärung stammenden Gärssäuren dringend erforderlich. Kraftfutterkomponenten, die Stärke und kleinere Zuckermengen enthalten, eignen sich hierfür besonders. Darüber hinaus ist dem jungen Kalb so früh wie möglich zusätzlich Wasser zur freien Aufnahme anzubieten.

Nährstoffversorgung und Vormagenentwicklung

Unter „metabolischer Programmierung“ versteht man kurzfristige Einflüsse auf die Nährstoffversorgung des Neugeborenen, die lebenslang die Leistungsfähigkeit der Organe beeinflussen können. Ein Energiemangel beim jungen Kalb in den ersten Lebenswochen hat gravierende Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit der späteren Milchkuh. Das sehr frühe Absetzen in der 7. Lebenswoche wird daher kaum noch praktiziert, da neuere Untersuchungen an Holsteinkälbern (JURKEWITZ 2012, KUNZ 2012, MACCARI 2012) zeigen, dass in den ersten drei Lebenswochen die Kälber *ad libitum* zu tränken sind und somit frühestens mit 8 bis 10 Wochen abgetränkt werden können. Diese Ergebnisse können auch auf Fleckviehkälber übertragen werden, wie aktuelle Studien von VAN ACKEREN et al. (2014) belegen. Die intensive Nährstoffzufuhr in den ersten 3 Lebenswochen kann sich nachhaltig positiv auf die Euterentwicklung und damit die spätere Milchleistung auswirken (KUNZ 2014).

Die Vormagenentwicklung ist von der Festfutteraufnahme (Grob- und Kraftfutter) abhängig. Die notwendige Dauer der Tränkeperiode hängt maßgeblich von der Kraftfutteraufnahme ab. Voraussetzung hierfür ist eine Kraftfutteraufnahme in Höhe von mindestens 1 % der Lebendmasse bei gleichzeitigem Angebot von Strukturfutter. Dabei gilt der Grundsatz: Je früher abgetränkt wird, umso wichtiger

¹ Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg, Rinderhaltung Aulendorf, Atzenberger Weg 99, D-88326 Aulendorf

* Ansprechpartner: Dr. Caroline van Ackeren, email: caroline.vanackeren@lazbw.bwl.de

ist die Qualität des Kälberaufzuchtfeeders. Aufgeschlossene Komponenten oder leichtverdauliche Stärken (wie z.B. Haferstärke) sind für die Verdauungsenzyme des jungen Kalbes leichter zugänglich.

Nach der Tränkeperiode wird die Kraftfuttermenge je nach Grobfutterqualität auf 1,5 bis 2 kg pro Tier und Tag gesteigert. Im Lebensabschnitt bis 150 kg werden bei weiblichen Kälbern Tageszunahmen bis zu 1.000 g, bei männlichen Kälbern auch mehr angestrebt.

Tränke mit Vollmilch

Vollmilch ist als hochwertiges Futtermittel ideal auf die Bedürfnisse des jungen Kalbes abgestimmt. In den ersten 5 Laktationstagen gibt jede Kuh 60 bis 100 kg nicht marktfähige und damit unverkäufliche Transitmilch, die in der Aufzucht sehr gut eingesetzt werden können. Die täglich ermolzene Milchmenge des Muttertieres übertrifft dabei den Bedarf des eigenen Kalbes und kann somit an andere Kälber verfüttert werden. Vollmilch enthält mehr Energie, mehr Eiweiß, mehr Fett und weniger Eisen als die am Markt erhältlichen Milchaustauscher (Tabelle 1). In der Aufzucht sollte die Vollmilchmenge ab der 5. Lebenswoche auf 6 Liter pro Tag begrenzt werden, damit ausreichend Festfutter aufgenommen wird. Vollmilch sollte körperwarm, d.h. mit 39 °C getränkt werden.

Insgesamt werden in der Tränkephase zwischen 350 und 500 Liter Vollmilch verfüttert, abhängig von der Tränkedauer und den angebotenen Tränkemengen.

Zusätze zur Vollmilchtränke

Durch Wasserzugabe von maximal bis zu 20 % kann Vollmilch verdünnt werden, um so die Tränketemperatur auf 39 °C einzustellen. Ein höherer Wasseranteil führt bei der Milchgerinnung im Labmagen zu Problemen. Durch Absenkung des pH-Wertes auf 5,1 bis 5,3 kann die Gerinnungsfähigkeit verbessert werden, da sich die Milch bei diesem pH-Wert kurz vor dem Gerinnungspunkt befindet.

Für die Ansäuerung der Milchtränke stehen Säuregemische in pulverförmiger oder flüssiger Form als Ergänzungsfuttermittel (über den Fachhandel zu beziehen) zur Verfügung. Eine weitere Möglichkeit ist die natürliche Ansäuerung durch Zugabe von Joghurt, die sogenannte Joghurt-Tränke. Beim Einsatz von vorverdünnter Ameisensäure ist folgendes zu beachten: Ameisensäure (E 236) ist als Futterzusatzstoff zur Konservierung von Futtermitteln zugelassen. Die Verwendung von Zusatzstoffen auf landwirtschaftlichen Betrieben erfordert, dass der Landwirt umfangreiche Anforderungen einhält, hierzu zählt auch die Erstellung eines betriebsspezifischen HACCP-Konzeptes. In der Praxis ist

es daher wesentlich einfacher, die handelsüblichen Säuregemische einzusetzen.

Um bei Vollmilchtränke eine bedarfsgerechte Versorgung mit Spurenelementen und Vitaminen sicherzustellen, sollte immer ein Wirkstoffergänzer, in der richtigen Dosierung, zugegeben werden, zumindest während der ersten 3 Lebenswochen. Ein guter Wirkstoffergänzer sollte pH-senkende Substanzen, Eisen, Kupfer, Mangan, Kobalt sowie die fettlöslichen Vitamine ADE und die wasserlöslichen B-Vitamine enthalten. In den ersten 3 bis 5 Lebenswochen wird der Eisenstatus und damit die Vitalität der Kälber durch die Zugabe eines Wirkstoffergänzers deutlich verbessert.

Tränke mit Milchaustauscher (MAT)

Nährstoffmäßig entsprechen 1.000 g Milchaustauscher etwa 6,2 kg Vollmilch. Um auch mit der MAT-Tränke vergleichbare Ergebnisse wie mit der Vollmilchtränke zu erzielen, ist daher je nach Tagesmenge die Austauscherkonzentration von 120 g/Liter auf 160 g/Liter zu erhöhen.

Im Anschluss an die Biestmilchperiode kann die Umstellung auf die MAT-Tränke nach der ersten bis zweiten Lebenswoche erfolgen. Milchaustauscher sollen mindestens 20 % Rohprotein, 1,45 % Lysin, 10 - 20 % Fett, 0,9 g/kg Calcium, 0,65 g/kg Phosphor, 100 mg/kg Eisen, 5 - 8 mg/kg Kupfer, sowie die bedarfsorientierte Ausstattung mit den übrigen Spurenelementen und Vitaminen enthalten.

Insgesamt werden in der Tränkephase zwischen 40 und 60 kg MAT verfüttert. Das eingesetzte MAT-Pulver ist dabei abhängig von der Tränkedauer, der Tränkekonzentration und den angebotenen Tränkemengen.

Eine Einstufung der Verträglichkeit von pflanzlichen Proteinkomponenten im Vergleich zu Milchproteinen ist Tabelle 2 zu entnehmen. Darüber hinaus ist zu beachten, dass von den Pflanzenfetten Palm- und Kokosfett gut verträglich sind. Durch technische Aufbereitungsverfahren wie Raffination und Hydrogenierung kann die Verträglichkeit von Pflanzenölen verbessert werden. Stärke sollte nur in Form von Quellstärken eingemischt werden.

Bei der Proteinzusammensetzung im MAT ist folgendes zu beachten: ein MAT mit 13 % pflanzlichen Bestandteilen hat aufgrund der wesentlich höheren Proteingehalte der pflanzlichen Bestandteile gegenüber den Milchbestandteilen einen Anteil von 41 % pflanzlichem Protein am Gesamtprotein im MAT. Damit die Proteinquellen im MAT auch von jungen Kälbern verwertet werden können, sollte ein MAT daher maximal 13 % pflanzliche Bestandteile enthalten (KUNZ 2013). Bei jungen Kälbern sollten daher nur hochwertige MAT mit hohen Milcheiweißgehalten vertränkt werden. Beim Milchaustauscher ist der Anteil an Magermilchpulver und die Qualität der pflanzlichen Komponenten preisbestimmend. Der Einsatz von MAT ist, besonders in

Tabelle 1: Vollmilch und Milchaustauscher (MAT) im Vergleich

Nährstoffgehalte	Vollmilch in der Trockenmasse (TM)	MAT	Vollmilch in der Tränke	MAT 120 g/L
Fettgehalt, g/kg	303	210 - 250	40	25 - 30
Eiweißgehalt, g/kg	258	240 - 260	34	29 - 31
Energiegehalt, MJ ME/kg TM ¹	19,3	17	2,7	1,9
Eisen, mg/kg TM	4,2	70 - 130	0,55	5,3 - 15,6

¹ nach DLG-Futterwerttabelle Wiederkäuer (1997)

Tabelle 2: Übersicht zur Einstufung von Eiweißquellen für Milchaustauscher

Komponente	Verträglichkeit
Magermilchpulver	+++
Kaseinpulver	+++
Süßmolkenpulver	++
Sauermolkenpulver, teilentzuckert, teilentmineralisiert	++
Sauermolkenpulver, teilentzuckert	+
Sauermolkenpulver	+
Sojaproteinisolat	++
Sojaproteinkonzentrat	+
Sojafineinmehl	-/+
Weizenprotein, hydrolysiert	+

Kombination mit einem Tränkeautomaten, einfacher und bietet arbeitswirtschaftliche Vorteile.

Strukturfutter und Kraftfutter

Raufutter oder sonstiges rohfaserreiches, strukturiertes Futter muss den Kälbern spätestens ab dem 8. Lebenstag angeboten werden. Besonders bewährt hat sich ein gutes, trocken erworbenes Heu. Mit der Fütterung von einwandfreien Silagen sollte erst ab der 5. Lebenswoche begonnen werden.

Der Erfolg einer Kraftfuttermischung hängt entscheidend von der Akzeptanz und der Verträglichkeit der Komponenten ab. Je früher Kraftfutter vorgelegt wird, umso sinnvoller ist der Einsatz von aufgeschlossenem Getreide (aus Gerste, Mais). Die Akzeptanz (Schmackhaftigkeit) kann durch Zugabe von Melasseschnitzeln, Melasse (bis 5 %), Leinprodukte sowie Sojaextraktionsschrot verbessert werden. Ein Kälberstarter sollte wegen der guten diätetischen Wirkung mindestens 10 % Leinexpeller enthalten. Der Rohproteingehalt sollte bei 18 %, die Energiedichte bei 10,8 MJ ME/kg liegen. Kälbermüslis sind zwar teurer, aber aufgrund ihrer Zusammensetzung mit aufgeschlossenen Komponenten und Schmackhaftigkeit sehr gut als Starterfuttermittel in den ersten Lebenswochen geeignet.

Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz einer Totalen Mischration (TMR) für Aufzuchtkälber, ausschließlich bestehend aus trockenen Futterkomponenten, um die Mischung auf Vorrat herstellen zu können. Entscheidend ist dabei die Heuqualität. Der Heuanteil sollte 30 - 40 % betragen, da bei einem geringeren Heuanteil mit subklinischen Pansenacidosen zu rechnen ist. Es kann auch Luzerneheu oder gehäckseltes Gerstenstroh mit Erfolg eingesetzt werden.

Diese Trocken-TMR für Kälber kann im Futtermischwagen hergestellt (Mindestmenge 500 kg pro Mischvorgang) und mehrere Wochen, abgefüllt in Bigbags, gelagert werden. Daher ist dieses Verfahren besonders für größere Betriebe geeignet, die über die entsprechende technische Ausstattung und den Lagerplatz verfügen. Die Verfahrenssicherheit in der Kälberaufzucht kann durch dieses Fütterungskonzept deutlich verbessert werden und entspricht zudem der Tierschutz-Nutztierhaltungs-Verordnung.

Fazit

Eine frühzeitige Wiederkäuerentwicklung haben alle Tränke- und Fütterungskonzepte für Aufzuchtkälber zum Ziel. Um dies erfolgreich umsetzen zu können und damit nachhaltig die gesamte Entwicklung des Rindes zu beeinflussen, ist die intensive Nährstoffversorgung entscheidend, beginnend mit der Erstversorgung des neugeborenen Kalbes über die hochwertige Biestmilch, gefolgt von der Tränkeverabreichung in den ersten Lebenswochen basierend auf überwiegend Milchbestandteilen. Parallel dazu ist die Festfuttersaufnahme frühzeitig durch schmackhafte, gut verträgliche Komponenten und ein ausreichendes Wasserangebot anzuregen. Abrupte Futterumstellungen sind unbedingt zu vermeiden.

Während der ersten Lebenswochen ist darüber hinaus eine regelmäßige und genaue Tierbeobachtung für eine erfolgreiche Kälberaufzucht unabdingbar.

Literaturverzeichnis

- JURKEWITZ, N., 2012: Auswirkungen zweier Tränkeverfahren auf die Entwicklung von Aufzuchtkälbern „*Ad libitum*“ vs. „*Restriktiv*“. Masterarbeit, Universität Hohenheim, Fakultät A.
- KUNZ, H.-J., 2013: Fütterungs- und Tränkesysteme. BauBrief 52 „Kälber- und Jungviehhaltung: Aufzucht und Mast“, Bauförderung Landwirtschaft e.V. (BFL), 58-61.
- KUNZ, H.-J., 2014: Neue Empfehlungen in der Kälberfütterung. 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 09.-10. April 2014, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 13-16.
- MACCARI, P., 2012: Effekte unterschiedlicher Aufzucht Konzepte auf Gewichtsentwicklung, Gesundheitsstatus und metabolische Leitparameter von Holstein-Kälbern. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.
- VAN ACKEREN, C., S. BAUER und H. STEINGASS, 2014: Einfluss einer *ad libitum* Vollmilchtränke auf die Futteraufnahme und das Wachstum von Kälbern. Tagungsband Forum angewandte Forschung und Fütterung, 01.-02.04.2014, Fulda, 67-70.

Einfluss von Tränkedauer und Fütterungsintensität auf die Aufzuchtleistung von weiblichen Rindern verschiedener Genotypen

Impact of suckling period and feeding intensity on performance of female cattle of different genotype during the rearing period

Leonhard Gruber^{1*}, Johann Häusler¹, Alfred Haiger², Georg Terler¹, Daniel Eingang¹,
Andrea Adelwöhrer¹ und Anton Schauer¹

Zusammenfassung

In einem umfassenden Forschungsprojekt zu Fragen der Effizienz in der Rinderhaltung mit unterschiedlichen Genotypen wird an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein neben der Milchleistung der Kühe und der Mastleistung der männlichen Nachkommen auch der Aspekt der Rinderaufzucht untersucht. Der Aufwand für die Aufzucht der Kälber bzw. Kalbinnen stellt neben dem Futter den zweitgrößten Kostenfaktor der Milchproduktion dar. Das Erstkalbealter und die Nutzungsdauer sind die beiden entscheidenden Faktoren für die Kosten der Bestandesergänzung. Aus ökonomischer Sicht macht also die Jungviehaufzucht im Rahmen der Milcherzeugung einen wesentlichen Kostenfaktor aus und ist daher möglichst kurz zu halten. Diesen rein ökonomischen Aspekten stehen allerdings biologische Gesetzmäßigkeiten gegenüber, die einer zu extremen Vorverlegung des Erstkalbealters entgegenstehen. Eine zu intensive Ernährung während der Aufzucht vor der Pubertät (im Alter von 10–12 Monaten) behindert die Entwicklung des Drüsengewebes im Euter und es wird stattdessen Fettgewebe angelegt, mit negativen Folgen für die spätere Milchleistung.

Daher wurde der Einfluss der Fütterungsintensität während der Aufzucht (Erstkalbealter 24 vs. 28 Monate) und der Dauer der Tränkeperiode (8 vs. 12 Wochen) bei 68 Kälbern des Forschungsprojektes „MilchEffizienz“ an 4 Genotypen untersucht (Fleckvieh_{KO}, Holstein_{HL}, Holstein_{NZ}, Holstein_{LL}; KO = Kombiniert, HL = Hochleistung, NZ = Neuseeland, LL = Lebensleistung). In der Tränkeperiode wurde die Frühentwöhnung (8 Wochen, MIL08) mit der üblichen Aufzucht (12 Wochen, MIL12) verglichen. In der ersten Woche wurde den Kälbern Biestmilch zur freien Aufnahme (max. 6 Liter) angeboten. Die Kälber erhielten je nach Versuchsgruppe 8 bzw. 12 Wochen Milchtränke (Vollmilch). Die Menge betrug maximal 6 bzw. 8 Liter je Tag, wobei diese Menge zu Beginn der Tränkeperiode gesteigert und am Ende reduziert wurde. Die unterschiedlichen Zunahmen der Erstkalbealter-Gruppen (EKA24, EKA28) wurden mit einer differenzierten Fütterungsintensität angestrebt.

Summary

In a large-scale research project at the AREC Raumberg-Gumpenstein concerning questions of efficiency in cattle farming with different genotypes aspects of cattle rearing are investigated besides milk yield of the cows and fattening performance of the male progeny. Beside the feed the efforts concerning rearing of calves represent the second largest cost factor in milk production. The first calving age and longevity are the two crucial factors for the costs of stock replacement. Thus, from the economic point of view cattle rearing accounts for an essential cost factor in the context of milk production. Therefore, it has to be skimmed. These economic aspects, however, are in contrast to biological laws, which are opposed to a too extreme acceleration of the first calving. A very intense feeding during the rearing period before puberty (in the age of 10-12 months) impedes development of the mammary gland and, instead of it, fatty tissue accrues with negative consequences for the later milk yield.

Therefore, the influence of feeding intensity during rearing (first calving age 24 vs. 28 months) and duration of suckling period (8 vs. 12 weeks) were assessed for 68 calves of four genotypes in the research project “Milk efficiency” (Simmental_{KO}, Holstein_{HL}, Holstein_{NZ}, Holstein_{LL}; KO = Dual purpose, HL = High performance, NZ = New Zealand, LL = Lifetime performance). In the suckling period early weaning (8 weeks, MIL08) was compared to conventional rearing (12 weeks, MIL12). During the first week the calves have been being offered colostrum *ad lib* (max. 6 litres). Depending on the group, the calves got milk for 8 or 12 weeks (whole milk). It amounted to a maximum of 6, respectively 8 l per day, whereby this portion has been increased at the beginning of the suckling period and reduced in the end of it. The different weight gains of the first calving-groups (EKA24, EKA28) were aimed at by means of a sophisticated feeding intensity. Group EKA24 got (very good) hay for calves and corn silage, whereas group EKA28 has been fed with hay only (without silage). A higher amount of concentrate (2.0–0.6 kg/d

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

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

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

Die Gruppe EKA24 erhielt (sehr gutes) Kälberheu und Maissilage, während die Gruppe EKA28 nur mit Heu (ohne Maissilage) gefüttert wurde. Zur höheren Energieversorgung der Gruppe EKA24 trug weiters eine höhere Kraftfuttermenge bei (2,0 bis 0,6 kg/d vs. 1,5 bis 0,1 kg/d).

Milchtränke und Erstabkalbealter wirkten sich bei den 4 Genotypen in gleicher Weise aus (keine Wechselwirkung). Der Faktor Milchtränke wirkte sich nicht signifikant auf die Lebendmasse bei der Belegung und bei der Abkalbung aus. In der Tendenz allerdings waren die Tiere mit reduzierter Tränke (MIL08) bei der Belegung leichter als die Tiere mit höherer Tränke (MIL12) und bei der Erstabkalbung schwerer (416 vs. 431 kg bzw. 684 vs. 668 kg). Dies zeigt sich auch in den täglichen Zunahmen (701 vs. 748 g bzw. 944 vs. 835 g). Die Frühentwöhnung führte bis zur Belegung zu einer langsameren Gewichtsentwicklung. Von der Belegung bis zur Abkalbung wuchsen diese Tiere allerdings rascher und wiesen über den Zeitraum der gesamten Aufzucht von der Geburt bis zur Abkalbung gleich hohe Tageszunahmen auf (787 vs. 780 g).

Die Differenzierung der Fütterungsintensität und damit der Wachstumsgeschwindigkeit ist nicht in dem Ausmaß gelungen, dass die Kalbinnen der Gruppen EKA24 bzw. EKA28 zum Zeitpunkt der Belegung gleich schwer gewesen sind (394 vs. 453 kg LM). Auch zum Zeitpunkt der Abkalbung unterschieden sich die Gruppen signifikant (659 vs. 693 kg LM). Von der Geburt bis zur Belegung beliefen sich die Tageszunahmen auf 727 vs. 721 g und von der Belegung bis zur Abkalbung auf 936 vs. 844 g. Über die gesamte Aufzuchtphase betrachtet nahmen die Kalbinnen der Gruppe EKA28 um 40 g pro Tag weniger zu (804 vs. 764 g/d).

Die Lebendmasse zum Zeitpunkt der Geburt betrug im Durchschnitt 40,5 kg und unterschied sich zwischen den Genotypen signifikant (50, 40, 35 und 37 kg LM bei FV_{KO} , HF_{HL} , HF_{NZ} und HF_{LL}). Ebenfalls signifikante Differenzen zwischen den Genotypen bestanden zum Zeitpunkt der Belegung (461, 444, 394, 396 kg LM) und der Abkalbung (752, 696, 636, 621 kg LM).

Zwischen Milchtränke und Erstabkalbealter zeigten sich in den Kriterien Lebendmasse bei der Belegung sowie bei der Abkalbung, in der Zeitspanne zwischen Geburt und Belegung sowie zwischen Geburt und Abkalbung und – damit zusammenhängend – im Besamungsindex signifikante Wechselwirkungen. Beim niedrigem Erstabkalbealter (EKA24) führte die reduzierte Tränke (MIL08) gegenüber höherer Tränke (MIL12) zu deutlich geringerer Lebendmasse (372 vs. 416 kg) und niedrigeren Tageszunahmen (694 vs. 761 g) bis zur Belegung, während bei hohem Erstabkalbealter (EKA28) die Unterschiede in diesen Kriterien zwischen den Milch-Gruppen nur gering waren (460 vs. 447 kg LM bzw. 708 vs. 735 g TGZ). In der zweiten Aufzuchtphase (von der Belegung bis zur Abkalbung) kehren sich die Verhältnisse sogar um. Die Tiere mit reduzierter Milchtränke erreichen eine deutlich höhere Lebendmasse zur Abkalbung als die Kalbinnen mit höherer Tränke (717 vs. 669 kg LM in MIL08 bzw. MIL12). Die entsprechenden Tageszunahmen betragen 944 vs. 835 g

vs. 1.5–0.1 kg/d) contributed to a better energy supply of group EKA24.

Suckling period and first calving age had the same effect at the 4 genotypes (no interaction). The factor suckling was not significant in terms of live weight at covering and at calving. In tendency, however, the animals with reduced suckling (MIL08) showed a lower live weight than the ones with more suckling at covering (MIL12) and they had a higher weight at calving (416 vs. 431 kg and 684 vs. 668 kg). This could also be seen in the daily gains (701 vs. 748 and 944 vs. 835 g). Early weaning led to a slower development in weight during the period until covering. From covering until calving these animals, however, have been growing faster, evincing equal daily gains (787 vs. 780 g) during the whole period of rearing from birth until calving.

Differentiation of feeding intensity and growth rate, therefore, did not succeed to that extent that the heifers of groups EKA 24 and EKA28 had the same live weight at the date of covering (394 vs. 453 kg LW). At the moment of calving the groups differed significantly, as well (659 vs. 693 kg LW). From birth until covering the daily gains lay at 727 vs. 721 g; from covering until calving they lay at 936 vs. 844 g. Regarding the whole rearing period the heifers of group EKA28 had a weight gain of 40 g less per day (804 vs. 764 g/d).

Live weight at the moment of birth was 40.5 kg on average and differed significantly between the genotypes (50, 40, 35 and 37 kg LW at FV_{KO} , HF_{HL} , HF_{NZ} and HF_{LL}). There were significant differences between the genotypes at the date of covering, as well (461, 444, 394, 396 kg LW), and at the calving (752, 696, 636, 621 kg LW).

Between suckling period and first calving age significant interactions were shown at the criteria live weight at covering and calving, in the time frame between birth and covering as well as between birth and calving and – connected with this – in the insemination index. At a low first calving age (EKA24) reduced suckling (MIL08) led to clearly lower live weight (372 vs. 416 kg) and lower daily weight gains (694 vs. 761 g) until the covering, in contrary to more suckling (MIL12). However, at a higher first calving age (EKA28) the differences between the milk-groups were small in terms of these criteria (460 vs. 447 kg LW and 708 vs. 735 g DWG). In the second rearing period (from covering until calving) relations actually go into reverse. Animals with reduced suckling reach a clearly higher live weight at calving than the heifers with increased suckling (717 vs. 669 kg LW in MIL08 and MIL12). The according daily gains in weight are 944 vs. 835 g (MIL08 and MIL12) on average of both first calving-groups. Regarding the entire rearing period there are nearly no differences in live weight at calving (684 vs. 668 kg) and the daily weight gains from birth until calving (787 vs. 780 g) between the suckling groups (MIL08 vs. MIL12). With reduced suckling the heifers clearly stay behind in their development regarding the first period and they catch up in the second period. Thus, they are equal at the end of the rearing period. As to their development of live weight, early weaned

(MIL08 bzw. MIL12) im Mittel beider Erstabkalbealter-Gruppen. Über die gesamte Aufzuchtphase betrachtet sind zwischen den Milchtränke-Gruppen (MIL08 vs. MIL12) kaum Unterschiede in der Lebendmasse bei der Abkalbung (684 vs. 668 kg) und den Tageszunahmen von der Geburt bis zur Abkalbung (787 vs. 780 g) vorhanden. Bei reduzierter Tränke bleiben die Kälber im ersten Zeitabschnitt in ihrer Entwicklung deutlich zurück und nehmen im zweiten Zeitabschnitt mehr zu, sodass sie zum Ende der Aufzucht gleich schwer sind. Frühentwöhnte Tiere kompensieren also den Wachstumseinbruch zu Beginn der Aufzucht vollständig, was ihre Lebendmasseentwicklung betrifft. Wie sich die Frühentwöhnung auf Leistung und Gesundheit in den folgenden Laktationen sowie die Nutzungsdauer auswirkt, ist (unter anderem) Gegenstand des vorliegenden Forschungsprojektes.

Zwischen den Genotypen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der Futter- und Nährstoffaufnahme. Hinsichtlich Gesamttrockenmasse-Aufnahme waren die Unterschiede an der Signifikanzgrenze (8.55, 8.24, 7.77, 7.78 kg TM/d in FV_{KO} , HF_{HL} , HF_{NZ} , HF_{LL}). Wird die Futteraufnahme jedoch auf Lebendmasse bezogen, bestehen kaum Unterschiede zwischen den Genotypen (20.5, 21.0, 21.4, 21.5 g TM/kg LM). Auch die Faktoren Erstabkalbealter und Milchtränke wirkten sich nicht signifikant auf die Futter- und Nährstoffaufnahme aus. Die Unterschiede zwischen EKA24 und EKA28 in der Nährstoffkonzentration der Ration ergeben sich aus dem Versuchsplan. Der Futter- und Nährstoffaufwand pro kg Zuwachs ist als relativ ungünstig anzusehen, ist allerdings durch das niedrige Niveau der Tageszunahmen von durchschnittlich 784 g zu erklären (im Vergleich zu Mastbedingungen, d.h. hoher Anteil des Erhaltungsbedarfes). Die Dauer der Milchtränke übte keinen signifikanten Einfluss auf den Nährstoffaufwand aus. Bezüglich Erstabkalbealter war die Gruppe EKA28 der Gruppe EKA24 hinsichtlich Verwertung der Trockenmasse und Energie leicht unterlegen (11,3 vs. 11,6 kg TM/kg Zuwachs; 107,4 vs. 108,8 MJ ME/kg Zuwachs). Hinsichtlich Genotypen wies Fleckvieh einen günstigeren Futteraufwand pro kg Zuwachs auf als Holstein, was sich aus dem unterschiedlichen Körperansatz dieser Tiere in Form von Fett und Protein erklärt.

Schlagwörter: Rinderaufzucht, Frühentwöhnung, Erstabkalbealter, Genotypen, Lebendmasse, Futteraufnahme

animals therefore completely compensate their break in the development at the beginning of rearing. How early weaning affects performance and health in the following lactations as well as the longevity – these are (among others) matters of the current research project.

There are no significant differences shown between the genotypes in the intake of feed and nutrients. In terms of the intake of total dry matter (DM) the differences lay at the limit of significance (8.55, 8.24, 7.77, 7.78 kg DM/d in FV_{KO} , HF_{HL} , HF_{NZ} , HF_{LL}). If feed intake was referred to live weight (LW), there would scarcely be any differences between the genotypes (20.5, 21.0, 21.4, 21.5 g DM/kg LW). The factors first calving age and duration of suckling were not significant in terms of food and nutrient intake, as well. The differences between EKA24 and EKA28 in terms of nutrient concentration of the ration arise from the experimental design. The requirements of feed and nutrients per kg weight gain is relatively adverse; however, it can be explained by the low level of daily gains of averagely 784 g (in comparison to the conditions for fattening, i.e. a high proportion of maintenance requirement). The duration of suckling has no significant influence on the nutrient expenditure. Concerning the first calving age group EKA28 slightly lay beneath group EKA24 in terms of utilization of dry matter and energy (11.3 vs. 11.6 kg DM/kg gain, 107.4 vs. 108.8 MJ ME/kg gain). Concerning the genotypes, compared to Holstein, Simmental showed a lower energy requirement per kg weight gain, which can be explained by their lower fat and higher protein retention.

Keywords: cattle rearing, early weaning, first calving age, genotype, live weight, feed intake

1. Einleitung und Literatur

In einem umfassenden Forschungsprojekt zu Fragen der Effizienz in der Rinderhaltung mit unterschiedlichen Genotypen wird an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein neben der Milchleistung der Kühe und der Mastleistung der männlichen Nachkommen auch der Aspekt der Rinderaufzucht untersucht. Der Aufwand für die Aufzucht der Kälber bzw. Kalbinnen stellt neben dem Futter den zweitgrößten Kostenfaktor der Milchproduktion dar. Die durchschnittliche Nutzungsdauer aller kontrollierten Kühe beträgt 3,77 Jahre. Das durchschnittliche Abgangsalter der Kühe beläuft sich auf 6,27 Jahre. Die wichtigsten Abgangsursachen sind Unfruchtbarkeit (23,9 %) und Euterkrankheiten (13,7 %) (ZuchtData 2015). Diese Kennzahlen besagen, dass die Be-

standesergänzung von enormer wirtschaftlicher Bedeutung ist, da die Aufzuchtdauer der Rinder nur um 1,3 Jahre geringer als die Nutzungsdauer der Kühe ist! Das Erstabkalbealter und die Nutzungsdauer sind die beiden entscheidenden Faktoren für das erforderliche Ausmaß und damit die Kosten der Bestandesergänzung (CHASE und SNIFFEN 1988, HEINRICHS 1993, GARNSWORTHY 2005, ZANTON und HEINRICHS 2005). Das Erstabkalbealter wirkt sich umso stärker auf die erforderliche Bestandesergänzung aus, je kürzer die Nutzungsdauer ist. Bei einer durchschnittlichen Laktationszahl von 2,64 (= 37,9 % Bestandesergänzung) und einem durchschnittlichen Erstabkalbealter von 29,5 Monaten ergibt sich eine erforderliche Anzahl an Aufzuchtieren in der Höhe von 102,5 % der Kuhanzahl (bei 10 % Aufzuchtverlusten).

Fütterungsintensität angestrebt. Die Gruppe EKA24 erhielt (sehr gutes) Kälberheu und Maissilage, während die Gruppe EKA28 nur mit Heu (ohne Maissilage) gefüttert wurde. Zur höheren Energieversorgung der Gruppe EKA24 trug weiters eine höhere Kraftfuttermenge bei (siehe Fütterungsplan in Tabelle 2).

Zusammensetzung des Kraftfutters:

37 % Weizen, 36 % Gerste, 17 % Sojaextraktionsschrot 44, 10 % Leinextraktionsschrot.

In der Tänkeperiode wurde die Frühentwöhnung (8 Wochen) mit der üblichen Aufzucht (12 Wochen) verglichen. In der ersten Woche wurde den Kälbern Biestmilch zur freien Aufnahme (max. 6 Liter) angeboten. Die Kälber erhielten je nach Versuchsgruppe 8 bzw. 12 Wochen Milchtränke (Vollmilch). Die Menge betrug maximal 6 bzw. 8 Liter je Tag, wobei diese Menge zu Beginn der Tränkeperiode gesteigert und am Ende reduziert wurde (Tabelle 3). Diese Tränkeverfahren sind bei KIRCHGESSNER et al. (2008) beschrieben.

2.2 Erhebungen, Analysen und statistische Auswertung

Folgende Parameter wurden erhoben:

Lebendmasse: Geburtsgewicht, Lebendmasse jede Woche

Körperkondition: alle 8 Wochen (5-teilige Skala nach EDMONSON et al. 1989, 0.125-Abstufung)

Rückenfettdicke: alle 8 Wochen

Körpermaße: alle 8 Wochen (Brustumfang, Bauchumfang, Brusttiefe, Beckenbreite, Kreuzhöhe, Körperlänge)

Milchtränke: Liter pro Tag

Grundfutter und Kraftfutter: Menge pro Tag (kg)

Statistische Auswertung:

Die statistische Auswertung wurde mit dem Statistikprogramm SAS (Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) unter Verwendung der Prozedur MIXED nach folgendem Modell durchgeführt (siehe Kasten).

Da nicht alle Versuchstiere in allen Altersgruppen vertreten waren, wurde der zufällige Effekt des Tieres mit dem Statement RANDOM Tier(Genotyp) berücksichtigt. Der Effekt wiederholter Erhebungen am selben Tier innerhalb einer Altersgruppe ging mit dem Statement REPEATED Altersgruppe / subject = Tier(Altersgruppe) in das Modell ein. Kovarianzstruktur im Statement RANDOM war Type = VC (Variance Components) und im Statement REPEATED Type = CS (Compound Symmetry).

Y_{ijklm}	$=$	$\mu + E_i + M_j + G_k + A_l + (E \times M)_{ij} + (E \times G)_{ik} + (M \times G)_{jk} + (E \times A)_{il} + (M \times A)_{jl} + (G \times A)_{kl} + T(G)_m + \epsilon_{ijklm}$
Y_{ijklm}	$=$	Beobachtungswert des abhängigen Parameters
μ	$=$	Intercept
E_i	$=$	fixer Effekt des Erstabkalbealters i ($i = 24, 28$)
M_j	$=$	fixer Effekt der Milchtränke j ($j = 8, 12$)
G_k	$=$	fixer Effekt des Genotyps k ($k = FV_{KO}, HF_{HL}, HF_{NZ}, HF_{LL}$)
A_l	$=$	fixer Effekt der Altersgruppe l ($l = 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800$)
$(E \times M)_{ij}$	$=$	Wechselwirkung zwischen Erstabkalbealter i und Milchtränke j
$(E \times G)_{ik}$	$=$	Wechselwirkung zwischen Erstabkalbealter i und Genotyp k
$(M \times G)_{jk}$	$=$	Wechselwirkung zwischen Milchtränke j und Genotyp k
$(E \times A)_{il}$	$=$	Wechselwirkung zwischen Erstabkalbealter i und Altersgruppe l
$(M \times A)_{jl}$	$=$	Wechselwirkung zwischen Milchtränke j und Altersgruppe l
$(G \times A)_{kl}$	$=$	Wechselwirkung zwischen Genotyp k und Altersgruppe l
$T(G)_m$	$=$	zufälliger Effekt des Tieres m genestet innerhalb Genotyp
ϵ_{ijklm}	$=$	Residual Random Error

Tabelle 2: Rationsgestaltung der Versuchsgruppen (EKA24, EKA28) bis zum Lebensmonat 15

Lebensmonat		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Gruppe 'Erstabkalbealter 24'																
Heu	% GF	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	65,0	67,7	70,5	73,2	75,9	78,6	81,4	84,1	86,8	-	-	-
Maissilage	% GF	-	-	-	35,0	32,3	29,5	26,8	24,1	21,4	18,6	15,9	13,2	10,5	7,7	5,0
Grassilage	% GF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89,5	92,3	95,0
Kraftfutter	kg FM	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	2,00	1,83	1,65	1,48	1,31	1,14	0,96	0,79	0,62	0,45	0,27	0,10
Gruppe 'Erstabkalbealter 28'																
Heu		<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	-	-	-
Grassilage		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>
Kraftfutter	kg FM	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	<i>ad lib</i>	1,50	1,33	1,15	0,98	0,80	0,63	0,45	0,28	0,10	-	-	-

Tabelle 3: Tränkeplan in den beiden Versuchsgruppen (Milch8Wo, Milch12Wo) (Liter Tränke pro Tag)

Lebenswoche		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8 Wochen	Biestmilch	5	6	6	5	4	3	2	-	-	-	-	-
12 Wochen	Biestmilch	6	7	8	8	8	7	6	5	4	3	2	-

Futtermittelanalyse und Futterbewertung:

Die Futtermittelanalyse erfolgte aus monatlichen Sammelproben für Grundfutter und Kraftfutter.

Untersuchte Parameter: Weender Analyse, Gerüstsubstanzen, Mengen- und Spurenelemente, ELOS (Analyse nach VDLUFA 2012). Die Berechnung der Energiekonzentration aus ELOS und dem Gehalt an Nährstoffen basierte auf dem Berechnungsschema der GfE (2008). Die Trockenmasse-Bestimmung erfolgte durch Trocknung der Einzelproben bei 104 °C für 24 h. Die bei der Trocknung von Silagen entstehenden Verluste über flüchtige Substanzen wurden nach den Angaben von WEISSBACH und KUHLA (1995) berücksichtigt.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Gewichtsentwicklung

Die Ergebnisse zur Gewichtsentwicklung der Tiere in der Aufzuchtphase sind in der *Tabelle 4* für die Haupteffekte (Milchtränke, Erstabkalbealter, Genotyp) sowie in *Tabelle 5* für die Wechselwirkungen (Milch × Erstabkalbealter, Milch × Genotyp, Erstabkalbealter × Genotyp) angeführt. Grafische Darstellungen finden sich in den *Abbildungen 1 bis 3* (Haupteffekte (Milchtränke, Erstabkalbealter, Genotyp) und *Abbildung 4* (Wechselwirkung Milch × Erstabkalbealter).

3.1.1 Haupteffekt Milchtränke

Der Faktor Milchtränke wirkte sich nicht signifikant auf die Lebendmasse bei der Belegung und bei der Erstabkalbung aus. In der Tendenz allerdings waren die Tiere mit reduzierter Tränke (MIL08) bei der Belegung leichter als die Tiere mit höherer Tränke (MIL12) und bei der Erstabkalbung schwerer (416 vs. 431 kg bzw. 684 vs. 668 kg). Dies zeigt sich auch in den täglichen Zunahmen (701 vs. 748 g bzw. 944 vs. 835 g). Die Frühentwöhnung führte bis zur Belegung zu einer langsameren Gewichtsentwicklung. Von der Belegung bis zur Abkalbung wuchsen diese Tiere allerdings rascher und wiesen über den Zeitraum der gesamten Aufzucht von der Geburt bis zur Erstabkalbung gleich hohe Tageszunahmen auf (787 vs. 780 g).

3.1.2 Haupteffekt Erstabkalbealter

Die Differenzierung der Fütterungsintensität und damit der Wachstumsgeschwindigkeit ist nicht in dem Ausmaß gelungen, dass die Kalbinnen der Gruppen EKA24 bzw. EKA28 zum Zeitpunkt der Belegung gleich schwer gewesen sind (394 vs. 453 kg LM; $P < 0,001$). Auch zum Zeitpunkt der Abkalbung unterschieden sich die Gruppen signifikant (659 vs. 693 kg LM; $P = 0,026$). Dieser Verlauf der Gewichtsentwicklung spiegelt sich auch in den Tageszunahmen wider. Von der Geburt bis zur Belegung beliefen sich die Tageszunahmen auf 727 vs. 721 g und von der Belegung bis zur Erstabkalbung auf 936 vs. 844 g. Über die gesamte Aufzuchtphase betrachtet nahmen die Kalbinnen der Gruppe EKA28 um 40 g pro Tag weniger zu (804 vs. 764 g/d; $P = 0,062$). Hinsichtlich des Zeitschemas (d.h. Zeitpunkt der Belegung und damit der Abkalbung) gab es in Folge von erforderlichen Nachbesamungen eine leichte Verzögerung, besonders was die Gruppe EKA24 betraf (16,1 vs. 18,9 Monate bei der Belegung; 25,4 vs.

Tabelle 4: Ergebnisse zur Gewichtsentwicklung in Abhängigkeit von Milchtränke, Erstabkalbealter und Genotyp – Haupteffekte (N = 68) ¹⁾

Parameter	Einheit	Milchtränke			Erstabkalbealter			FV _{K0}	Genotyp			HF _{LI}	RMSE	MILCH	EKA	GENTYP	P-Werte			R ²	
		MIL08	MIL12	EKA24	EKA28	HF _{HL}	HF _{NZ}		M×G	M×E	E×G										
Anzahl	n	32	36	33	35	16	15	20	17												
Lebendmasse																					
Geburt	kg	41	40	42	39	50 ^a	40 ^b	35 ^c	37 ^{bc}	4,7	0,567	0,048	<0,001	0,255	0,890	0,606	58,6				
Belegung	kg	416	431	394	453	461 ^a	444 ^{ab}	394 ^b	396 ^b	57,2	0,301	<0,001	0,002	0,046	0,818	0,483	31,8				
Abkalbung	kg	684	668	659	693	752 ^a	696 ^a	636 ^b	621 ^b	59,5	0,290	0,026	<0,001	0,030	0,572	0,930	43,7				
Zeitraum in Tagen																					
Geburt-Belegung	Tag	537	528	489	576	534	514	535	548	46	0,416	<0,001	0,239	0,023	0,661	0,522	46,6				
Belegung-Abkalbung	Tag	283	284	283	283	288 ^a	282 ^{bc}	279 ^c	284 ^{ab}	5	0,436	0,901	<0,001	0,658	0,919	0,297	24,9				
Geburt-Abkalbung	Tag	819	811	771	858	820	795	813	831	47	0,472	<0,001	0,189	0,022	0,657	0,485	46,3				
Zeitraum in Monaten																					
Geburt-Belegung	Monat	17,7	17,4	16,1	18,9	17,5	16,9	17,6	18,0	1,52	0,416	<0,001	0,239	0,023	0,661	0,522	46,6				
Belegung-Abkalbung	Monat	9,3	9,3	9,3	9,3	9,5 ^a	9,3 ^{bc}	9,2 ^c	9,3 ^{ab}	1,52	0,436	0,901	<0,001	0,658	0,919	0,297	24,9				
Geburt-Abkalbung	Monat	26,9	26,6	25,4	28,2	27,0	26,1	26,7	27,3	1,54	0,472	<0,001	0,189	0,022	0,657	0,485	46,3				
Tageszunahmen																					
Geburt-Belegung	g	701	748	727	721	772 ^{ab}	791 ^a	677 ^{bc}	657 ^c	112	0,093	0,824	0,002	0,465	0,473	0,879	16,5				
Belegung-Abkalbung	g	944	835	936	844	1009 ^a	891 ^{ab}	867 ^{ab}	792 ^b	194	0,026	0,059	0,022	0,823	0,246	0,682	14,2				
Geburt-Abkalbung	g	787	780	804	764	858 ^a	829 ^a	743 ^b	704 ^b	85	0,720	0,062	<0,001	0,479	0,515	0,851	31,4				
Belegungen	Anzahl	2,05	1,92	2,12	1,85	2,31	1,60	1,90	2,12	1,00	0,606	0,273	0,232	0,050	0,576	0,254	6,4				

¹⁾ Statistisches Auswertungsmodell (GLM): $y = \text{MILCH} + \text{EKA} + \text{GENOTYP} + \text{MILCH} \times \text{EKA} + \text{MILCH} \times \text{GENOTYP} + \text{EKA} \times \text{GENOTYP}$

Tabelle 5: Ergebnisse zur Gewichtsentwicklung in Abhängigkeit von Milchtränke, Erstabkalbealter und Genotyp – Wechselwirkungen (N = 68)¹⁾

Parameter	Einheit	MILCH × EKA				MILCH × RASSE				EKA × RASSE												
		08/24	08/28	12/24	12/28	08/FV	08/HF	08/NZ	08/LL	12/FV	12/HF	12/NZ	12/LL	24/FV	24/HF	24/NZ	24/LL	28/FV	28/HF	28/NZ	28/LL	
Anzahl		15	17	18	18	7	7	10	8	9	8	10	9	8	7	10	8	8	8	10	10	9
Lebendmasse																						
Geburt	kg	41	40	42	38	50	40	36	37	49	39	35	37	39	40	36	39	48	40	34	35	
Belegung	kg	372	460	416	447	447	436	397	386	475	452	391	407	361	404	382	361	492	483	406	432	
Abkalbung	kg	651	717	668	669	776	690	645	624	727	701	627	618	598	734	679	626	769	712	646	644	
Zeitraum in Tagen																						
Geburt-Belegung	Tag	480	594	498	558	543	527	531	547	524	500	538	548	502	492	459	503	575	568	566	594	
Belegung-Abkalbung	Tag	282	283	284	284	287	282	279	283	289	282	279	285	285	286	282	280	290	282	278	284	
Geburt-Abkalbung	Tag	762	876	781	840	829	809	808	829	812	781	817	833	785	777	740	783	864	849	843	877	
Zeitraum in Monaten																						
Geburt-Belegung	Monat	15,8	19,5	16,4	18,3	17,8	17,3	17,4	18,0	17,2	16,4	17,7	18,0	16,5	16,2	15,1	16,5	18,9	18,7	18,6	19,5	
Belegung-Abkalbung	Monat	9,3	9,3	9,3	9,3	9,4	9,3	9,2	9,3	9,5	9,3	9,2	9,4	9,4	9,4	9,3	9,2	9,5	9,3	9,1	9,3	
Geburt-Abkalbung	Monat	25,0	28,8	25,7	27,6	27,3	26,6	26,6	27,3	26,7	25,7	26,8	27,4	25,8	25,5	24,3	25,7	28,4	27,9	27,7	28,8	
Tageszunahmen																						
Geburt-Belegung	g	694	708	761	735	729	751	687	636	815	831	667	678	645	772	798	694	772	784	659	669	
Belegung-Abkalbung	g	985	904	886	784	1146	900	888	844	872	883	847	740	835	1062	975	871	956	808	864	749	
Geburt-Abkalbung	g	800	775	807	753	877	806	757	709	838	853	729	700	714	877	865	759	838	794	728	695	
Belegungen	Anzahl	1,94	2,15	2,30	1,54	2,56	1,82	1,80	2,00	2,06	1,38	2,00	2,24	2,00	2,50	1,57	2,40	2,13	1,63	1,40	2,24	

¹⁾ Statistisches Auswertungsmodell (GLM): $y = \text{MILCH} + \text{EKA} + \text{GENOTYP} + \text{MILCH} \times \text{EKA} + \text{MILCH} \times \text{GENOTYP} + \text{EKA} \times \text{GENOTYP}$

28,2 Monate bei der Abkalbung). Dies ist auch am Besamungsindex zu erkennen (2,12 vs. 1,85 in EKA24 bzw. EKA28; Einfluss von Milchtränke und Erstabkalbealter allerdings nicht signifikant).

3.1.3 Haupteffekt Genotyp

Die Lebendmasse zum Zeitpunkt der Geburt betrug im Durchschnitt 40,5 kg und unterschied sich zwischen den Genotypen signifikant (50, 40, 35 und 37 kg LM bei FV_{KO}, HF_{HL}, HF_{NZ} und HF_{LL}; $P < 0,001$). Ebenfalls signifikante Differenzen zwischen den Genotypen bestanden zum Zeitpunkt der Belegung (461, 444, 394, 396 kg LM) und der Erstabkalbung (752, 696, 636, 621 kg LM) bei FV_{KO}, HF_{HL}, HF_{NZ}, HF_{LL}. Hinsichtlich Fruchtbarkeit übten die Faktoren Milchtränke und Genotyp keinen signifikanten Einfluss aus. Insgesamt entsprechen die Gewichte und Tageszunahmen der vier Genotypen den Vorgaben bzw. Annahmen des Versuchsplanes recht gut. Fleckvieh und Holstein (HL) unterscheiden sich in der Lebendmasse zur Erstabkalbung und in den Tageszunahmen bis zur Abkalbung nicht signifikant. Ebenso sind Holstein (NZ) und Holstein (LL) einander recht ähnlich, jedoch signifikant geringer als FV und Holstein (HL) (858, 829, 743, 704 g).

3.1.4 Wechselwirkung Milchtränke × Erstabkalbealter

Zwischen Milchtränke und Genotyp bzw. zwischen Erstabkalbealter und Genotyp traten bezüglich Gewichtsentwicklung keine signifikanten Wechselwirkungen auf. Dies bedeutet, dass sich der Einfluss der Milchtränke und des Erstabkalbealters bei den Genotypen in gleicher Weise auswirkt. Signifikante Wechselwirkungen zeigten sich allerdings zwischen Milchtränke und Erstabkalbealter in den Kriterien Lebendmasse bei der Belegung und bei der Erstabkalbung, in der Zeitspanne zwischen Geburt und Belegung sowie zwischen Geburt und Abkalbung und – damit zusammenhängend – im Besamungsindex (Tabelle 4 und 5 sowie Abbildung 4). Beim niedrigen Erstabkalbealter (EKA24) führte die reduzierte Tränke (MIL08) gegenüber höherer Tränke (MIL12) zu deutlich geringerer Lebendmasse (372 vs. 416 kg) und niedrigeren Tageszunahmen (694 vs. 761 g) bis zur Belegung, während bei hohem Erstabkalbealter (EKA28) die Unterschiede in diesen Kriterien zwischen den Milch-Gruppen nur gering waren (460 vs. 447 kg LM bzw. 708 vs. 735 g TGZ). In der zweiten Aufzuchtphase (von der Belegung bis zur Abkalbung) kehren sich die Verhältnisse sogar um. Die Tiere mit reduzierter Milchtränke erreichen eine deutlich höhere Lebendmasse zur Abkalbung als die Kalbinnen mit höherer Tränke (717 vs. 669 kg LM in MIL08 bzw. MIL12). Die entsprechenden Tageszunahmen betragen 944 vs. 835 g (MIL08 bzw. MIL12) im Mittel beider Erstabkalbealter-Gruppen. Über die gesamte Aufzuchtphase betrachtet sind zwischen den Milchtränke-Gruppen (MIL08 vs. MIL12) kaum Unterschiede in der Lebendmasse bei der Abkalbung (684 vs. 668 kg) und den Tageszunahmen von der Geburt bis zur Abkalbung (787 vs. 780 g) vorhanden. Bei reduzierter Tränke bleiben die Kälber im ersten Zeitabschnitt in ihrer Entwicklung deutlich zurück und nehmen im zweiten Zeitabschnitt mehr zu, sodass sie zum Ende der Aufzucht gleich schwer sind. Frühentwöhnte Tiere kompensieren also den Wachstumseinbruch zu Beginn der Aufzucht vollständig, was ihre Lebendmasseentwicklung

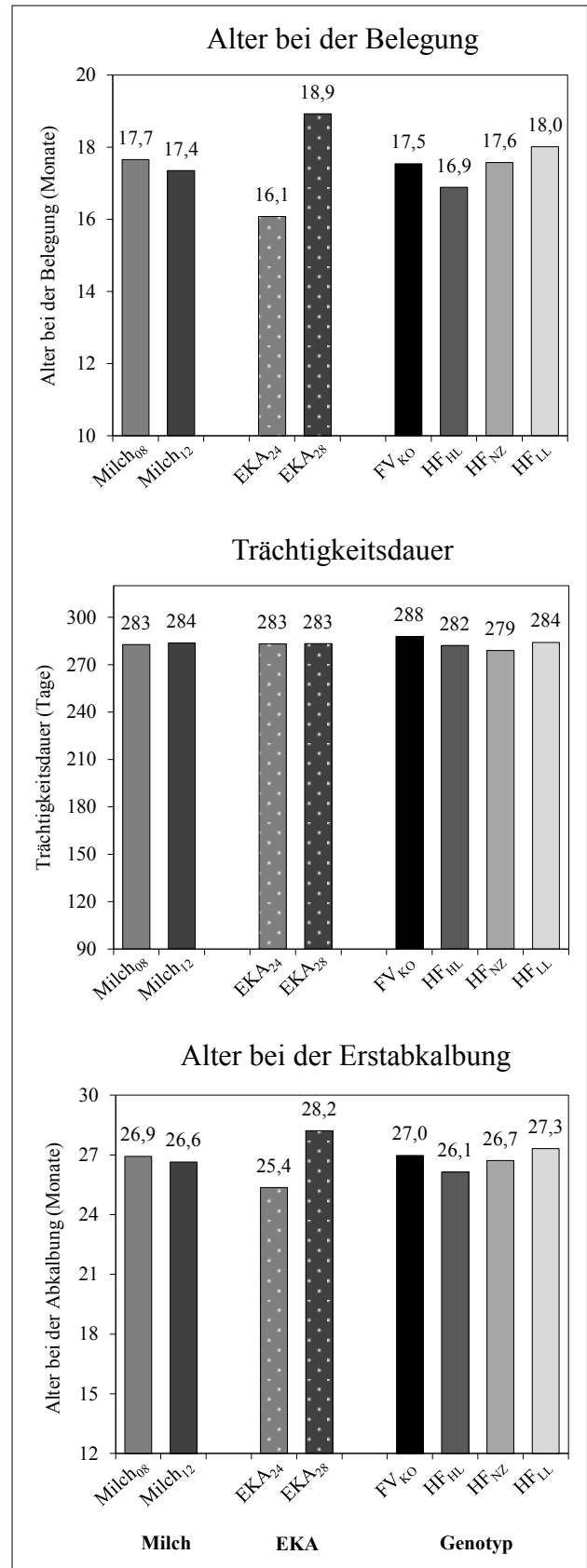
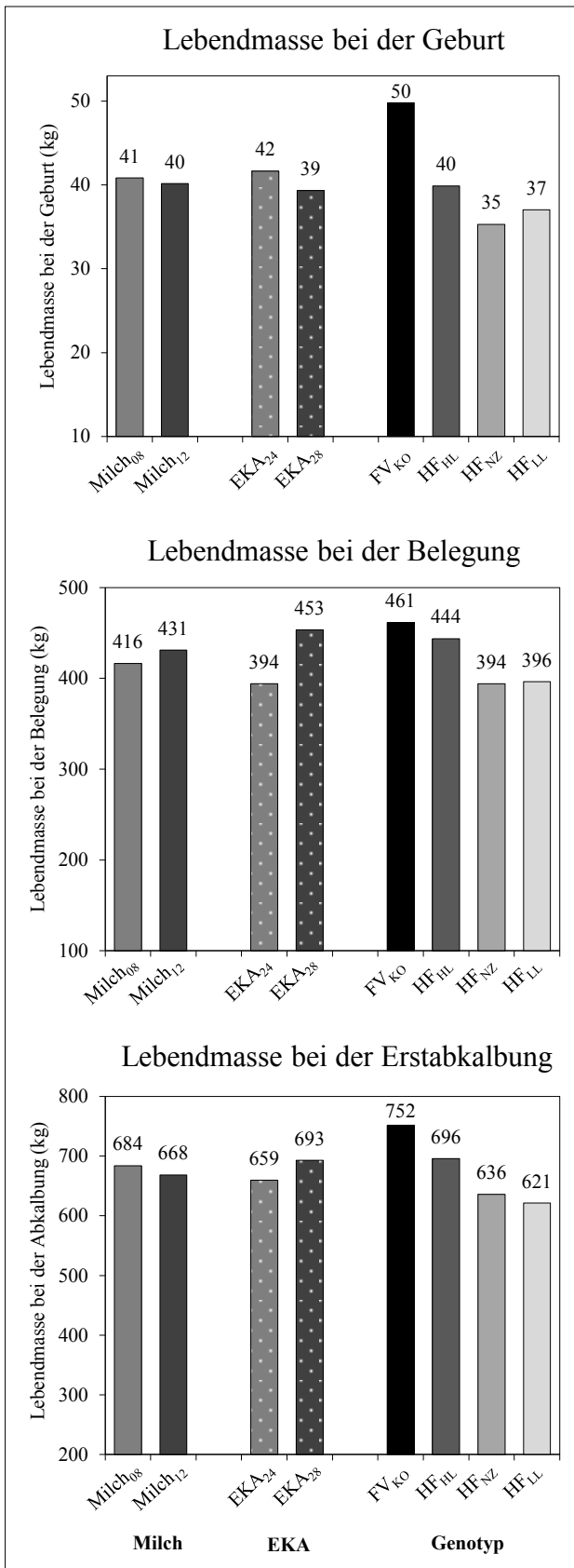


Abbildung 1: Lebendmasse der Versuchstiere bei der Geburt, Belegung und Abkalbung in Abhängigkeit von Milchtränke, Erstabkalbealter und Genotyp (Haupteffekte)

Abbildung 2: Alter der Versuchstiere bei der Belegung und Abkalbung sowie Trächtigkeitsdauer in Abhängigkeit von Milchtränke, Erstabkalbealter und Genotyp (Haupteffekte)

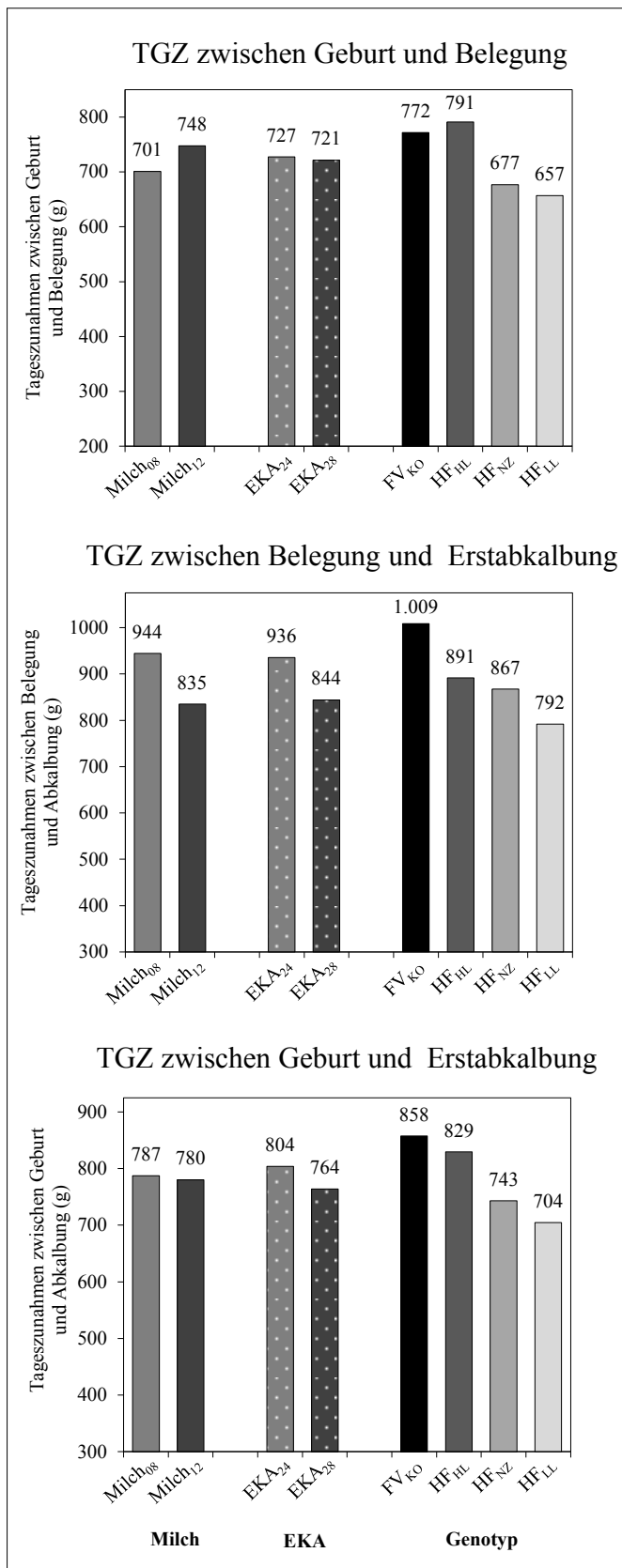


Abbildung 3: Tageszunahmen der Versuchstiere zwischen Geburt und Belegung, zwischen Belegung und Abkalbung sowie zwischen Geburt und Abkalbung in Abhängigkeit von Milchtränke, Erststabilbealter und Genotyp (Haupteffekte)

betrifft. Wie sich die Frühentwöhnung auf Leistung und Gesundheit in den folgenden Laktationen sowie die Nutzungsdauer auswirkt, ist (unter anderem) Gegenstand des vorliegenden Forschungsprojektes.

SPANN et al. (2007) untersuchten in einem mehrjährigen Projekt (1999–2003) mit ca. 120 Kalbinnen (Fleckvieh) ebenfalls den Einfluss des Erststabilbealters (24 vs. 27 Monate) in der Rinderaufzucht (und auch auf die Ergebnisse nach der Abkalbung). Die unterschiedliche Fütterungsintensität wurde – wie im vorliegenden Versuch – durch verschiedene Anteile an Maissilage und Kraftfutter erreicht. Die erzielten Ergebnisse sind ähnlich der vorliegenden Untersuchung. Erststabilbealter: 25,3 vs. 28,4 Monate, Lebendmasse bei Belegung: 461 vs. 479 kg, Tageszunahmen bis zur Belegung: 874 vs. 780 g, Lebendmasse nach der Kalbung 600 vs. 619 kg. Es gab also ebenfalls durch erforderliche Nachbesamungen Verschiebungen des geplanten Erststabilbealters und ein höheres Gewicht der Kontrollgruppe (EKA27). Allerdings waren die Zunahmen bis zur Belegung zwischen den Gruppen differenzierter. In einem weiteren Versuch an der LfL Grub prüften auch ETTLE et al. (2011) den Einfluss der Fütterungsintensität in der Jungrinderaufzucht, um ein Erststabilbealter von 24 und 27 Monaten zu erreichen (60 Fleckvieh, 24 Brown Swiss). Die täglichen Zunahmen von Tag 138 bis Tag 274 betragen 1.052 vs. 949 g und von Tag 274 bis Tag 550 816 vs. 716 g, lagen also höher als im vorliegenden Versuch.

3.2 Körpermaße sowie Futteraufnahme und Nährstoffaufwand im Laufe der Aufzucht

In Tabelle 6 sind die Ergebnisse zu Körpermaßen, Futter- und Nährstoffaufnahme, Nährstoffkonzentration und Futteraufwand pro kg Zuwachs in Abhängigkeit von Milchtränke, Erststabilbealter, Genotyp und auch Alter angeführt. (Es handelt sich um einen kürzeren Zeitraum der Erhebung als in Tabelle 4 und 5, nämlich 01.01.2012 – 30.06.2014. Diese Daten wurden in Abschnitte von je einer Woche unterteilt; N = 4.517).

Der Verlauf wichtiger Versuchskriterien während der Aufzuchtphase (Lebendmasse, Körpermaße, Futteraufnahme, Energieaufwand pro kg Zuwachs etc.) ist für die Versuchseffekte Milchtränke, Erststabilbealter und Genotyp in den Abbildungen 5, 6 und 7 dargestellt.

Weder Milchtränke noch Erststabilbealter übten einen signifikanten Einfluss auf die Tageszunahmen, Körpermaße und BCS aus. Dagegen unterschieden sich die Genotypen in allen diesen Parametern signifikant (Tabelle 6). In diesem Datenmaterial machte der Unterschied zwischen den EKA-Gruppen in den Tageszunahmen 45 g aus (729 vs. 684 g in EKA24 bzw. EKA28). Die Zunahmen der vier Genotypen beliefen sich auf 786, 714, 679 bzw. 647 g (in FV_{KO}, HF_{HL}, HF_{NZ}, HF_{LL}). Wie auch in den Daten der Tabelle 4 bilden FV_{KO} und HF_{HL} eine ähnliche Gruppe hinsichtlich Lebendmasse und Körpermaßen. Demgegenüber weisen die kleinrahmigeren Genotypen HF_{NZ} und HF_{LL} eine geringere Lebendmasse und kleinere Körpermaße auf. Auffällig ist der höhere BCS-Wert der Genotypen HF_{NZ}, die besonders im Bereich

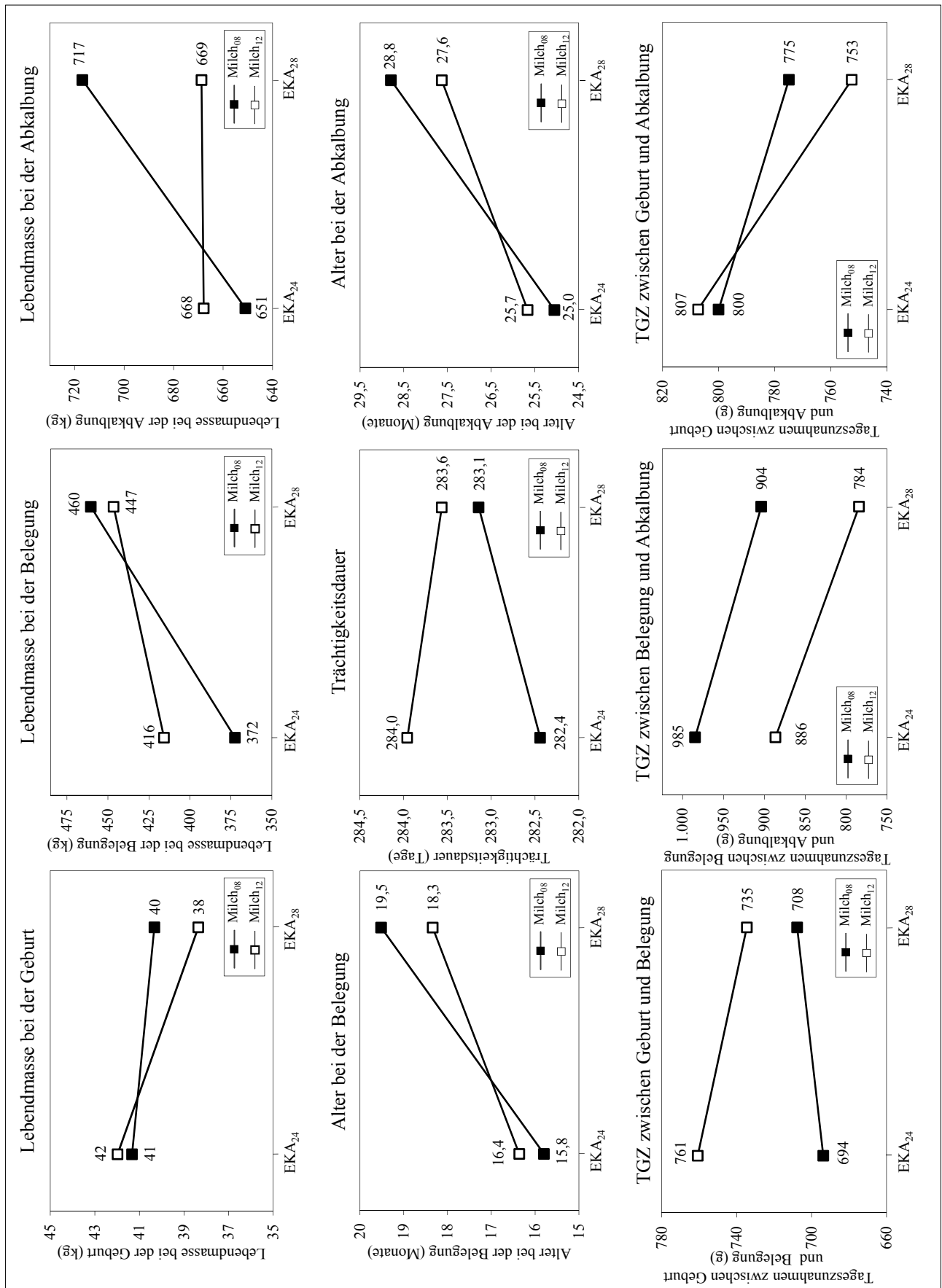


Abbildung 4: Lebendmasse, Alter und Tageszunahmen der Versuchstiere in verschiedenen Phasen der Aufzucht in Abhängigkeit von Milchtränke und Erstabkalbealter (Wechselwirkungen)

Tabelle 6: Ergebnisse zu Lebendmasse, Futteraufnahme, Futteraufwand etc. in Abhängigkeit von Erststallalter, Milchtränke, Genotyp und Alter (N = 4.517)

Parameter	Einheit	Milchtränke		Erststallalter		Genotyp			Alter (d)					RMSE			
		MIL08	MIL12	EKA24	EKA28	FV _{KO}	HF _{HL}	HF _{NZ}	HF _{LL}	200	300	400	500		600	700	800
Lebendmasse, Körpermaße und Körperkondition																	
Lebendmasse	kg	403	412	408	407	445	419	386	379	215	275	335	394	467	551	617	30
Tageszunahmen	g	704	709	729	684	786	714	679	647	715	715	591	624	887	874	542	60
Brustumfang	cm	165,3	169,4	166,9	167,8	171,2	173,5	163,6	161,2	131,2	146,5	157,5	168,1	180,3	190,4	197,7	5,2
Bauchumfang	cm	198,9	203,6	201,2	201,2	207,3	204,1	199,6	194,0	163,3	178,0	187,6	196,9	213,3	229,9	239,6	7,2
Brusttiefe	cm	63,4	63,8	63,4	63,8	64,3	66,3	61,9	61,9	50,7	56,1	60,7	64,5	68,3	71,2	73,6	1,8
Körperlänge	cm	78,5	79,1	79,1	78,5	80,7	79,2	77,0	78,3	66,5	72,1	76,7	79,8	82,6	84,8	89,2	2,4
Kreuzhöhe	cm	131,5	132,6	132,0	132,1	133,4	136,8	128,1	129,8	113,9	123,8	129,9	134,3	138,2	141,2	143,0	2,7
Beckenbreite	cm	43,6	44,3	43,8	44,1	45,5	44,2	42,8	43,3	35,2	39,4	42,2	44,5	46,8	48,8	50,8	1,4
BCS	Pkt.	3,30	3,32	3,29	3,33	3,39	3,19	3,41	3,26	3,07	3,16	3,18	3,27	3,39	3,54	3,57	0,12
Rückenfeddicke	mm	10,9	11,0	10,9	11,0	10,9	10,9	11,2	10,9	8,8	9,4	9,8	10,8	11,7	13,1	13,2	1,0
Futter- und Nährstoffaufnahme (pro Tag)																	
Heu	kg TM	6,94	6,90	6,80	7,04	7,48	7,15	6,48	6,56	3,70	4,45	5,66	7,63	8,80	8,69	9,50	0,55
Grassilage	kg TM	2,85	3,70	3,30	3,25	3,31	3,22	3,40	3,18	0,06	0,87	4,04	5,80	6,21	5,28	6,65	0,25
Maissilage	kg TM	0,26	0,30	0,54	0,02	0,31	0,30	0,27	0,25	0,69	0,66	0,50	0,11	0,00	0,00	0,00	0,02
Grundfutter	kg TM	7,67	7,72	7,74	7,65	8,15	7,83	7,38	7,42	4,45	5,37	7,24	8,33	9,69	9,71	9,08	0,60
Kraftfutter	kg TM	0,39	0,39	0,48	0,30	0,40	0,40	0,39	0,37	1,19	0,78	0,35	0,12	0,10	0,10	0,09	0,03
Gesamtfutter	kg TM	8,06	8,11	8,22	7,95	8,55	8,24	7,77	7,78	5,64	6,14	7,60	8,45	9,79	9,81	9,17	0,69
Rohprotein	g	1069	1091	1098	1062	1141	1083	1048	1051	708	746	1021	1198	1395	1422	1072	91
nXP	g	1008	1022	1040	990	1072	1031	978	980	748	775	951	1063	1235	1237	1097	85
ME	MJ	75,9	76,9	78,3	74,4	80,6	77,7	73,5	73,6	56,4	58,7	71,7	79,7	92,6	92,2	83,3	6,5
Nährstoffkonzentration der Gesamtration (in der TM)																	
Rohprotein	g/kg TM	130	133	132	132	131	131	133	133	127	120	130	142	141	143	120	11
Rohfaser	g/kg TM	255	253	249	259	255	256	253	253	229	253	260	253	259	254	270	19
NDF	g/kg TM	470	461	459	472	470	467	462	463	443	477	470	449	466	460	494	34
NFC	g/kg TM	277	275	284	268	275	274	276	276	326	288	262	264	257	265	269	21
RNB	g/kg TM	0,77	1,13	0,79	1,12	0,85	0,81	1,11	1,04	-1,11	-0,96	1,03	2,68	2,46	2,74	-0,17	0,08
ME	MJ/kg TM	9,46	9,49	9,58	9,37	9,46	9,47	9,48	9,49	10,05	9,55	9,36	9,40	9,43	9,39	9,15	0,32
Futter- und Nährstoffaufwand (pro kg Zuwachs)																	
Trockenmasse	kg	11,45	11,44	11,28	11,62	10,88	11,54	11,44	12,02	7,91	8,59	12,86	13,54	11,04	11,22	16,92	0,91
XP	g	1518	1539	1506	1553	1452	1517	1543	1624	993	1043	1728	1920	1573	1627	1978	120
ME	MJ	107,8	108,5	107,4	108,8	102,5	108,8	108,2	113,8	79,1	82,1	121,3	127,7	104,4	105,5	153,7	8,5

des Schwanzansatzes zu starker Verfettung neigten (3.39, 3.19, 3.41, 3.26 BCS). Gegenüber Fleckvieh waren die Genotypen HF_{HL} trotz geringeren Gewichtes höher und schmaler, was auch für ausgewachsene Kühe zutrifft (GRUBER und STEGFELLNER 2015).

Demgegenüber waren die Unterschiede zwischen den Genotypen in der Futter- und Nährstoffaufnahme nicht signifikant. Hinsichtlich Gesamttrockenmasse-Aufnahme waren die Unterschiede an der Signifikanzgrenze (8.55, 8.24, 7.77, 7.78 kg TM/d in FV_{KO}, HF_{HL}, HF_{NZ}, HF_{LL}; P = 0,063). Wird die Futteraufnahme jedoch auf Lebendmasse bezogen, bestehen kaum Unterschiede zwischen den Genotypen (20.5, 21.0, 21.4, 21.5 g TM/kg LM; P = 0,732). Bei ausgewachsenen Kühen ist bei den milchbetonten Genotypen von einer höheren Futteraufnahme auszugehen (GRUBER et al. 1991 und 2004). Auch die Faktoren Erststallalter und Milchtränke wirkten sich nicht signifikant auf die Futter- und Nährstoffaufnahme aus. Die Unterschiede zwischen EKA24 und EKA28 in der Nährstoffkonzentration der Ration ergeben sich aus dem Versuchsplan (NDF, NFC, ME).

Der Futter- und Nährstoffaufwand pro kg Zuwachs ist als relativ ungünstig anzusehen, ist allerdings durch das niedrige Niveau der Tageszunahmen von durchschnittlich 784 g zu erklären (im Vergleich zu Mastbedingungen, d.h. hoher Anteil des Erhaltungsbedarfes). Die Dauer der Milchtränke übte keinen signifikanten Einfluss auf den Nährstoffaufwand aus. Bezüglich Erststallalter war die Gruppe EKA24 hinsichtlich Verwertung der Trockenmasse und Energie

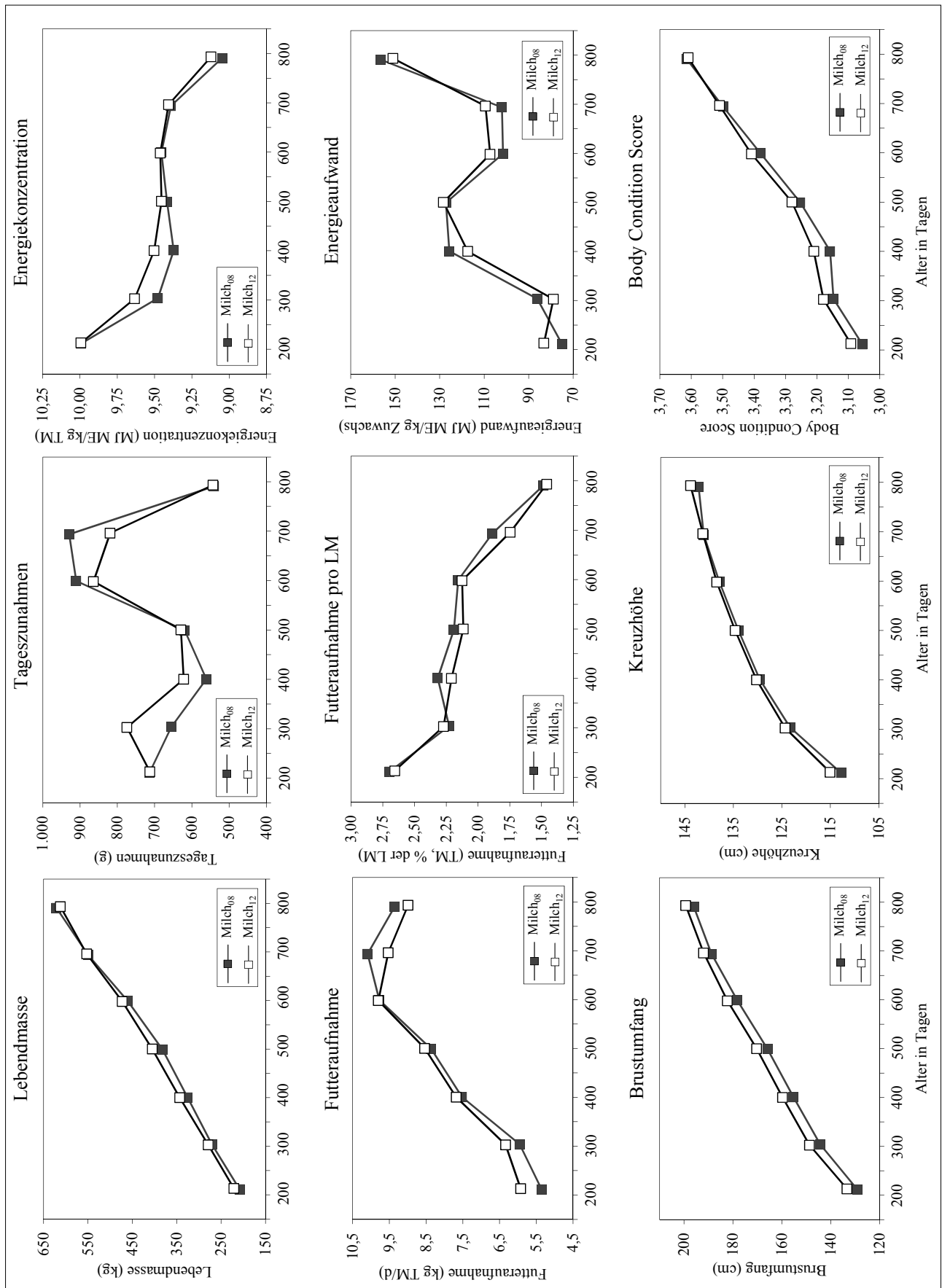


Abbildung 5: Lebendmasse, Tageszunahmen, Körpermaße, BCS, Futteraufnahme und Energieaufwand im Laufe der Aufzucht in Abhängigkeit von der Milchtränke

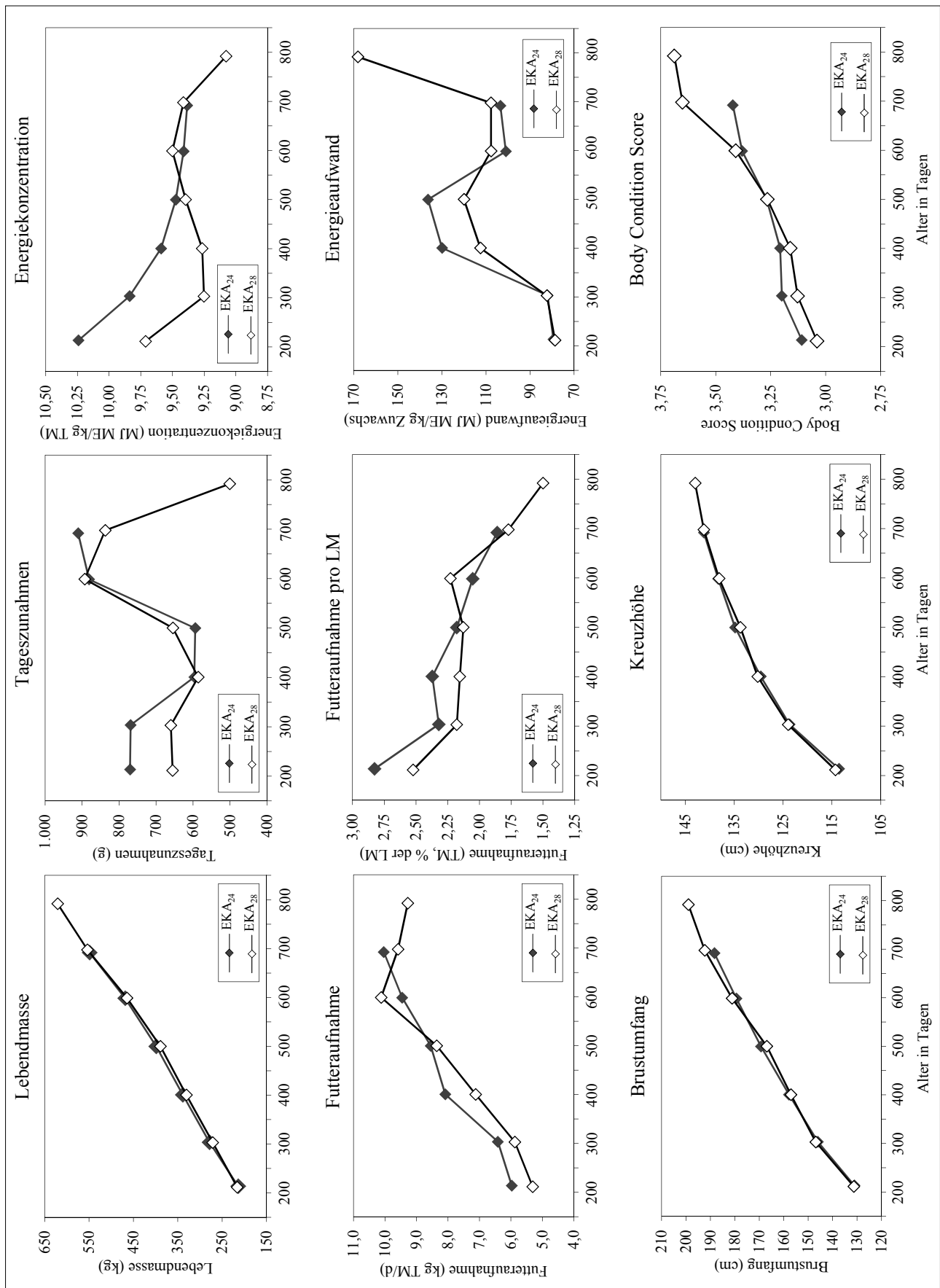


Abbildung 6: Lebendmasse, Tageszunahmen, Körpermaße, BCS, Futteraufnahme und Energieaufwand im Laufe der Aufzucht in Abhängigkeit vom Erststabilbealter

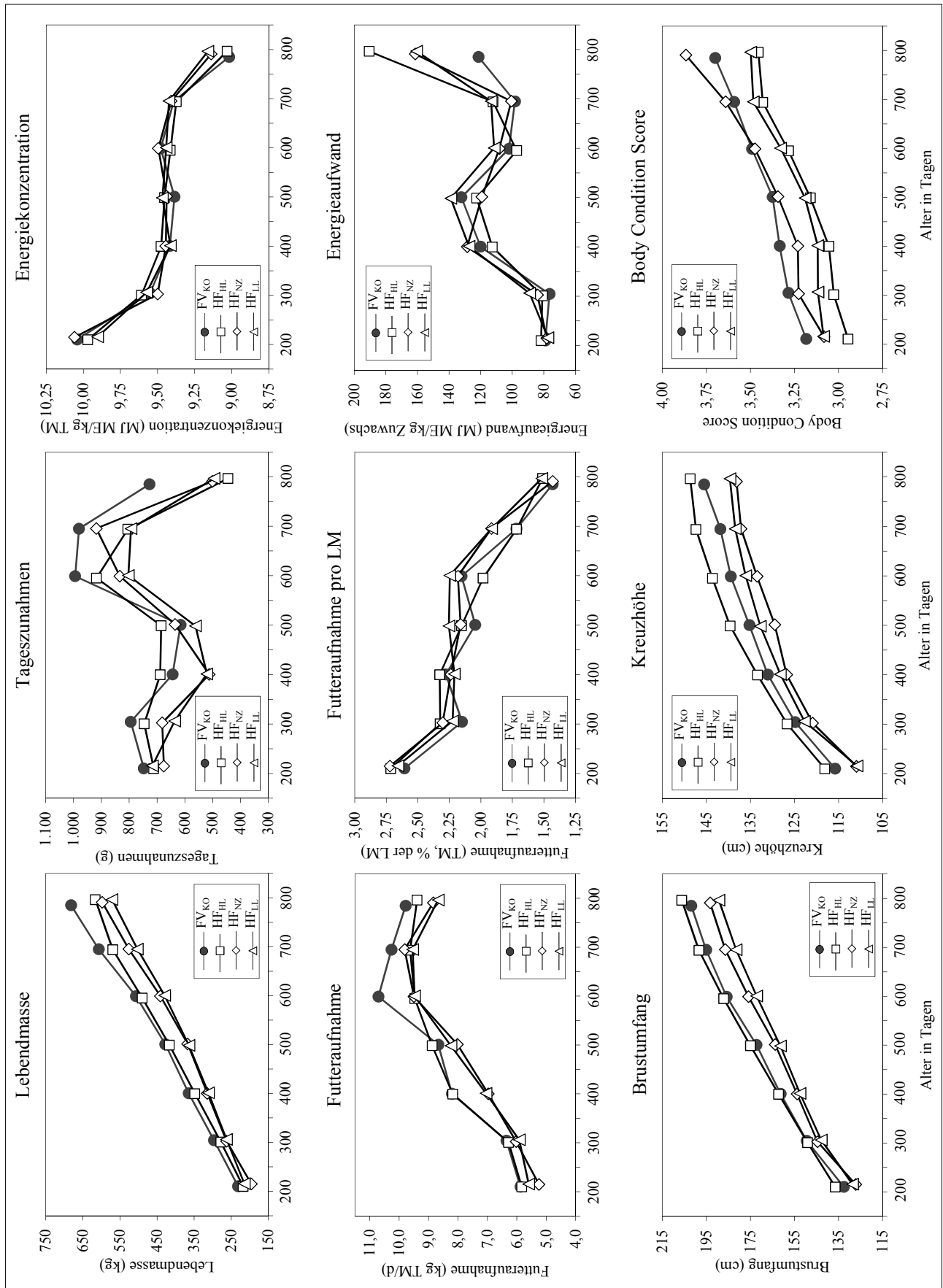


Abbildung 7: Lebendmasse, Tageszunahmen, Körpermaße, BCS, Futteraufnahme und Energieaufwand im Laufe der Aufzucht in Abhängigkeit vom Genotyp

leicht unterlegen (11,3 vs. 11,6 kg TM/kg Zuwachs; 107,4 vs. 108,8 MJ ME/kg Zuwachs). Die Gründe dafür liegen in den Unterschieden der Gruppen EKA24 und EKA28 bezüglich Futteraufnahme, Energiekonzentration und Tageszunahmen. Hinsichtlich Genotypen wies Fleckvieh einen günstigeren Futteraufwand pro kg Zuwachs auf als Holstein, was sich aus dem unterschiedlichen Körperansatz dieser Tiere in Form von Fett und Protein erklärt (GfE 1995).

4. Fazit

Aus den dargestellten Versuchsergebnissen lassen sich hinsichtlich der Hauptfaktoren ‘Dauer der Milchtränke’, ‘Erstkalbealter’ und ‘Genotyp’ folgende Schlüsse ziehen:

Es ist eine sehr starke Differenzierung der Ration vorzunehmen (Anteil von Kraftfutter und Maissilage), um zum Zeitpunkt der Belegung bei einem Erstkalbealter von 24 bzw. 28 Monaten eine gleich hohe Lebendmasse der Kalbinnen zu erreichen. Futteraufnahme (pro Tag) und Futteraufwand (pro kg Zuwachs) werden vom Erstkalbealter nur wenig beeinflusst.

Der Einfluss der Dauer der Milchtränke auf die Gewichtsentwicklung der Tiere nimmt während der Aufzucht stark ab. Der durch die Frühentwöhnung hervorgerufene Wachstumsrückstand in der ersten Phase der Aufzucht wird bis zur Abkalbung vollständig wettgemacht. Wie sich Frühentwöhnung auf Leistung und Gesundheit in den folgenden Laktationen sowie die Nutzungsdauer auswirkt, ist zu untersuchen.

Die Genotypen unterscheiden sich wegen ihrer unterschiedlichen Körpergröße signifikant in der Gewichtsentwicklung pro Zeiteinheit, jedoch nur wenig hinsichtlich Futteraufnahme bezogen auf LM.

5. Literatur

- CHASE, L.E. und C.J. SNIFFEN, 1988: Developing a nutritional strategy for dairy replacement heifers. Proceedings Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers 1988, 119-123.
- DRACKLEY, J.K., 2005: Early growth effects on subsequent health and performance of dairy heifers. In: Calf and Heifer Rearing. Principles of rearing the modern dairy heifer from calf to calving. Ed. P.C. Garnsworthy. Nottingham University Press, 213-235.
- EDMONSON, A.J., I.J. LEAN, L.D. WEAVER, T. FARVER und G. WEBSTER, 1989: A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 72, 68-78.
- ETTLE, T., V. BECHER, A. OBERMAIER und H. SPIEKERS: Einfluss der Fütterungsintensität in der Rinderaufzucht auf die Futteraufnahme und Gewichtsentwicklung bei Fleckvieh und Braunvieh (Brown Swiss). Tagungsband ‘Forum angewandte Forschung’, Fulda, 06.-07.04.2011, 97-100.
- GARNSWORTHY, P.C., 2005: Modern calves and heifers: Challenges for rearing systems. In: Calf and Heifer Rearing. Principles of rearing the modern dairy heifer from calf to calving. Ed. P.C. Garnsworthy. Nottingham University Press, 1-11.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1995: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 6: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastrinder. DLG-Verlag Frankfurt am Main, 85 S.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2008: Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Neue Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie für Wiederkäuer von Gras- und Maisprodukten. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 17, 191-198.
- GRUBER, L., R. STEINWENDER, K. KRIMBERGER und J. SÖLKNER, 1991: Roughage intake of Simmental, Brown Swiss and Holstein Friesian cows fed rations with 0, 25 and 50 % concentrates. Livest. Prod. Sci. 27, 123-136.
- GRUBER, L., F.J. SCHWARZ, D. ERDIN, B. FISCHER, H. SPIEKERS, H. STEINGASS, U. MEYER, A. CHASSOT, T. JILG, A. OBERMAIER und T. GUGGENBERGER, 2004: Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 116. VDLUFA-Kongress, 13.-17. September 2004, Rostock, Kongressband 2004, 484-504.
- GRUBER, L. und M. STEGFELLNER, 2015: Effizienz bei Milchkühen – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Irdning, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 23-40.
- 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.
- HEINRICHS, A.J., 1993: Raising dairy replacements to meet the needs of the 21st century. J. Dairy Sci. 76, 3179-3187.
- KIRCHGESSNER, M., F.X. ROTH, F.J. SCHWARZ und G.I. STANGL, 2008: Tierernährung – Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. DLG-Verlag Frankfurt/Main, 635 S.
- KUNZ, H.-J., 2014: Neue Empfehlungen in der Kälberfütterung. 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Irdning, 09.-10. April 2014, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 13-16.
- LAMMERS, B.P., A.J. HEINRICHS und R.S. KENSINGER, 1999: The effects of accelerated growth rates and estrogen implants in prepubertal Holstein heifers on estimates of mammary development and subsequent reproduction and milk production. J. Dairy Sci. 82, 1753-1764.
- RADCLIFF, R.P., M.J. VANDEHAAR, L.T. CHAPIN, T.E. PILBEAM, D.K. BEEDE, E.P. STAINISIEWSKI und H.A. TUCKER, 2000: Effects of diet and injection of bovine somatotropin on prepubertal growth and first-lactation milk yields of Holstein cows. J. Dairy Sci. 83, 23-29.
- SEJRSEN, K., 1978: Mammary development and milk yield in relation to growth rate in dairy and dual-purpose heifers. Acta Agric. Scand. 28, 41-46.
- SEJRSEN, K., J.T. HUBER, H.A. TUCKER und R.M. AKERS, 1982: Influence of nutrition on mammary development in pre- and postpubertal heifers. J. Dairy Sci. 65, 793-800.
- SEJRSEN, K., J.T. HUBER und H.A. TUCKER, 1983: Influence of amount fed on hormone concentrations and their relationship to mammary growth in heifers. J. Dairy Sci. 66, 845-855.
- SEJRSEN, K., S. PURUP, M. VESTERGAARD und J. FOLDAGER, 2000: High body weight gain and reduced bovine mammary growth: physiological basis and implications for milk yield potential. Domestic Animal Endocrinology 19, 93-104.
- SINHA, Y.N. und H.A. TUCKER, 1969: Mammary development and pituitary prolactin level of heifers from birth through puberty and during the estrous cycle. J. Dairy Sci. 52, 507-512.

- SPANN, B., D. SPRENGEL und L. HITZELSPERGER, 2007: Einfluss der Fütterungsintensität auf das Wachstum und die Entwicklung weiblicher Rinder und die Möglichkeit und Konsequenzen der Reduzierung des Erstkalbealters dieser Tiere. Versuchsbericht LfL Grub, 30 S.
- SOBERON, F., E. RAFFRENATO, R.W. EVERETT und M.E. VAN AMBURGH, 2012: Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 95, 783-793.
- STELWAGEN, K. und D.G. GRIEVE, 1992: Effect of plane of nutrition between 6 and 16 months of age on body composition, plasma hormone concentrations and first-lactation milk production in Holstein heifers. *Can. J. Anim. Sci.* 72, 337-346.
- SWANSON, E.W., 1960: Effect of rapid growth with fattening of dairy heifers on their lactational ability. *J. Dairy Sci.* 43, 377-387.
- VAN AMBURGH, M.E., D.M. GALTON, D.E. BAUMANN, R.W. EVERETT, D.G. FOX, L.E. CHASE und H.N. ERB, 1998: Effects of three prepubertal body growth rates on performance of Holstein heifers during first lactation. *J. Dairy Sci.* 81, 527-538.
- 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.
- WALDO, D.R., A.V. CAPUCO und C.E. REXROAD, JR., 1998: Milk production of Holstein heifers fed either alfalfa or corn silage at two rates of daily gain. *J. Dairy Sci.* 81, 756-764.
- WEISSBACH, F. und S. KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übers. *Tierernährg.* 23, 189-214.
- ZANTON, G.I. und A.J. HEINRICHS, 2005: Meta-analysis to assess effect of prepubertal average daily gain of Holstein heifers on first-lactation production. *J. Dairy Sci.* 88, 3860-3867.
- ZuchtData, 2015: Jahresbericht 2015, 76 S.

Bester Start ins Leben

Regina und Thomas Reiter^{1*}

Betriebsvorstellung

Unser Betrieb liegt in der Gemeinde Spital/Pyhrn im Bezirk Kirchdorf/Krems (Oberösterreich) auf etwa 650 m Seehöhe im reinen Grünlandgebiet. Wir bewirtschaften insgesamt 39 ha landwirtschaftliche Nutzfläche (davon 8 ha Pachtfläche) und 10 ha Wald, wobei maximal 4 Grünlandschnitte pro Jahr durchgeführt werden. Der Betrieb nimmt am ÖPUL (UBB/Einschränkung ertragssteigernder Betriebsmittel) teil und weist 80 BHK-Punkte auf. Die Betriebsübernahme erfolgte im Jahr 2010. Im Herbst 2011 zogen 30 Kühe in den neubauten Laufstall ein, welcher mit Tiefboxen und planbefestigter Lauffläche mit Gummiauflage ausgestattet ist. Gemolken wird in einem Doppel-5er-Fischgrätenmelkstand. Ein Außenauslauf steht den Kühen jederzeit zur Verfügung. Derzeit werden 43 Kühe der Rassen Holstein Friesian (2/3) und Braunvieh (1/3) gehalten, (Tabelle 1).

Wir arbeiten nicht nur mit den Tieren, sondern auch für die Tiere. Es ist für uns daher ein elementares Anliegen, alles erdenklich Mögliche für das Wohl und für die Gesundheit der Tiere zu unternehmen.

Tabelle 1: Entwicklung der Herdendurchschnittsleistung

Jahr	Kuhzahl	Milch kg	Fett %	Eiweiß %	FE+EW kg	ZZ	ZKZ
2009/10	14,7	8.348	4,35	3,36	644	135	404
2010/11	14,8	9.120	4,22	3,33	689	222	401
2011/12	31,8	9.935	4,20	3,53	768	143	432
2012/13	34,5	9.809	4,30	3,58	773	193	394
2013/14	37,1	9.952	4,15	3,53	765	190	386
2014/15	39,2	10.623	4,28	3,43	819	183	381



Die Familie Reiter ist eine begeisterte Züchterfamilie

Jungvieh

Die Jungviehaufzucht wird bis zu einem Alter von etwa einem $\frac{3}{4}$ Jahr intensiv am Betrieb durchgeführt und dann zur weiteren Aufzucht auf Taggeldbasis auf einen Partnerbetrieb ausgelagert, da entsprechendes Platzangebot bzw. zusätzliche Weideflächen am Betrieb nicht vorhanden sind. Etwa 1 Monat vor der Abkalbung kommen die Tiere zurück auf den Betrieb.

Fütterung

Den Kühen wird eine aufgewertete Grundration (AGR), eingestellt auf 26,0 kg Milch vorgelegt. Als Grundfutterkomponente kommt ausschließlich Grassilage zum Einsatz und zur Ergänzung Maiskornsilage, Energiekraftfutter (jeweils 50 % Gerste und Mais), Eiweißkonzentrat, Futterfette, Stroh oder Heu, sowie ein entsprechender Anteil an Futterkalk und Mineralstoffmischung. Die zusätzliche Kraftfutterzuteilung über den Transponder wird mit einem Ausgleichsfutter mit 19 % Rohprotein durchgeführt. In der 5. Woche ist die KF-Anfütterung abgeschlossen. Die maximal eingesetzte Kraftfuttermenge liegt bei insgesamt 10,0 kg. Die Trockensteherration wird nicht extra gemischt, sondern die Trockensteher erhalten neben der Kuhration, vor allem noch zusätzlich Grassilage, Heu und zur mineralischen Bedarfsdeckung eine phosphorbetonte Mineralstoffmischung.

Abkalbebox

Ein paar Tage vor der Abkalbung kommt die Kuh nur während der Nacht zur Angewöhnung in die Abkalbebox. Gleich nach der Geburt erhält sie



Zwillingskälber bleiben zumindest während der Aufzuchtphase immer zusammen

¹ Edthof, Gleinkerau 20, A-4582 Spital/Pyhrn

* Ansprechpartner: Regina und Thomas Reiter, email: edthof.reiter@a1.net

einen speziellen „Kuhtrank“ auf Traubenzucker-Basis. Die Kühe nehmen oft bis zu 40 Liter von diesen „Kuhtrank“ auf. Je nach Alter und körperlichem Zustand der Kuh, bleibt sie 1 - 3 Tage in der Abkalbebox. Das Kalb wird jedoch bereits nach der ersten Biestmilchgabe von der Mutter getrennt.

Kälberfütterung

Innerhalb von 2 Stunden wird die erste Biestmilch verabreicht, egal zu welcher Tages- oder Nachtzeit das Kalb zur Welt kommt. Darauf legen wir besonderen Wert. Dabei kann das Kalb so viel trinken wie es will. Unwillige Kälber werden gedrencht. Am ersten Lebenstag erhalten die Kälber noch Biestmilch bzw. Vollmilch. Die Ansäuerung beginnt erst am 2. Tag mit einer handelsüblichen fertigen Säuremischung. Ab dem 2. Tag beginnt auch die *ad libitum*-Tränke, die insgesamt 3 - 4 Wochen andauert. Grundsätzlich wird die angesäuerte Milch 2 mal und nur bei extremer Kälte 3 mal am Tag verabreicht. Nach der *ad libitum*-Phase bis etwa zur 10. Lebenswoche wird die Milch rationiert vorgesetzt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Tränkeplan nach der *ad libitum*-Phase

Woche	Milchmenge in Liter
4.	8
5.	7
6.	5
7.	4
8.	4
9.	3
10.	2

Bereits ab der 2. Lebenswoche wird zusätzlich Kälber-TMR und Heu zur freien Verfügung angeboten. Unsere Erfahrungen haben gezeigt, dass erst nach der *ad libitum*-Phase Wasser von den Kälbern aufgenommen wird. Nach dem Absetzen von der Milch wird in einer Übergangszeit von 14 Tagen die Kälber-TMR bereits durch die Kuh-TMR und zusätzlich Kraftfutter (17 % Rohprotein) ersetzt.

Ab dem 4. Lebensmonat erhält das Jungvieh nur mehr Grassilage, Heu und etwa 1,0 kg Kraftfutter bis sie, wie bereits eingangs erwähnt, den Betrieb mit einem $\frac{3}{4}$ Jahr verlassen.

Die Stierkälber erhalten bis zum Schlachalter von 8 Wochen angesäuerte Milch zur freien Aufnahme. Der Verkauf erfolgt über regionale Abnehmer.

Wir sind Mitglied beim Milchvieh-Arbeitskreis Kirchdorf/Krems, wo wir durch die Vorträge von Dr. Hans-Jürgen Kunz (LVZ Futterkamp) auf die Möglichkeiten der *ad libitum*-Fütterung aufmerksam geworden sind. Kälberdurchfall gab es bei uns immer dann, wenn mehrere Geburten in kurzer Zeit waren. Durch die Ansäuerung der Milch konnte der Keimdruck wesentlich verringert werden. Besonders ist uns aufgefallen, dass die Kälber weit stabiler durch eine Krankheit kommen.

Homöopathie

Den Einsatz von Antibiotika wirklich nur auf das wesentlichste zu beschränken ist unser oberstes Ziel, nicht nur der Kosten wegen, sondern auch aus persönlicher Überzeugung. Daher ist der Einsatz der Homöopathie im Stall und in der Familie zur Philosophie geworden.

Einsatz:

- Trockenstehzeit – Wir setzen bereits seit Jahren keine Trockensteller mehr ein; die laufende Kontrolle der Euter ist dabei sehr wichtig. Zur Verbesserung der Kolostrumqualität.
- Geburt – Geburtsunterstützung.
- Kalb – Beim frisch geborenen Kalb vor der ersten Kolostrumgabe und dann sofort wenn die ersten Anzeichen einer Erkrankung auftauchen.

Bei akuten Durchfallserkrankungen wird zusätzlich eine Elektrolytlösung (2,5 Liter warmes Wasser, 5 Esslöffel Traubenzucker, 1 Esslöffel Salz, 10 ml Traubenkernextrakt, 1 Ei) zur freien Entnahme angeboten.

Auch mit Eichenrinden-Tee, als stopfende Tränke in die Milch eingemischt, haben wir sehr gute Erfahrungen gemacht.

Derzeit ist diese Art und Weise der Kälberfütterung, der beste Start ins Leben für unsere Tiere. Unumgänglich ist aber, nie zu übersehen, wann Änderungen erforderlich sind und diese dann auch umzusetzen.

Die Kuh im Blick – Schwachstellen erkennen und Potentiale nutzen

Andreas Pelzer^{1*}

Im täglichen Umgang haben Landwirte ihre Tiere regelmäßig im Blick. Sie sehen sie bei der Futteraufnahme, können ihr Lauf- und Sozialverhalten sowie ihre Bewegung im Stall verfolgen. Aber nur wenige definierte Verhaltensbeobachtungen, wie z.B. zur Erkennung der Brunst, sind routinemäßig in das Herdenmanagement integriert. Diese werden in den meisten Betrieben regelmäßig und systematisch durchgeführt, da sie wirtschaftlich sinnvoll sind. Stark abweichende Verhaltensmerkmale und Auffälligkeiten im Erscheinungsbild, wie z.B. Lahmheiten bei Milchkühen, das atypische Aufstehen sowie starke Verschmutzungen und systembedingte Integumentschäden, werden häufig nur zufällig registriert. Ethologische Merkmale und das Erscheinungsbild werden im täglichen Management zur Betriebs- und Schwachstellenanalyse nicht routinemäßig erfasst und nicht ausreichend berücksichtigt.

Auch in der Beratung sind die Erfassung und Analyse ethologischer Merkmale häufig nur situative Momentaufnahmen, die in der Regel zu subjektiven Bewertungen führen. Zudem hat auch der fachliche Hintergrund des Betrachters oder die Erfahrung einen Einfluss auf die Analyse und somit auf die betrieblichen Entscheidungen und Handlungen. Dabei könnte eine objektive und systematische Erfassung tierbezogener Merkmale in Verbindung mit einer standardisierten Analyse wertvolle Informationen über die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere liefern.

Betriebsleiter, Mitarbeiter und Familienangehörige sowie auch Berater müssen lernen, Tiere, Verhalten und Erscheinung mit System zu beobachten und diese Beobachtungen als Grundlage für die Bewertung einer produktionstechni-

schen Analyse und von Tierwohl zu nutzen. Alle Beteiligten sollten das Werkzeug der Beobachtung als bedeutendes Managementtool regelmäßig einsetzen (*Abbildung 1*).

Mit der systematischen Beobachtung sollen tierbezogene Informationen stärker in das Management einfließen. Dabei sind je nach Tierart und Haltung Verhaltensmerkmale folgender Funktionskreise zu berücksichtigen:

- Ruhen
- Fortbewegung
- Futteraufnahme
- Fortpflanzung
- Sozialbeziehungen
- Sozialverhalten
- Komfortverhalten
- Ausscheidungsverhalten

Die Beobachtung und Analyse haltungsbedingter Kriterien und Indikatoren

Neben den tierbezogenen Merkmalen können auch haltungstechnische Merkmale systematisch erfasst und sinnvoll zur Bewertung der Tiergerechtigkeit einer Haltungsumwelt genutzt werden. Neben den quantitativen Merkmalen, wie z.B. Anzahl von Tränken oder Abmessungen verschiedener Stalleinrichtungen bzw. Funktionsbereiche, können auch durch gezielte Beobachtung haltungsbedingter Kriterien und Indikatoren qualitative Merkmale, wie systembedingte Abnutzungserscheinungen oder nutzungsbedingte Schä-

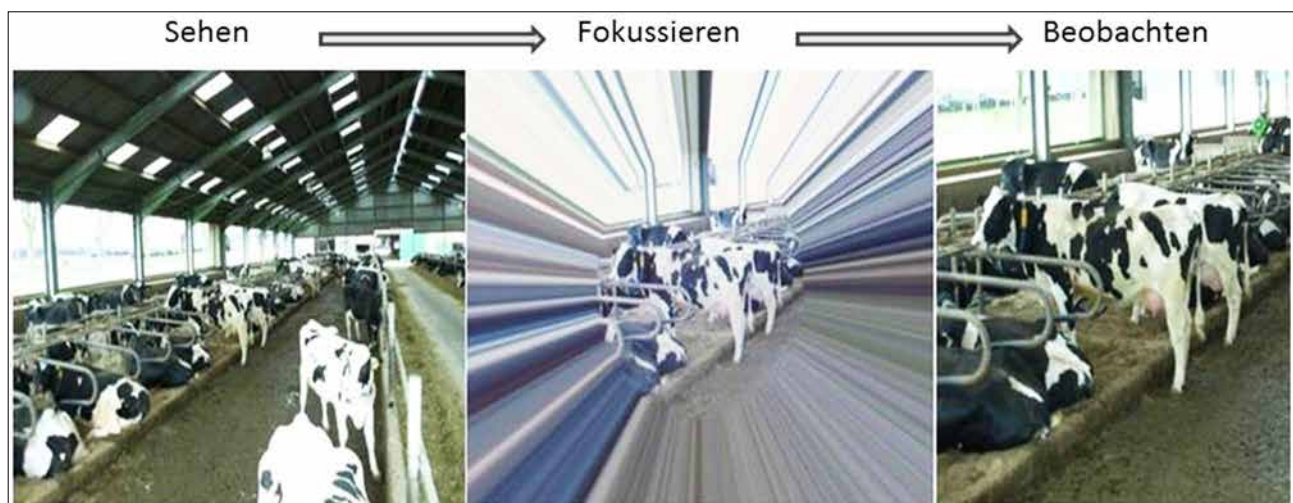


Abbildung 1: Die Beobachtung tierbezogener Merkmale als Werkzeug für die produktionstechnische Bewertung von Haltung und Management (PELZER 2012)

¹ Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Versuchs- und Bildungszentrum Landwirtschaft Haus Düsse, D-59505 Bad Sassendorf-Ostinghausen

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Andreas Pelzer, email: andreas.pelzer@lwk.nrw.de

den an der Stalleinrichtung, erfasst, ausgewertet und zur Optimierung von Tiergerechtigkeit und Tierwohl eingesetzt werden (Abbildung 2).

Für eine fundierte Beobachtung und Analyse müssen solche Kriterien und Indikatoren bestimmt werden, die hinsichtlich Validität und Reliabilität geeignet sind. Neben der wissenschaftlichen Eignung muss die Erhebung der Indikatoren in der Praxis auch praktikabel bzw. umsetzbar sein.

Durch gezielte Beobachtungen Schwachstellen erkennen

Kühe, die Liegeboxen nicht aufsuchen, stammen nicht selten aus Aufzuchten, die ausnahmslos auf Vollspaltenböden aufgezogen wurden. Eine andere Ursache für dieses Verhalten können permanente Überbelegung oder starke

Rangkämpfe innerhalb der Herde sein. Idealerweise sollte darauf geachtet werden, dass auch heranwachsende Rinder in Liegeboxenhaltungssystemen aufgezogen werden. Eine Überbelegung ist generell zu vermeiden. Zur Reduzierung von Stress bietet sich die Einrichtung einer Färsengruppe an. Werden Kühe stehend in den Liegeboxen beobachtet (Abbildung 4), ist in vielen Fällen das Boxendesign nicht an die Größe der Tiere angepasst. Deutliche Installationsfehler der Aufstallung sorgen nachhaltig für Probleme in der Herde. Sie führen zwangsweise zu verlängerten Stehphasen und verkürzten Liegephasen. Eine Korrektur der Nackenrohrhöhe, sowie der fachgerechte Aufbau der Liegematratze sind dringend angesagt.

Die Bewegung der Kuh in *Abbildung 4* zeigt deutlich Probleme auf. Die gekrümmte Rückenlinie in Verbindung mit einer stark geneigten Kopfhaltung lassen erkennen, dass

gesundheitliche Beeinträchtigungen vorliegen. Die sechs stehenden Kühe in den Liegeboxen deuten zusätzlich darauf hin, dass deutliche Schwachstellen in der Gestaltung der Liegeboxen bestehen.

Bei der Beobachtung des Futteraufnahmeverhaltens sollten am Fressgitter keine Auseinandersetzungen oder Verdrängungen zu sehen sein. Die Kühe sollen das Futter aufnehmen und nicht mit Schwung auf und hinter sich verteilen. Einzelne Futterwerfer finden sich in fast allen Herden. Bei einem Anstieg solcher Tiere sollten Futterqualität und -struktur überprüft werden. Für Kühe, die aufgrund einer zu geringen Anzahl von Fressplätzen in zweiter Reihe warten müssen, bedeutet dies, dass sie aufgrund der fehlenden

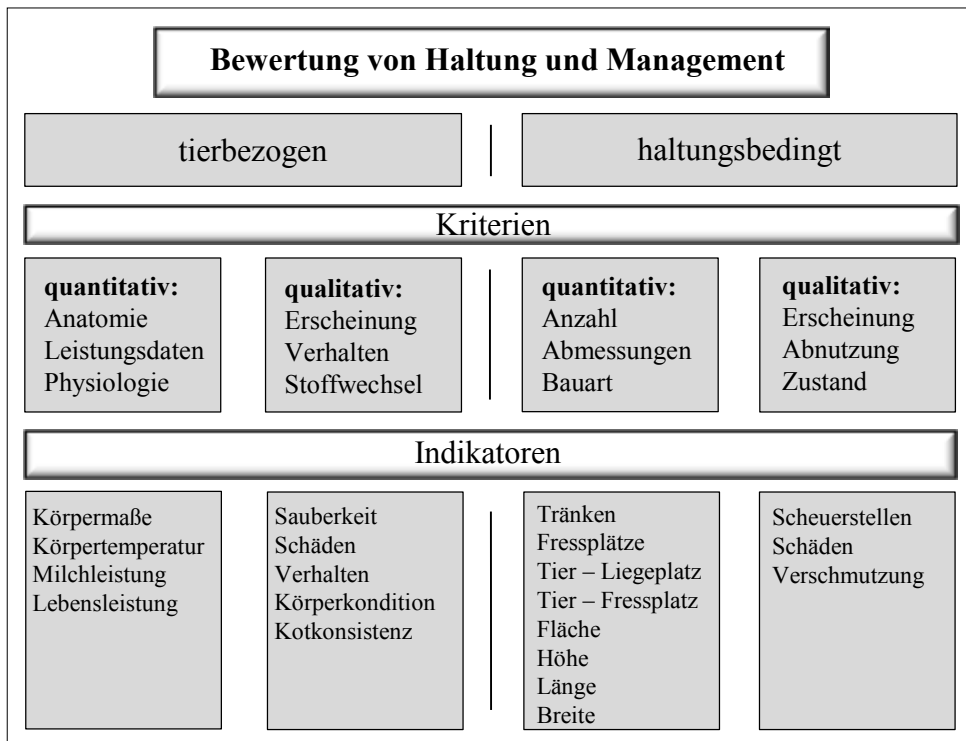


Abbildung 2: Mögliche Kriterien und Indikatoren zur Bewertung von Haltung und Management (PELZER 2015)



Abbildung 3: Mangelnde Akzeptanz der Liegeboxen zeigen die Kühe durch ihr Verhalten



Abbildung 4: Gang mit gekrümmten Rücken und gesenkten Kopf bei kurzen Schritten



Abbildung 5: Kühe im Vorder- sowie auch im Hintergrund in gewünschter Bewegung



Abbildung 6: Blanke Stellen an der Stalleinrichtung zeigen Schwachstellen auf

Fressplätze bis zu 6 Stunden auf den Beinen sein müssen, bis sie sich wieder ablegen können.

Aber auch die Abnutzungserscheinungen der Stalltechnik und -einrichtungen geben wertvolle Informationen zur Erkennung von Schwachstellen. So können blank polierte Bereiche an einem Fressgitter auf eine falsche Dimensionierung oder aber auch auf ein unzureichendes Futtermangement hinweisen (*Abbildung 6*). Stehen vermehrt Kühe an heißen Tagen wiederkäuend in Gängen oder Liegeboxen, kann dies auch ein Hinweis auf Schwachstellen in der Stallklimaführung sein.



Fazit

Eine erfolgreiche Milcherzeugung basiert auf komplexem Wissen und konsequenter Umsetzung. Schwachstellen in Haltung und Management müssen frühzeitig erkannt und schnell abgestellt werden. Nur durch eine ganzheitliche und systematisierte Beobachtung quantitativer und qualitativer Merkmale wird es möglich, eine systematische Früherkennung von Schwachstellen in den betrieblichen Produktionsabläufen sicherzustellen, Ökonomie zu sichern und somit Tiergerechtigkeit und Tierwohl zu fördern.

Haltung von Hochleistungsherden im Berggebiet

Günter Eggmayr^{1*}

Der Betrieb Eggmayr ist ein Familienbetrieb und befindet sich in St. Martin am Grimming im steirischen Ennstal. Es handelt sich um einen Milchviehbetrieb, der im Berggebiet auf etwa 700 m Seehöhe liegt.

Flächenausstattung

42 ha Grünland, davon

- 28 ha 4-mähdig
- 5 ha 2-mähdig
- 3 ha Dauerweide
- 6 ha Hutweide
- keine Ackerflächen

Tiere

- ca. 50 Milchkühe
- durchschnittliche Laktationsleistung: ca. 10.000 kg Milch
- Nachzucht für Eigengebrauch

Haltung

Die Milchkühe werden in einem Liegeboxenlaufstall mit Tiefboxen gehalten, wobei sich 24 Liegeboxen im Stall und 26 Liegeboxen im Außenbereich befinden. Als Einstreu für die Liegeboxen wird gehäckseltes Stroh verwendet. Der Laufbereich im Stall ist als Spaltenboden mit Gummiauflage ausgestaltet. Der Außenbereich ist planbefestigt und wird mit einem Schrapper entmistet. Das Stallgebäude wurde so errichtet, dass viel Luft und Licht in den Stall eindringen kann.

Fütterung

Die Milchkühe erhalten eine aufgewertete Mischration, die auf ca. 23 kg Milch eingestellt ist und mit einem Mischwa-

gen zubereitet wird. Das restliche Kraftfutter wird den Tieren über Transponderfütterung verabreicht. Die Mischration enthält keinen Silomais und die laktierenden Kühe haben im Sommer keinen Zugang zu einer Weide. Im Stall wurde ein eigener Fressbereich für Heu und Grummet eingerichtet. Bei der Grundfütterung wird auch besonders auf die Silagequalität geachtet.

Trockensteher

Die trockenstehenden Kühe werden für 4 Wochen in einem eigenen Tieflaufstall untergebracht. Im Sommer werden sie für 4 Wochen auf einer Weide gehalten. 3 Wochen vor dem Abkalbetermin wird mit der Anfütterung begonnen. Im Zuge dessen werden die trockenstehenden Kühe zurück in die Herde überstellt. Während der Geburtsphase werden die Kühe in einer Abkalbebox gehalten, die über eine Kameraüberwachung verfügt.

Aufzucht

Die neugeborenen Kälber erhalten unmittelbar nach der Geburt Biestmilch. Anschließend werden die Kälber in Kälberiglus gebracht. 3 Wochen lang wird ihnen die Milch *ad libitum* angeboten. Den Kälbern wird bis zu einem Alter von ca. 4 Monaten Milch verfüttert. Gleichzeitig wird ihnen aber auch eine Kälber-TMR angeboten, um sie an die Festfutteraufnahme zu gewöhnen. Nach dem Absetzen erhalten die Kälber ausschließlich trockenes Grundfutter und Kraftfutter. Im Sommer werden die Kalbinnen auf Hutweiden gehalten, da keine Alm zur Verfügung steht. Die Kalbinnen werden in einem Alter von etwa 16 - 18 Monaten das erste Mal belegt. Dadurch ergibt sich ein Erstkalbealter von 25 - 28 Monaten.



¹ Salza 2, A-8954 St. Martin am Grimming

* Ansprechpartner: Günter Eggmayr, email: eggmayrguenter@aon.at

Bericht

43. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2016

Herausgeber:

Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein

Druck, Verlag und © 2016

ISBN-13: 978-902849-35-9

ISSN: 1818-7722