

37. Viehwirtschaftliche Fachtagung

gemäß Fortbildungsplan
des Bundes

Physiologie und Verdauung
Mineralstoffversorgung
Milchproduktion
Gesundheitsmonitoring Rind
Rindfleischproduktion
Heumilch

13. und 14. April 2010
Grimmingsaal
LFZ Raumberg-Gumpenstein

37. Viehwirtschaftliche Fachtagung

gemäß Fortbildungs-
plan des Bundes

Physiologie und Verdauung
Mineralstoffversorgung
Milchproduktion
Gesundheitsmonitoring Rind
Rindfleischproduktion
Heumilch

13. und 14. April 2010

Organisiert von:

Lehr- und Forschungszentrum
für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft

Impressum

Herausgeber

Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft
Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning
des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft

Direktor

Prof. Dr. Albert Sonnleitner

Leiter für Forschung und Innovation

Mag. Dr. Anton Hausleitner

Für den Inhalt verantwortlich

die Autoren

Redaktion

Institut für Nutztierforschung

Satz

Andrea Stuhlpfarrer
Alexandra Eckhart
Beate Krayc

Lektorat

Dr. Margit Velik
Dipl.-Ing. Marcus Urdl
Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber

Druck, Verlag und © 2010

Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning

ISSN: 1818-7722

ISBN 13: 978-3-902559-42-5

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

Dieser Band wird wie folgt zitiert:

37. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 13.-14. April 2010, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein 2010

Inhaltsverzeichnis

Energiebilanz – Reproduktion – Immunsystem bei Hochleistungskühen: Wo ist das Bindeglied?1 <i>G. BREVES</i>	
NDF zur Beschreibung der Struktur der Futterration und der Pansenfermentation7 <i>L. GRUBER</i>	
Mineralstoffe: Bedarf – Haushalt – Antagonismen23 <i>W. WINDISCH</i>	
Fruchtbarkeit im Rinderstall – eine ständige Herausforderung29 <i>V. LOIMAYR</i>	
Erfolgversprechende Hilfsmittel im Fruchtbarkeitsmanagement am Beispiel der Arbeitskreisberatung31 <i>K. MESSNER</i>	
GESUNDheitsmonitoring Rind – Übersicht und aktueller Stand des Projektes37 <i>C. EGGER-DANNER, B. FÜRST-WALTL, B. GRASSAUER, R. JANACEK, C. LAUDIA LITZLLACHNER, M. MAYERHOFER, J. MIESENBERGER, A. KÖCK, W. OBRITZHAUSER, F. SCHALLERL, G. SCHODER, H. SCHWARZENBACHER, F. STURMLECHNER, A. WAGNER, P. WINTER und K. ZOTTL</i>	
Aufbereitung der Gesundheitsmonitoring Rind Daten durch den RDV/LKV43 <i>K. ZOTTL</i>	
Umsetzung und Nutzen des GESUNDheitsmonitoring.RIND in meinem Betrieb – Betriebsbeschreibung Bio-Milchhof Koppensteiner Ges.b.R.....51 <i>C. KOPPENSTEINER</i>	
Effizienz verschiedener Rindertypen für die Fleischproduktion53 <i>I. MOREL, (Vortrag zusammengefasst von M. VELIK)</i>	
Weidemast von Kalbinnen – Mastleistung, Schlachtleistung und Fleischqualität.....57 <i>M. VELIK, E.M. FRIEDRICH, J. HÄUSLER, R. KITZER, J. KAUFMANN, A. ADELWÖHRER und A. STEINWIDDER</i>	
Vernetzung von AK Beratung und Vermarktung am Beispiel Mutterkuhhaltung in Tirol.....65 <i>M. WURZRÄINER</i>	
Mutterkuhhaltung im Berggebiet – Praxisbericht67 <i>H. LANDMANN</i>	
Heumilch-Produktion – Eine echte Chance?69 <i>K. NEUHOFER</i>	
Qualitätsheu durch energieeffiziente Technik71 <i>G. WIRLEITNER</i>	
Heumilch – Eine besondere Qualität?.....81 <i>A. GEISLER und W. GINZINGER</i>	
Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Nährstoffverluste, Futterwert, Milchproduktion und Milchqualität – Projektvorstellung83 <i>M. URDL, A. PÖLLINGER, R. RESCH und A. ADLER</i>	

Energiebilanz – Reproduktion – Immunsystem bei Hochleistungskühen: Wo ist das Bindeglied?

*Negative energy balance - reproduction - immune system:
Which are the connecting links?*

Gerhard Breves^{1*}

Zusammenfassung

Die negative Energiebilanz stellt für die Hochleistungskuh eine Phase mit erhöhter Anfälligkeit gegenüber verschiedenen Erkrankungen dar. Diese Zusammenhänge konnten lange nur deskriptiv beschrieben werden. Umfangreiche Arbeiten der letzten Jahre haben dazu beigetragen, dass für die Entstehung von Reproduktionsstörungen pathophysiologische Konzepte entwickelt werden konnten. Sie beinhalten sowohl neuro-endokrine Mechanismen in der Steuerung der Ovarfunktion als auch Änderungen im Metabolismus von Sexualsteroiden. Ebenso können erste Konzepte entwickelt werden, um die Veränderungen des Immunsystems in den ersten Laktationswochen zu charakterisieren.

Schlagwörter: Negative Energiebilanz, Konzeptionsrate, Östrusdauer, Zwillingssträchtigkeit, Lymphozytenstimulation

Summary

The negative energy balance at peak lactation represents a phase with highly increased susceptibility to various diseases. Disturbances of early reproductive performance after parturition are of high relevance and pathophysiological concepts including neuro-endocrine changes and metabolic alterations of steroid hormones have been developed. In contrast, the effects of negative energy balance on the immune system are still subject of experimental studies.

Keywords: Negative energy balance, Conception rate, Estrus duration, Twin pregnancy, Lymphocyte stimulation

Einleitung

Studien zur Beziehung zwischen Leistung und Krankheitsanfälligkeit bei landwirtschaftlichen Nutztieren haben sich in den letzten Jahren bei allen Nutztierspezies zu einem intensiv bearbeiteten Forschungsgebiet entwickelt. Dieser Forschungsrichtung liegen zahlreiche Beobachtungen zugrunde, die belegen, dass prinzipiell bei allen Nutztierspezies die Leistungszunahmen der letzten Jahrzehnte auch zu einer erhöhten Häufigkeit von unterschiedlichen Erkrankungen geführt haben. Besonders intensiv sind diese Zusammenhänge in den letzten Jahren an laktierenden Kühen untersucht worden. So ist nach einer Studie von FLEISCHER et al. (2001) die geschätzte Wahrscheinlichkeit des Auftretens (EPA, estimated probability of appearance) verschiedener Erkrankungen mit der Milchleistung positiv korreliert. Zu diesen Erkrankungen zählen Klauenkrankheiten, Milchfieber, Ovarialzysten, Retentio secundinarum, Metritis und Mastitis (Abbildung 1).

Während es über lange Zeit nur möglich war, diese Zusammenhänge als Korrelationen mit unterschiedlichen Koeffizienten – also deskriptiv – darzustellen, haben in den letzten Jahren insbesondere Arbeiten an hoch leistenden Milchkühen dazu geführt, dass pathophysiologische Zusammenhänge dargestellt und daraus Konzepte abgeleitet

werden konnten, mit denen ein substantieller Erkenntnisfortschritt im Verständnis von leistungsassoziierten Pathogeneseprozessen bei verschiedenen Erkrankungen erzielt

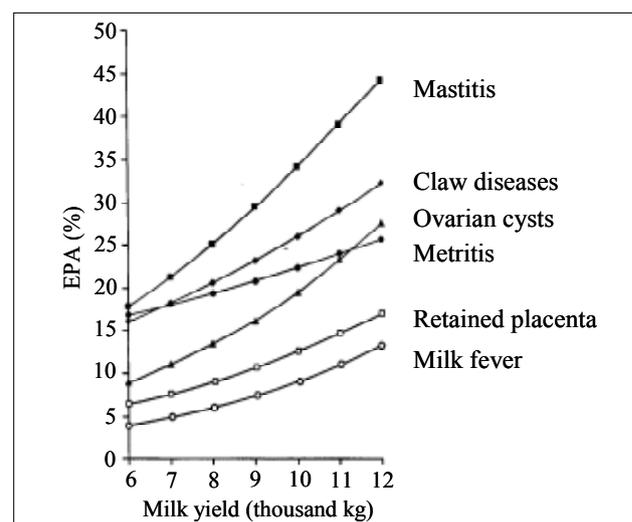


Abbildung 1: Wahrscheinlichkeit des Auftretens (EPA in %) verschiedener Gesundheitsstörungen in Relation zur Milchleistung (FLEISCHER et al. 2001)

¹ Tierärztliche Hochschule Hannover, Physiologisches Institut, Bischofshofer Damm 15/102, D-30173 Hannover

* Ansprechpartner: Prof. Dr. Gerhard Breves, email: gerhard.breves@tiho-hannover.de

werden konnte. Physiologisch von besonderem Interesse ist die Tatsache, dass in der Gesamtpopulation von Hochleistungskühen ein nicht unerheblicher Anteil an Tieren hohe Leistungen offenbar problemlos erbringen kann und damit pathophysiologisch unauffällig bleibt. Mit den folgenden Ausführungen soll der gegenwärtige Kenntnisstand zur Bedeutung des Leistungsniveaus und vor allem der Energiebilanz laktierender Kühe für reproduktionsbiologische und immunologische Parameter dargestellt werden.

Leistung, Energiebilanz und Reproduktion

Die Steigerung der Laktationsleistungen hat in der Phase der Hochlaktation zu Tagesleistungen geführt, die deutlich über 50 kg/Tag liegen können. In dieser Phase ist die Entwicklung einer negativen Energiebilanz unvermeidlich. Hintergrund ist, dass angesichts der limitierten Verzehrleistung die zur Deckung des NEL-Bedarfs erforderlichen Energiekonzentrationen in der Gesamtration nicht erreicht werden können, da über einen ausreichend hohen Anteil von Grundfutter auch die Strukturwirksamkeit der Ration und damit die Wiederkäuergerechtigkeit sichergestellt sein muss (BREVES und RODEHUTSCORD 1999). Auch wenn in den letzten Jahren viele Fütterungsvarianten im Hinblick auf ihre Eignung zur Verbesserung der Energieversorgung geprüft worden sind, kann gegenwärtig nicht von einer grundlegenden Lösung dieser Problematik ausgegangen werden. Von den verschiedenen Fütterungsansätzen soll hier kurz auf den Einsatz von Fetten und von pansenstabiler Stärke eingegangen werden. Aus der Literatur liegen zum Einsatz von Fetten teils widersprüchliche Ergebnisse vor. Ein grundsätzliches Problem besteht jedoch darin, dass Fette zu einer weiteren Steigerung der Milchleistung und daher zu einer weiteren Zunahme des NEL-Bedarfs führen. Daher kann auf diese Weise das Problem der negativen Energiebilanz nicht gelöst werden. Ferner liegen aus verschiedenen Arbeiten Hinweise vor, dass Fette zu Veränderungen von stoffwechselfysiologischen Parametern führen können, die im Sinne einer prä-ketotischen Stoffwechsellage als nicht günstig zu beurteilen sind (BREVES et al. 1990).

Mit dem Konzept der pansenstabilen Stärke wird das Ziel verfolgt, durch Reduktion des mikrobiellen Stärkeabbaus in den Vormägen die Passage von Stärke in den Dünndarm und damit die enzymatische Stärkeverdauung mit anschlie-

ßender Absorption der Monosaccharide zu erhöhen. Mit der Zunahme der in den Dünndarm fließenden Stärkemenge nimmt allerdings deren scheinbare Verdaulichkeit im Dünndarm ab (*Abbildung 2*) (BREVES und LEBZIEN 2009).

Daraus ist abzuleiten, dass die Stärkeverdaulichkeit im Dünndarm limitiert ist. Dies kann sowohl enzymatisch als auch auf Ebene der intestinalen Transportsysteme erfolgen. Die Bedeutung beider möglichen Faktoren ist bislang nicht hinreichend geklärt, so dass zur Kapazität der Glucosebereitstellung aus dem Dünndarm noch keine abschließende quantitative Bewertung erfolgen kann. Es ist ferner nicht eindeutig geklärt, in welcher Weise die aus dem Darm stammende Glucose die hepatische Gluconeogenese beeinflusst. Falls eine gesteigerte Passage von Glucose in die Leber im Sinne einer negativen Rückkopplung die Gluconeogeneserate reduziert, würde der Einsatz von pansenstabiler Stärke nur noch sehr begrenzt Sinn machen.

Die negative Energiebilanz bei Hochleistungstieren kann bis zu 12 Wochen andauern (BUTLER et al. 2004, BULANG et al. 2006). Sie kann durch Mobilisierung vor allem von Rückenfett zum Verlust von bis zu 40 % der körpereigenen Fettreserven führen. Sie resultiert in charakteristischen Veränderungen von hormonellen und metabolischen Messgrößen. Dazu zählen u. a. die Abnahme der Plasmakonzentrationen von Insulin, IGF-I, Leptin und Glucose und die Zunahme der Plasmakonzentrationen von nicht veresterten Fettsäuren, β -Hydroxy-Butyrat und des Wachstumshormons. Diese Veränderungen sind durch unterschiedliche Studien der vergangenen Jahre als relevante pathophysiologische Faktoren im Zusammenhang mit leistungsassoziierten Störungen der Reproduktion identifiziert und diskutiert worden.

Auf der Grundlage einer umfangreichen Auswertung der neueren Literatur identifizieren WILTBANK et al. (2006) die folgenden besonders relevanten reproduktionsbiologischen Merkmale, die durch hohe Milchleistungen negativ beeinflusst werden können:

Dauer bis zur 1. Ovulation p. p.

Durch die rasche Abnahme der Östradiol-Konzentrationen nach der Geburt kommt es in der 1. Woche p. p. zu einer Zunahme der FSH-Spiegel mit nachfolgender Follikelreifung, die häufig bereits zwischen dem 4. und 12. Tag p. p. nachzuweisen ist. Nur bei einer geringen Anzahl von Tieren folgt dieser ersten Follikelentwicklung bereits eine Ovulation, nach Studien in den USA tritt bei hoch leistenden Holstein-Kühen die erste Ovulation im Mittel erst 33 Tage p. p. auf. Diese zeitliche Verzögerung ist eng mit der negativen Energiebilanz in der frühen Postpartalperiode assoziiert und nach heutigem Verständnis durch eine Reduktion der pulsatilen LH-Sekretion verursacht.

Konzeptionsrate

Nach amerikanischen Studien hat die Zunahme der Laktationsleistung von 5.000 auf über 10.000 kg in der Zeit zwischen 1951 und 2001 zu einer Reduktion der Konzeptionsrate von etwa 70 % auf etwa 30 % geführt (*Abbildung 3*) (BUTLER 2003). Dieser Beziehung liegt möglicherweise jedoch kein monokausaler Zusammenhang zugrunde, sondern ist das Ergebnis sehr komplexer Zusammenhän-

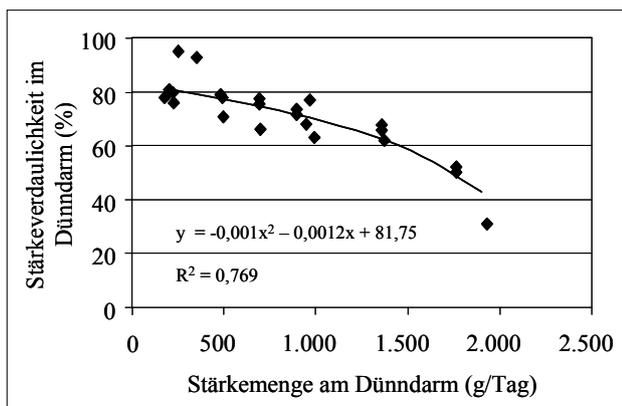


Abbildung 2: Einfluss der Stärkemenge am Dünndarm auf die Stärkeverdaulichkeit (nach BREVES und LEBZIEN 2009)

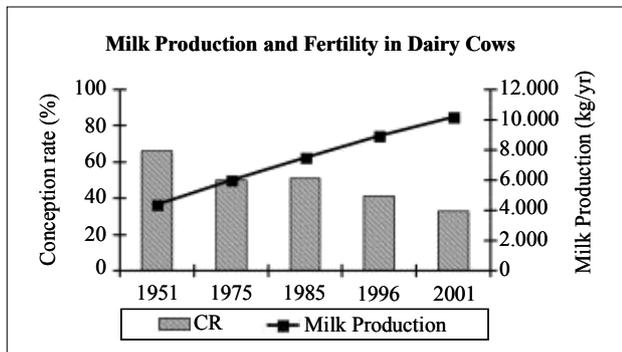


Abbildung 3: Negative Korrelation zwischen der Konzeptionsrate (%) und der jährlichen Milchproduktion bei Kühen (BUTLER 2003)

ge. Zu den Einflussfaktoren können neben der negativen Energiebilanz u. a. hohe Umgebungstemperaturen, uterine Infektionen, die Fertilität des Bullen, die Genauigkeit der Östrusbestimmung oder die Besamungstechnik zählen (WILT BANK et al. 2006).

Östrusdauer

Exakte Östrusbestimmungen sind Voraussetzung für eine hohe Reproduktionseffektivität. So konnten LOPEZ et al. (2004) mittels telemetrischer Verfahren an insgesamt 267 Kühen die Beziehung zwischen Leistung und Östrusdauer dokumentieren. Für diese Prüfung wurde die Milchleistung ca. 10 Tage vor der Ovulation zugrunde gelegt, wobei die erste Ovulation p. p. unberücksichtigt blieb. Wenn alle Tiere zwei Gruppen mit Leistungen über bzw. unter 39,5 kg/Tag zugeordnet wurden, ergab sich für die höher leistenden Tiere eine signifikante Reduktion der mittleren Östrusdauer auf 6,2 Stunden gegenüber 10,9 Stunden in der niedriger leistenden Gruppe. Mit im Mittel 2,8 Stunden wurde bei täglichen Milchleistungen zwischen 50 und 55 kg die kürzeste Östrusdauer bestimmt (Abbildung 4). Begleitende Messungen zur Follikelgröße und den Serumkonzentrationen von Östradiol am Tag des Östrus zeigten, dass die höher leistenden Tiere höhere Follikelgrößen bei niedrigeren Östradiolkonzentrationen aufwiesen. Aus diesen Befunden leiteten sie ab, dass die verminderten Östradiolkonzentra-

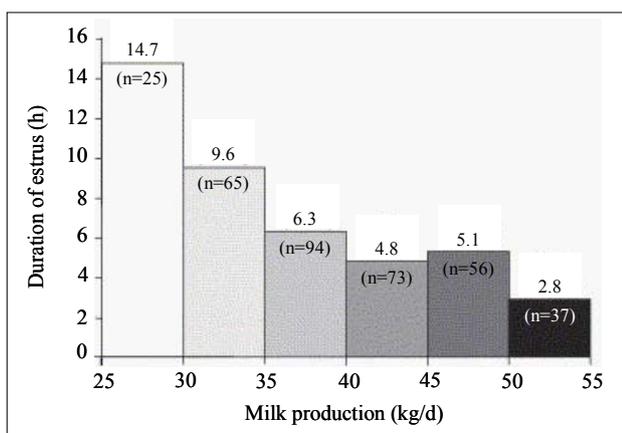


Abbildung 4: Beziehung zwischen Milchleistung und Östrusdauer (WILT BANK et al. 2006)

tionen das Follikelwachstum durch die Verlängerung des Östradiol-induzierten Östrus steigerten.

Mehrfachovulationen

In der Phase der höchsten täglichen Milchleistungen wird ihre Bedeutung für das Auftreten von Zweifach-Ovulationen auf über 50 % geschätzt. LOPEZ et al. (2005) konnten an einer Stichprobe von insgesamt 463 Milchkühen zeigen, dass bei Tieren mit täglichen Milchleistungen unter 40 kg nur mit sehr geringer Rate Zweifach-Ovulationen auftraten, während bei Tieren mit höheren Tagesleistungen diese Rate drastisch anstieg und bei täglichen Leistungen über 50 kg mehr als 50 % betrug (Abbildung 5). Die physiologischen Hintergründe dieser Befunde sind nicht geklärt.

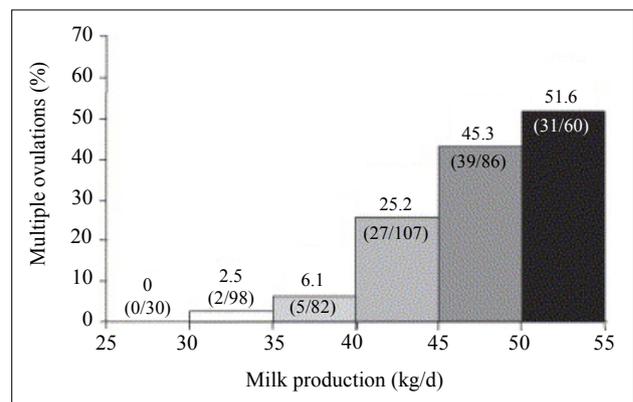


Abbildung 5: Beziehung zwischen Milchleistung und Mehrfachovulationen (WILT BANK et al. 2006)

Pathophysiologie leistungsassoziierter Reproduktionsstörungen

Aus zahlreichen Studien an verschiedenen Spezies liegen aus den letzten Jahren viele Befunde vor, die es zulassen, pathophysiologische Konzepte zur Bedeutung der negativen Energiebilanz für Reproduktionsstörungen zu entwickeln. So werden gegenwärtig für den laktierenden Wiederkäuer vor allem zwei Konzepte diskutiert, die im Folgenden kurz dargestellt werden sollen.

WADE und JONES (2004) haben erstmals ein pathophysiologisches Konzept abgeleitet, auf dessen Grundlage die Beziehung zwischen Energiebilanz und neuro-endokriner Östrussteuerung erklärt werden kann. Nach diesem Konzept existieren im Kleinhirn sog. „fuel detector“, die eine Reaktionskaskade neuro-endokriner Prozesse auslösen können. Nach diesem Konzept werden Abnahmen in der Verfügbarkeit oxidierbarer Substrate im Kleinhirn registriert, über Neurotransmitter wie Neuropeptid Y und Katecholamine ins Vorderhirn projiziert, von wo aus sowohl direkt als auch indirekt über Corticotropin-releasing Hormon (CRH) die Sekretion von GnRH reduziert wird. Dies führt zu einer Einschränkung der pulsatischen LH Sekretion. Dadurch und infolge der gleichzeitig verminderten LH-Sensitivität des Ovars (BUTLER 2003) wird die Entwicklung dominanter Follikel reduziert und so das Zeitintervall zwischen Geburt und 1. Ovulation verlängert. Durch Projektionen der CRH-Neurone in verschiedene Vorderhirnregionen werden

zudem wesentliche Merkmale des Östrus-Verhaltens eingeschränkt. Während dieses Konzept speziesübergreifend mittlerweile akzeptiert ist, um den Zusammenhang zwischen Ernährungsstatus und Reproduktion zu definieren, ist gegenwärtig noch nicht eindeutig geklärt, über welche Substrate des Energiestoffwechsels die „fuel detector“ stimuliert werden können. Es ist jedoch zu vermuten, dass reduzierte Plasmaglukosekonzentrationen und/oder erhöhte Konzentrationen an langkettigen Fettsäuren primär von Bedeutung sind.

WILTBANK et al. (2006) haben auf der Grundlage ihrer Studien ein Konzept entwickelt, das bei hoch leistenden Tieren von signifikanten Änderungen im Metabolismus der Sexualsteroiden ausgeht. So postulieren sie, dass bei hohen Trockensubstanzaufnahmen sowohl der Gastrointestinaltrakt als auch die Leber durch ausgeprägte Erhöhungen des Blutflusses gekennzeichnet sind. Dies kann Ursache des erhöhten Metabolismus der Sexualsteroiden in der Leber sein und daher zur Verminderung der Konzentrationen an zirkulierenden Sexualsteroiden führen. Dies kann Grundlage der dokumentierten Reproduktionsstörungen bei hohen Milchleistungen sein.

Leistung, Energiebilanz und Immunsystem

Im Gegensatz zu den leistungsassoziierten Störungen in der Reproduktion liegen gegenwärtig nur wenige Daten vor, welche die Bedeutung der negativen Energiebilanz für immunologische Parameter charakterisieren. So ist nach FLEISCHER et al. (2001) bei Zunahmen der Milchleistung für die Mastitis die höchste Zunahme der geschätzten Wahrscheinlichkeit des Auftretens (EPA) dokumentiert. Sie kann bei Steigerung der Laktationsleistung von 6.000 auf 12.000 kg von unter 20 % auf etwa 45 % zunehmen. Aus diesem Zusammenhang wurde abgeleitet, dass bei Hochleistungstieren die erhöhte Mastitisanfälligkeit über eine verminderte Immunantwort vermittelt werden kann. Auch hier ergeben sich Zusammenhänge mit den intermediären Veränderungen bei einer negativen Energiebilanz. Zunahmen der Plasmakonzentrationen an nicht-veresterten Fettsäuren und an β -Hydroxy-Butyrat sind mit einer höheren Mastitisrate korreliert (WEHREND 2005). Die dieser Korrelation zugrunde liegende Kausalität ist bislang nicht eindeutig geklärt. Mit dem positiven Nachweis von Leptinrezeptoren an den Zellen des Immunsystems wird jedoch diskutiert, dass Leptin an der Modulation der Immunantwort beteiligt ist. So könnte die bei negativer Energiebilanz verminderte Leptinkonzentration im Blut zu einer Reduktion der Immunantwort und daher zu erhöhter Infektanfälligkeit führen. In dieses Konzept passt auch ein Modell zur Regulation der Aktivität von T-Lymphozyten durch Faktoren des Energiestoffwechsels, das vor einigen Jahren von FOX et al. (2005) publiziert wurde. Auch wenn diese zellulären Regulationsprozesse noch nicht für die hochleistende Milchkuh identifiziert werden konnten, liefern sie im Sinne hypothesengeleiteter Versuchsprotokolle zahlreiche Ansätze zur Klärung pathophysiologischer Mechanismen.

In einer kürzlich von HERR (2009) publizierten Arbeit sind systematische Untersuchungen zum Verlauf der peripartalen IgG- und IgM-Konzentrationen dargestellt worden. In diesen Studien konnte nachgewiesen werden, dass die

IgG-Konzentrationen bereits ca. 2 Monate a. p. abnehmen und zur Geburt um ca. 60 % reduziert waren. Sie erreichten erst etwa zur 4. Woche p. p. das Ausgangsniveau der 8. Woche a. p. (Abbildung 6). Auch die IgM-Konzentrationen erreichten zur Geburt ein Minimum, der Abfall zur Geburt setzte aber erst ab der 4. Woche a. p. ein. Bislang liegen zum Verlauf der Immunglobulinkonzentrationen als Funktion der Energiebilanz in der Phase der Hochlaktation keine Daten vor.

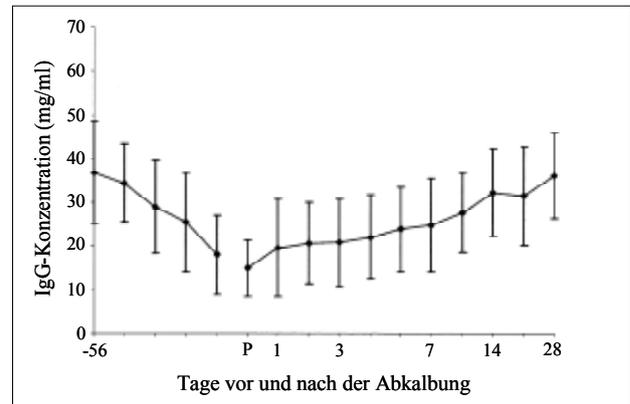


Abbildung 6: Verlauf der intravasalen IgG-Konzentrationen bei Milchrindern mit Eutokie und ungestörter postpartaler Periode (n=18) von der achten Woche a. p. bis zur vierten Woche p. p. (HERR 2009)

Literatur

- BREVES, G., F.P. ENGLING, H.P. SALLMANN, K. ROHR und H. FUHRMANN, 1990: Ca-verseifte Fettsäuren bei der Fütterung von Milchkühen: Auswirkungen auf stoffwechselphysiologische Parameter. Symposium Energie- und Fettstoffwechsel der Milchkuh, Humboldt-Universität Berlin, 496-499.
- BREVES, G. und M. RODEHUTSCORD, 1999: Gibt es Grenzen in der Zucht auf Leistung? – Aus der Sicht der Physiologie. Züchtungskunde 71, 420-427.
- BREVES, G. und P. LEBZIEN, 2009: Grundlegende Aspekte des ruminalen Kohlenhydrat-, Protein- und Vitaminstoffwechsels bei Milchkühen. Züchtungskunde 81, 421-428.
- BULANG, M., H. KLUTH, T. ENGELHART, J. SPILKE und M. RODEHUTSCORD, 2006: Zum Einsatz von Luzernesilage bei Kühen mit hoher Milchleistung. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 90, 89-102.
- BUTLER, W.R., 2003: Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. Livestock Production Science 83, 211-218.
- BUTLER, S.T., S.H. PELTON und W.R. BUTLER, 2004: Insulin increases 17β -estradiol production by the dominant follicle of the first postpartum follicle wave in dairy cows. Reproduction 127, 537-545.
- FLEISCHER, P., M. METZNER, M. BEYERBACH, M. HOEDEMAKER und W. KLEE, 2001: The relationship between milk yield and the incidence of some diseases in dairy cows. J. Dairy Sci. 84, 2025-2035.
- FOX, C.J., P.S. HAMMERMANN und C.B. THOMPSON, 2005: Fuel feeds function: energy metabolism and the T-cell response. Nature Reviews, Immunology 5, 844-852.
- HERR, M., 2009: Humorale Immunglobulin G- und M-Bestimmungen mittels kompetitiven ELISA im letzten Trimester der Gravidität sowie im peripartalen Zeitraum bei Milchrindern unter besonderer

Berücksichtigung intra- und postpartaler Komplikationen. Inaugural-Dissertation Justus Liebig Universität Gießen

LOPEZ, H., L.D. SATTER und M.C. WILTBANK, 2004: Relation between level of milk production and estrous behaviour of lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 81, 209-223.

LOPEZ, H., D.Z. CARAVIELLO, L.D. SATTER, P.M. FRICKE und M.C. WILTBANK, 2005: Relationship between level of milk production and multiple ovulations in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88, 2783-2793.

WADE, G.N. und J.E. JONES, 2004: Neuroendocrinology of nutritional infertility. *American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 287, R1277-R1296.

WEHREND, A., 2005: Mastitis des Rindes - Teil 1: Mastitis als Faktorenkrankheit. *Veterinärspiegel* 43, 26-28.

WILTBANK, M., H. LOPEZ, R. SARTORI, S. SANGSRITAVONG und A. GÜMEN, 2006: Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology* 65, 17-29.

NDF zur Beschreibung der Struktur der Futtermittel und der Pansenfermentation

NDF for description of the physical structure of the diet and of ruminal fermentation

Leonhard Gruber^{1*}

Zusammenfassung

Pflanzliche Gerüstsubstanzen sind heterogen und komplex zusammengesetzt (Einfluss von Species und Vegetationsstadium). Zellulose, Hemizellulose und Lignin sind die drei wichtigsten Komponenten, weiters noch Zellwandprotein, Mineralstoffe und Cuticula. „Faser“ ist polymere Substanz, die Verdauungsenzyme der Wirbeltiere nicht spalten kann. Zellulose ist Polysaccharid aus Tausenden Glukosemolekülen, die unter Wasserabspaltung in β -1–4-glukosidischer Bindung miteinander verbunden sind. Die β -Stellung der OH-Gruppe am C₁-Atom bedingt lineare Anordnung der polymerisierten Moleküle zu Ketten. Die Hemizellulosen sind eine heterogene Gruppe von nichtzellulosischen Polysacchariden (Pentosane und Hexosane, Hauptmasse der Zellwandmatrix, stark mit Lignin assoziiert). Pektin (Polymer aus sauren Polysacchariden; Galakturonsäure) ist Hauptmasse der Interzellularsubstanz, bes. in Mittellamelle. Lignine sind Mischpolymere aus Phenylpropanen (Cumaryl-, Coniferyl- und Sinapyl-Alkohol), Vernetzung zu dreidimensionalem Gitter und Durchdringen der Zellwand. Lignin ist verantwortlich für verminderte Verdaulichkeit der Zellwand. Die Zellwand besteht aus mehreren Schichten (Mittellamelle vorwiegend aus Pektin, Primärzellwand aus Hemizellulose, Sekundärzellwand aus Zellulose). Lignin-Polymere sind in der Primärzellwand über Ether- und Ester-Bindungen der Ferulasäure mit Arabinoxylan verankert.

Die Analyse der Gerüstsubstanzen erfolgt mit Neutral-Detergenz-Lösung (Na-Lauryl-Sulfat, EDTA). Die Analyse der Gerüstsubstanzen nach Detergenzien-Methode ist ein großer Fortschritt, da dadurch Auftrennung der Kohlenhydrate in Faser- und Nichtfaser-Kohlenhydrate möglich wird. Die Trennung ist in der Ernährung der Wiederkäuer sehr wichtig. Dagegen werden in der Rohfaser-Analyse (ungeeignete Lösungsmittel) gewisse Anteile der Gerüstsubstanzen (Hemizellulose und Teile des Lignins) gelöst und dadurch nicht zutreffend den Nichtfaser-Kohlenhydraten zugeordnet. Eine Umrechnung von Rohfaser in Gerüstsubstanzen ist streng genommen nicht möglich (Lösung von Faserbestandteilen im Rahmen der Rohfaser-Analyse in den einzelnen botanischen Artengruppen unterschiedlich).

Abstract

Plant structural carbohydrates (SC) are heterogeneous and have a complex composition, influenced by plant species and stage of vegetation. Cellulose, hemicellulose and lignin are the most important components. Cell wall protein, minerals and cuticular are also present in smaller amounts. Fibre encompasses polymer substances which cannot be split by vertebrates' digestive enzymes. Cellulose is a polysaccharide made up of thousands of glucose molecules bound together in a β -1–4-glucosidic linkage. The β -position of the OH-group at the C₁-atom determines that polymerized molecules are mainly ordered in linear chains. Hemicelluloses are a heterogeneous group of non-cellulosic polysaccharides (pentosans and hexosans; main portion of the cell wall matrix, associated with lignin). Pectin, a polymer made up of various acidic polysaccharides (galactouronic acid), is the main component of the intercellular substance and is found mainly in the middle lamella. Lignins are a mix of polymers from phenylpropanes (cumaryl, coniferyl and sinapyl alcohols), which form a three dimensional linked structure to penetrate the cell wall. In the cell wall, lignin is formed by highly condensed phenylpropane fractions. Lignin is responsible for reduced digestibility of cell walls. The cell wall consists of several layers (the middle lamella consisting mostly of pectin, primary cell wall consisting of hemicellulose, secondary cell wall consisting of cellulose). In the primary cell wall lignin polymers are linked with arabinoxylan through ether and ester bondages of the ferulic acid.

The chemical analysis of SC is carried out by using a neutral-detergent solution (Na-lauryl-sulphate, EDTA). SC analysis by the detergent method represents a major improvement, because it allows the separation of fibre and non-fibre carbohydrates. This precise distinction is of great relevance in ruminant nutrition. In contrast, in the crude fibre procedure certain SC constituents (hemicellulose and lignin fractions) are dissolved due to the use of improper solvents, and therefore erroneously added to the non-fibre carbohydrates. Strictly speaking, it is not possible to calculate SC from crude fibre because the extent to which fibre fractions from the various botanical groups of species are dissolved varies greatly.

¹ LFZ Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, A-8952 Irdning

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

Im Cornell Net Carbohydrate and Protein System erfolgt die Trennung in Faser- und Nichtfaser-Kohlenhydrate mit der Detergenzien-Methode (NDF und ADL wichtig). Auch die Aufteilung des Proteins in 5 Fraktionen erfordert eine Analyse von NDF und ADF sowie des darin enthaltenen N (im Pansen mittel, schwer und unabbaubare Anteile des XP). Für eine Beurteilung der Wiederkäuergerechtheit und der Versorgung mit „Struktur“ ist physikalisch effektive NDF ein geeigneter Parameter, da er die tatsächliche und strukturwirksame Faser gut beschreibt. NDF bestimmt die Füllung des Pansens (wichtig für Regulation der Futteraufnahme).

Schlagwörter: Gerüstsubstanzen, chemische Zusammensetzung, Analyse, Fermentation, Faserversorgung

The Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) differentiates between fibre and non-fibre carbohydrates based on detergent method (major role of NDF and ADL). Division of protein into 5 fractions also requires the analysis of NDF and ADF, as well as of the N that is associated with these fibre constituents. This includes the protein fractions that are degraded in the rumen at medium and slow rates, as well as non-degradable protein. NDF includes the total fibre and can therefore be used as a means to judge the fibre supply and the fulfilment of fibre requirements of the ruminant animal. NDF supply also plays an important role in feed intake regulation by affecting rumen fill.

Keywords: Cell wall constituents, chemical composition, analysis, fermentation, fibre supply

1. Einleitung

Kohlenhydrate sind die primären Syntheseprodukte der pflanzlichen Photosynthese und bilden den größten Anteil der organischen Masse auf der Erde. Bei der Photosynthese wird die Strahlungsenergie des Sonnenlichtes absorbiert und in die Form einer chemischen Bindung überführt (in erster Linie Kohlenhydrate). In chemischer Hinsicht wird Wasser unter Freisetzung von elementarem Sauerstoff oxidiert, der abgespaltene Wasserstoff auf Kohlendioxid übertragen und als metastabile C-Verbindung festgelegt. Die für die Trennung von Wasserstoff und Sauerstoff erforderliche und in der chemischen Bindung der Syntheseprodukte enthaltene Energie wird von den Organismen im Stoffwechsel im Wege der Dissimilation genutzt, wobei neben dem Energiegewinn wieder Wasser und Kohlendioxid entstehen (NULTSCH 2001). Durch Polymerisation der Hexosen entstehen die Polysaccharide, die je nach Bindungsform entweder Speicherfunktion (Stärke) haben oder als wichtiger Bestandteil der Gerüstsubstanzen (Zellulose) dienen.

Die **Gerüstsubstanzen** sind sehr heterogen und komplex zusammengesetzt, wobei die Pflanzenspecies und das Vegetationsstadium der Pflanzen von größtem Einfluss sind. Zellulose, Hemizellulose und Lignin sind die drei wichtigsten Komponenten der Gerüstsubstanzen. In geringerer Menge kommen auch Zellwandprotein, Mineralstoffe und Bestandteile der Cuticula (Kutin, Suberin, Wachse) vor sowie Pektin, Gummi und Galaktane (VAN SOEST 1994). Unter dem Begriff „Faser“ werden die polymeren Substanzen verstanden, die von den Verdauungsenzymen der Wirbeltiere nicht gespalten werden können (VAN SOEST & ROBERTSON 1980).

2. Chemische Grundlagen

Kohlenhydrate

Kohlenhydrate sind primäre Oxidationsprodukte von mehrwertigen Alkoholen (KARLSON et al. 2005), wobei durch Dehydrierung die sog. Carbonyl-Gruppe (Oxo-Gruppe, C=O) entsteht. Sie ist die funktionelle Gruppe der Kohlenhydrate und bestimmt im Wesentlichen deren chemische Eigenschaften (NULTSCH 2001). Die Monosaccharide

Glukose, Galaktose und Mannose unterscheiden sich nicht in ihrer Summenformel ($C_6H_{12}O_6$), wohl aber durch die Position des oxidierten C-Atoms (C_1) und die sterische Anordnung der OH-Gruppen an den C-Atomen C_2 , C_3 und C_4 . Dadurch ergeben sich unterschiedliche chemische Eigenschaften dieser Zucker. Die Stellung der OH-Gruppe am C_1 -Atom wird durch α oder β gekennzeichnet. Die α -Position bedeutet, dass sich die OH-Gruppe von C_1 auf gleicher Ebene wie in C_4 befindet, in der β -Position auf der gegenüberliegenden Seite (BERG et al. 2003). Dieser scheinbar geringe Unterschied ist biologisch von großer Bedeutung (daher Unterscheidung in α - und β -Glukose) und führt zu gänzlich unterschiedlichen Eigenschaften der bei der Polymerisation entstehenden Polysaccharide Stärke (α -glukosidische Bindung) und Zellulose (β -glukosidische Bindung). Neben Art der Bindung (α bzw. β) beeinflussen innermolekulare Kräfte (durch die sterische Anordnung der Substituenten, nämlich äquatorial bzw. axial), die Bindungen zwischen den Ketten, das Molekulargewicht und das Lösungsmedium das Ausmaß und die Geschwindigkeit, mit der Polysaccharide durch Säuren oder Enzyme hydrolysiert werden können (VAN SOEST 1994). In ernährungsphysiologischer Hinsicht ist die Chemie der Kohlenhydrate somit vorwiegend eine Beschreibung des Abbaus der Struktur- und Nichtstruktur-Kohlenhydrate und der Faktoren, die deren Verfügbarkeit für Tiere und Mikroben beeinflussen.

Die **Zellulose** ist ein Polysaccharid, das aus mehreren tausend Glukosemolekülen besteht. Ein Glukosemolekül beansprucht etwa 0,5 nm; dies ergibt eine Moleküllänge von etwa 7,5 μ m (NULTSCH 2001). Im Prinzip ist der Grundbaustein von Zellulose das Disaccharid Zellobiose, bestehend aus zwei Glukose-Molekülen, die unter Wasserabspaltung in β -1–4-glukosidischer Bindung miteinander verbunden sind. Die β -Stellung der OH-Gruppe am C_1 -Atom bestimmt die Anordnung des zweiten Glukose-Moleküls (*Abbildung 1*). Es wird dadurch um 180 Grad um die Längsachse gedreht und das resultierende Molekül ist weitgehend linear (VAN SOEST 1994). Die β -Konfiguration ermöglicht der Zellulose die Bildung sehr langer Ketten. Parallel angeordnete Ketten bilden Fibrillen, die untereinander Wasserstoffbrücken ausbilden (BERG et al. 2003). Dagegen ergibt sich bei der α -glukosidischen Bindung der

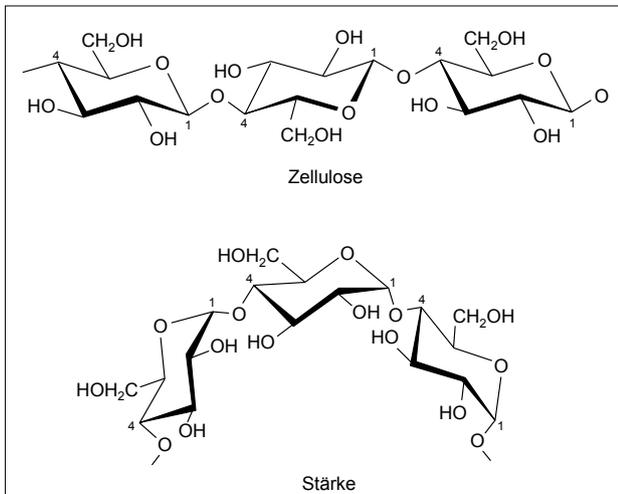


Abbildung 1: Darstellung von Zellulose (β -1-4-Bindung) und Stärke (α -1-4-Bindung) (nach NULTSCH 2001, KARLSON et al. 2005)

Maltose (Grundbaustein der Stärke) zwischen den beiden Glukose-Molekülen ein Winkel (*Abbildung 1*). Dies führt zu einer völlig unterschiedlichen Anordnung und damit biologischen Funktion der aus diesen Disacchariden gebildeten Polysaccharide Zellulose (aus Zellobiose) bzw. Stärke (aus Maltose). Durch die β -glukosidische Bindung sind die Glukose-Bausteine in langen, geradlinigen Ketten nach Art eines Faltenblattes angeordnet (MENKE & HUSS 1987). Sie eignen sich daher hervorragend für die Bildung von Zellwänden und Gerüstsubstanzen mit hoher Zugfestigkeit. Durch die α -glukosidische Bindung ist das Stärkemolekül nicht langgestreckt, sondern regelmäßig schraubig in Spiralform gewunden. Es bildet sich eine hohle Helix (BERG et al. 2003). Mit dieser Molekülform kann Stärke keine Funktion als Gerüstsubstanz übernehmen. Die Pflanze kann jedoch Glukose dadurch ohne größere Veränderungen in eine unlösliche und somit osmotisch unwirksame Form überführen. Daher ist Stärke der am weitesten verbreitete Reservestoff der Pflanzen. Die Enzyme zur Verknüpfung bzw. Spaltung sind für die α - bzw. β -glukosidische Bindung spezifisch. Wirbeltiere haben kein eigenes Enzymsystem zur Spaltung der β -glukosidischen Bindung der Gerüstkohlenhydrate, sodass Wiederkäuer auf die Symbiose mit ihren Pansenmikroben angewiesen sind. Die Verdaulichkeit der Zellulose hängt stark von deren Lignifizierung ab.

Die **Hemizellulosen** sind eine heterogene Gruppe von nichtzellulosischen Polysacchariden (Zellulosane). Es kommen sowohl Pentosane als auch Hexosane vor, d.h. sie sind Polysaccharide, deren Makromoleküle aus Pentosen (z.B. Xylose, Arabinose) bzw. Hexosen (z.B. Glukose, Mannose, Galaktose) aufgebaut sind. Häufig treten sie als Heteroglykane auf (als Verbindungen verschiedener Zucker), wie z.B. Xyloglukane, Arabinogalaktane, Rhamnogalakturonane und Glukomannane (NULTSCH 2001). Kleinere Moleküleinheiten wiederholen sich und können auch verzweigt sein. Die Hemizellulosen bilden die Hauptmasse der Zellwandmatrix (Grundsubstanz) und erscheinen im elektronenmikroskopischen Bild strukturlos. Die Zusammensetzung der Hemizellulosen hängt stark von der Pflanzenspecies ab

und auch von den Teilen innerhalb einer Pflanze (Stängel, Blätter). Hemizellulosen sind im nativen Zustand unlöslich, jedoch löslich in Säure oder Lauge. Sie sind mit Lignin assoziiert und bilden gemeinsam das Inkrustierungsmaterial der Sekundärzellwand (VAN SOEST 1994). In Grobfutterpflanzen kommt Hemizellulose vorwiegend in den lignifizierten Zellwänden vor. Kein Polysaccharid ist enger mit Lignin assoziiert als die Hemizellulose (SULLIVAN 1966).

Die **Pektine** bilden die Hauptmasse der Interzellularsubstanz, sie kommen besonders in der Mittellamelle vor (NULTSCH 2001). Sie sind Polymere aus verschiedenen, sauren Polysacchariden. Hauptbestandteil ist die Galakturonsäure, deren Carboxyl-Gruppen zum Teil methyliert sind und die mit Rhamnose in α -1-2-Position verbunden ist. Zusätzlich sind Galaktose und Arabinose vorhanden. Die Unterscheidung zwischen Hemizellulose und Pektinen ist nicht ganz klar, ein wichtiges Kriterium ist die Löslichkeit. Pektine sind in heißen neutralen Lösungen von Ammoniumoxalat oder EDTA löslich, während Hemizellulose Säuren oder Laugen zur Lösung benötigt (VAN SOEST 1994). Die Ketten sind untereinander vernetzt, indem jeweils zwei COOH-Gruppen durch zweiwertige Ionen (Ca^{2+} , Mg^{2+}) miteinander verbunden sind. Dadurch entsteht ein elastisches, leicht veränderliches Gerüstwerk, das die Eigenschaften der Pektine ausmacht. Es ist gelartig, sehr plastisch und hydrophil. Pektine sind im Pflanzenreich bei den Dikotyledonen wesentlich häufiger anzutreffen als bei den Einkeimblättrigen.

Die **Lignine** sind Mischpolymere aus Phenylpropanen (Cumaryl-, Coniferyl- und Sinapyl-Alkohol), die sich zu einem dreidimensionalen Gitter vernetzen und so die Zellwand durchdringen (NULTSCH 2001). Der Anteil der drei Phenylpropane hängt von der Pflanzenspecies ab. VAN SOEST (1994) gibt für Gräser 22 % Cumaryl-Alkohol, 44 % Coniferyl-Alkohol und 34 % Sinapyl-Alkohol an, für Luzerne entsprechend 7, 39 bzw. 54 %. Diese Bausteine des Lignins gehören als Phenole zu den sekundären Pflanzeninhaltsstoffen. Phenole besitzen am aromatischen Ring mindestens eine OH-Gruppe oder deren funktionelle Derivate (OESTMANN et al. 1995). Allerdings ist die genaue Struktur dieser Polymere nicht vollständig bekannt, da die oxidative Polymerisation der jeweiligen Phenylpropan-Monomere zu einem Verlust der Identität ihrer Vorläufer führt. Die Polymerisationsprodukte haben eine kondensierte, dreidimensionale Struktur, hauptsächlich aus Ether- und C-C-Bindungen zwischen den Phenylpropanen. Dies macht Lignin sehr widerstandsfähig gegen eine Hydrolyse. Die heutigen Modellvorstellungen von diesem komplexen Makromolekül mit hohem Molekulargewicht gehen davon aus, dass in der Zellwand Lignin aus hochkondensierten Phenylpropan-Einheiten gebildet wird (sog. Kern-Lignin). Zwischen dem Kernlignin und den Gerüstkohlenhydraten (Hemizellulosen, sehr wahrscheinlich jedoch nicht Zellulose) erfolgt eine Quervernetzung hauptsächlich über die beiden phenolischen Monomere p-Cumarsäure und Ferulasäure durch Ester- und Etherbindungen. Diese Monomere sind Zwischenstufen bei der Synthese der Phenylpropane aus Shikimisäure und werden als Nichtkern-Lignin bezeichnet (JUNG 1989). Die p-Cumarsäure und Ferulasäure besitzen zwei funktionelle Gruppen, eine OH- und eine COOH-

Gruppe, mit denen sie gleichzeitig eine Ether- und eine Ester-Bindung eingehen können. Bei der Quervernetzung besteht zu Lignin eine Ether-Bindung über die phenolische Gruppe und über die Carboxyl-Gruppe eine Ester-Bindung mit den Hemizellulosen (JUNG 1989). JUNG & DEETZ (1993) haben dieses Modell erweitert und gehen davon aus, dass zwischen den Lignin/Zimtsäure-Verbindungen auch eine solche mit phenolischen Dimeren bestehen (z.B. Di-Ferulasäure, Truxillsäure). Lignin ist der Hauptfaktor, der die Verfügbarkeit der pflanzlichen Zellwand für Pflanzenfresser und anaerobe Verdauungssysteme begrenzt (VAN SOEST 1994). Die Zellinhaltsstoffe (Zucker, Stärke, Protein, Fett) sind von diesem negativen, verdauungshemmenden Einfluss des Lignins nicht betroffen, wie VAN SOEST (1967) durch Anwendung des sog. Lucas-Tests gezeigt hat. Lignin selbst ist unverdaulich und die Lignifizierung vermindert die Verfügbarkeit der Zellulose und Hemizellulosen. Freie Phenole senken die Futteraufnahme und behindern mehrere Wirbeltier-Enzyme *in vitro* (JUNG & FAHEY 1983). Auch Lignin behindert mikrobielles Wachstum und die enzymatische Verdauung. Obwohl Lignin nur mit Hemizellulosen chemische Bindungen eingeht, ist Zellulose im gleichen Ausmaß von der Reduktion der Verdaulichkeit betroffen (JUNG & VOGEL 1986). Die Wirkung des Lignins bei der Minderung der Verdaulichkeit besteht in der räumlichen Behinderung des Zutritts der Enzyme zum Lignin-Kohlenhydrat-Komplex. Die Lignifizierung und der negative Einfluss des Lignins auf die Verdaulichkeit ist unterschiedlich je nach Zellwandkomponenten, Gewebetypen, Pflanzenarten und Pflanzenfraktionen. Besonders die Gewebe des Xylems und die Sklerenchymzellen werden stark lignifiziert, während die Zellwände des Phloems und des Mesophylls nur wenig Lignin einlagern (SÜDEKUM et al. 1995). Es bestehen auch starke Unterschiede zwischen Gräsern und Leguminosen, die vor allem auf die sehr unterschiedliche morphologische Zusammensetzung dieser Pflanzen zurückzuführen sind. So enthalten die Blätter der Gräser wesentlich mehr Lignin als die der Leguminosen und das Gegenteil ist der Fall bei den Stängeln. Bei einer annähernd gleichen Verdaulichkeit von 60 % hat VAN SOEST (1964) bei Gräsern einen Ligningehalt von 4,9 % und bei Luzerne von 7,6 % festgestellt. Der Anteil des Lignins an den Gerüstsubstanzen ist bei Leguminosen signifikant höher als bei Gräsern. Doch der Gehalt an Hemizellulose ist bei ähnlichem Gehalt an Zellulose bei den Leguminosen niedriger.

Zellwand

Die **Zellwand** besteht aus mehreren Schichten, nämlich aus der Mittellamelle, der Primär-, Sekundär- und Tertiärwand (WILSON 1993). Die Mittellamelle bildet die Grenze zwischen benachbarten Zellen und ist der Ausgangspunkt für das Zellwachstum. Sie besteht vorwiegend aus Pektinen. Die Primärzellwand wird angelegt, wenn sich die Zellen teilen; sie besteht vorwiegend aus Hemizellulose und relativ wenig Zellulose. Die Primärzellwand ist elastisch und verformbar, was ein Wachstum der Zellen ermöglicht (NULTSCH 2001). Nach dem Aufbau der Primärwand bildet sich die Sekundärwand in das Innere der Zelle hinein. Der Abschluss zum Plasmalemma erfolgt durch die sehr

dünne Tertiärwand. Die Sekundärwand ist überwiegend aus Zellulose aufgebaut, die in sog. Fibrillen angeordnet ist. Die kleinste Einheit stellen die Elementarfibrillen dar, die aus 50 – 100 Zellulosemolekülen aufgebaut sind und einen Durchmesser von etwa 3,5 – 5,0 nm haben. Diese Zelluloseeinheiten werden durch kovalente Bindungen und H₂-Brückenbindungen zusammengehalten (NULTSCH 2001). Mehrere Elementarfibrillen werden zu Mikrofibrillen (10 – 30 nm Durchmesser) zusammengefügt, welche die strukturelle Grundeinheit der Zellwände darstellen. Mehrere Mikrofibrillen werden zu Makrofibrillen gebündelt. Obwohl die chemische Zusammensetzung von Zellwänden gut bekannt ist, bestehen über deren räumliche Anordnung nur Modellvorstellungen. NULTSCH (2001) führt ein Modell an, das auf ALBERSHEIM und Mitarbeiter zurückgeht (*Abbildung 2*). Demnach besteht die Primärwand einer Zelle gewebeartig aus zwei Polymeren, nämlich Zellulose-Mikrofibrillen, welche die Maschen eines Extensinnetzes (Zellwandprotein) durchdringen, eingebettet in ein hydrophiles Pektin-Hemizellulose-Gel, das als Matrix dient. Diese Extensinmoleküle tragen zwar Arabinose als Seitenketten, sie sind jedoch nicht mit Zellulose kovalent verbunden. Daraus kann abgeleitet werden, dass untereinander vernetzte Extensinmoleküle ein selbständiges Gerüst bilden, das zusätzlich zum Gerüst der Zellulosefibrillen besteht und von diesem durchdrungen ist. CHESSON (1993) bestätigt die Grundannahmen dieses Modells, führt aber an, dass genauere Analysen der Zellwandpolymere auf einige Unzulänglichkeiten hinweisen. So kann nicht von der im Modell ausgegangenen homogenen Zusammensetzung der Zellwandpolymere ausgegangen werden und dies verändert auch die Feinstruktur einzelner Polymertypen und die Verteilung der Polymere innerhalb der Zellwand. Das gilt besonders für Pektin-Polysaccharide. JUNG und DEETZ (1993) haben daher ein Modell der Lignifizierung und der Abbaubarkeit von Zellwänden entwickelt, das der Zusammensetzung und den vielfältigen Bindungsarten zwischen den Molekülen eher Rechnung trägt (*Abbildung 3*). Lignin-Polymere sind in der Primärzellwand über Ether-Bindungen der Ferulasäure mit Arabinoxylan verankert. Die Ferulasäure ist dabei mit dem Arabinose-Substitut des Arabinoxylans verestert. Die Primärzellwand enthält mehr verzweigte Lignin-Polymere, die einen hohen

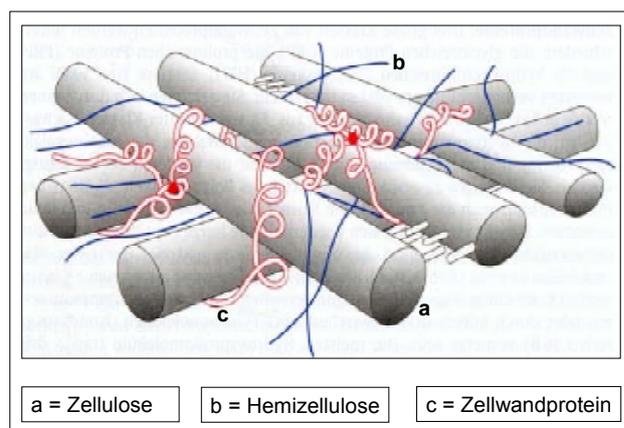


Abbildung 2: Modell der Zellwand nach ALBERSHEIM (nach NULTSCH 2001)

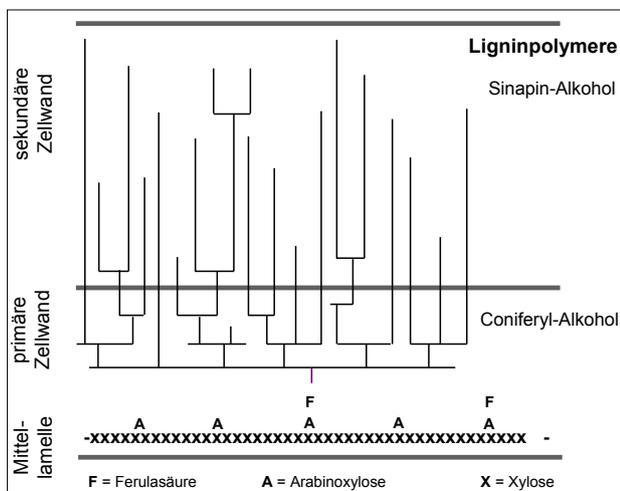


Abbildung 3: Modell der Zellwand-Lignifizierung (nach JUNG und DEETZ 1993)

Guajakyl-Anteil aufweisen (aus Coniferyl-Alkohol, d.h. 1 Methoxy-Gruppe), während in der Sekundärzellwand eher unverzweigtes, lineares Lignin vorherrscht, das reich an Syringyl ist (aus Sinapyl-Alkohol, d.h. 2 Methoxy-Gruppen). Durch seine zweite Methoxy-Gruppe ist Syringyl nicht in der Lage, im gleichen Ausmaß Bindungen und Verzweigungen einzugehen wie Guajakyl. Infolgedessen ist das Lignin der Sekundärzellwand nicht so nachteilig für die Abbaubarkeit der Zellwandkohlenhydrate. Dagegen führt Guajakyl zu mehr Verzweigungen und höherer Kondensation des Lignins mit dem Effekt, dass sich der Anteil und die Verzweigung des Lignins der Primärzellwand und der Mittellamelle erhöhen und durch die räumliche Behinderung des Enzymzutritts eine reduzierte Verdaulichkeit eintritt. Dies stimmt auch gut mit der Beobachtung überein, dass Primärzellwand und Mittellamelle von Pansenmikroben nicht angegriffen werden, wohingegen die Sekundärzellwand zum Teil abgebaut wird, obwohl auch diese lignifiziert ist (ENGELS 1989; zit. nach JUNG u. DEETZ 1993). Die vom Nichtkern-Lignin hergestellte Quervernetzung von Lignin und Polysacchariden über Ester- und Etherbindungen schafft eine enge Verbindung zwischen beiden. Dabei verhindert das Kernlignin einen räumlichen Zutritt der Enzyme an die Polysaccharide und senkt somit das Ausmaß der Verdauung. Nichtkern-Lignin-Phenole, die nur mit Polysacchariden verestert, jedoch nicht mit Kern-Lignin quer vernetzt sind (d.h. Ferulasäure), können durch die räumliche Behinderung der Polysaccharidasen nur die Abbaurate der Gerüstkohlenhydrate mindern, jedoch nicht deren Ausmaß, da die Esterbindungen letztlich enzymatisch gespalten werden können. Die Ferulasäure, die mit Arabinoxylylan verestert ist, agiert als Ausgangspunkt für die Lignin-Polymerisation. Das phenolische Hydroxyl der Ferulasäure geht eine Etherbindung mit den Vorläufern der Phenylpropan-Alkohole ein. Der Arabinoxylylan-Ferulasäure-Ester wird in der Primärzellwand in einem frühen Entwicklungszustand angelegt und Lignin an den Zellwand-Polysacchariden der Primärzellwand verankert. Auch mikroskopische Studien zeigen, dass die Lignifizierung von der Mittellamelle und der Primärzellwand ausgeht, wo auch die höchste Ligninkonzentration auftritt.

Danach wächst das Lignin-Polymer in die Sekundärzellwand hinein, allerdings bei geringer Quervernetzung mit Arabinoxylylan, womit die stärkere Verdauungsdepression in der Primärzellwand zu erklären ist. Dagegen bietet die lineare Anordnung des Lignins (ohne Verzweigungen) den hydrolytischen Enzymen eine größere Angriffsfläche für die Zellwand-Polysaccharide, die zwischen den Lignin-Ketten liegen. Das vorliegende Modell der Zellwandstruktur und -lignifizierung von JUNG und DEETZ (1993) zeigt, dass vor allem die strukturellen Verhältnisse in der Zellwand, wie die Art der Quervernetzungen, die Abbaubarkeit der Gerüstsubstanzen beeinflussen und nicht so sehr die Konzentration einzelner Komponenten. VAN SOEST (1994) bezeichnet daher folgerichtig die gröbere, räumliche Anordnung der Zellwandkomponenten als den übergeordneten Faktor für die Eigenschaften der Zellwand, wogegen die kovalenten Bindungen zwischen den Zellwandkohlenhydraten diese nicht vollständig erklären können. Er definiert die Zellwand als ein Riesenmolekül mit kovalenten Bindungen, die von β -Glukanen über Xylan und Arabin zum Zellwandprotein (Extensin) laufen. Dabei spielen Querverbindungen mit Extensin und den phenolischen Mono- und Dimeren von Ferula- und p-Cumarsäure sowie Lignin eine wichtige Rolle. Die physiko-chemischen Eigenschaften, welche die Nährstoffabbaubarkeit bestimmen, hängen daher vor allem von der Art der Bindung zwischen den chemischen Komponenten ab.

3. Analytik

Die **Weender Analyse** (HENNEBERG & STOHPMANN 1864) dient seit vielen Jahrzehnten zur Charakterisierung der Futtermittel. Die Rohfaser entspricht allerdings nicht der tatsächlichen Faser eines Futtermittels, wenn unter dem Begriff „Faser“ die polymeren Substanzen verstanden werden, die von den Verdauungsenzymen der Wirbeltiere nicht gespalten werden können (VAN SOEST & ROBERTSON 1980). Dies führt in der Folge auch dazu, dass der Gehalt an Nichtfaser-Kohlenhydraten falsch eingeschätzt wird, der üblicherweise durch Differenz errechnet wird. Die Ursache liegt in den bei beiden Verfahren sehr verschiedenen Reagenzien, die zu einer unterschiedlichen Lösung der Futterinhaltsstoffe führen. Allen Methoden ist gemeinsam, dass in aufeinander folgenden Schritten der chemischen Behandlung die Nicht-Faserbestandteile gelöst werden und die Faser als Rückstand bestimmt wird.

Rohfaser

Unter **Rohfaser** ist der aschefreie Anteil eines Futtermittels zu verstehen, der nach Behandlung mit verdünnter Säure und Lauge zurückbleibt. Die Probe wird in zwei Schritten jeweils 30 Minuten mit 1,25 % H_2SO_4 und 1,25 % NaOH (oder KOH) gekocht. Danach wird die Probe mit Aceton entfettet und getrocknet sowie verascht (VDLUF 1976). Die Entfettung und Veraschung wird auch bei der Detergenzien-Analyse nach VAN SOEST angewendet. Der organische Anteil des Rückstandes gibt den Gehalt an Rohfaser an. Diese sollte ursprünglich die weniger verdaulichen Kohlenhydrate beschreiben, während unter den N-freien Extraktstoffen – als Differenz errech-

net – die besser verdaulichen Kohlenhydrate verstanden wurden. Zur Zeit von HENNEBERG und STOHMANN (1864) war die Bezeichnung „Holzfaser“ üblich. In ihren „Beiträgen zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer“ empfahlen sie die Verwendung des Begriffes „Rohfaser“.

Die Untersuchungen von VAN SOEST (1977) haben allerdings gezeigt, dass die Behandlung der Futtermittel mit Säure und Lauge entsprechend der Rohfaser-Bestimmung nicht den vollständigen Gehalt an „Faser“ zum Ergebnis hat. Vielmehr werden ein Großteil der Hemizellulosen und auch des Lignins gelöst, auch Teile der Zellulose gehen in Lösung. Wie in *Tabelle 1* angeführt, ist das Ausmaß der Lösung von Lignin, Hemizellulosen und Zellulose bei der Rohfaser-Analyse allerdings stark von der Zugehörigkeit zu botanischen Gruppen bzw. von der Pflanzenspecies abhängig. Im Durchschnitt werden vom Lignin bei Leguminosen 30 %, bei Gräsern 82 % und bei anderen Species (vor allem Korbblütler und Doldenblütler) 52 % gelöst. Von den Hemizellulosen gehen 63, 76 bzw. 64 % in Lösung und von der Zellulose 28, 21 bzw. 22 %. Die Rohfaser-Analytik ist also nicht in der Lage, die Gerüstsubstanzen (als Summe von Zellulose, Hemizellulosen und Lignin) eines Futtermittels exakt zu erfassen. Die sehr nachteilige Folge davon ist, dass in den N-freien Extraktstoffen nicht nur hochverdauliche Kohlenhydrate enthalten sind, sondern auch schwer bis unverdauliche Kohlenhydrate und das Lignin. Die Folge davon kann sein, dass die Verdaulichkeit der Rohfaser höher ist als die der N-freien Extraktstoffe (VAN SOEST 1975). Das heißt, die klare und für die Wiederkäuerernährung sehr wichtige Trennung in Faser- und Nichtfaser-Kohlenhydrate war und ist mit der Rohfaser-Bestimmung nicht möglich.

Detergenzien-Faser

Um den tatsächlichen Gehalt der Pflanzen an Faserstoffen, d.h. an unlöslicher Zellwandmatrix, zu bestimmen, hat VAN SOEST die sog. **Detergenzien-Analyse** entwickelt (VAN SOEST 1963a, 1963b, 1964, 1965, VAN SOEST & WINE 1967, GOERING & VAN SOEST 1970). Damit ist auch die zutreffende Trennung der Kohlenhydrate in Faserstoffe (Zellwand) und Nichtfaserstoffe (Zellinhaltsstoffe) möglich (VAN SOEST 1967). Die Zellinhaltsstoffe (lösliche Kohlenhydrate, Stärke, organische Säuren, Protein) sowie Pektin (Mittellamelle) sind mehr oder weniger vollständig verdaulich (90 – 100 %), während die Zellwände nur über die mikrobielle Fermentation in den Vormägen genutzt werden können. Das Ausmaß der Fermentierbarkeit hängt vom

Tabelle 1: Anteile (%) von Lignin, Hemizellulosen und Zellulose, die bei der Rohfaser-Bestimmung in Lösung gehen (VAN SOEST 1977)

Gruppe	Lignin	Hemizellulosen	Zellulose
Leguminosen	30 (8 – 62)	63 (21 – 86)	28 (12 – 30)
Gräser	82 (53 – 90)	76 (64 – 89)	21 (5 – 29)
Andere ¹⁾	52 (10 – 84)	64 (43 – 84)	22 (7 – 32)

¹⁾ hauptsächlich Korbblütler und Doldenblütler

Grad der Lignifizierung ab. Die lignifizierte Fraktion selbst sowie Kutin, Silicium, Tannine etc. sind vollständig unverfügbar (VAN SOEST 1994). Die Detergenzien-Analyse erlaubt auch die Aufteilung der Faser in ihre Hauptkomponenten, nämlich Zellulose, Hemizellulosen und Lignin. Das Haupthindernis, die pflanzlichen Zellwandrückstände aufzubereiten, in denen die unverdaulichen Rückstände enthalten sind, ist die Entfernung des kontaminierenden Proteins. Aus diesem Grund wird bei der Präparation der Rohfaser Natronlauge verwendet. Leider wird dabei aber nicht nur Protein entfernt, sondern auch Hemizellulose und Teile des Lignins. In der von VAN SOEST entwickelten Analyse werden Detergenzien angewendet, die in der Lage sind, lösliche Proteinkomplexe zu bilden, so dass diese auch entfernt werden.

Neutral-Detergenzien-Faser (NDF): Die Gesamtheit der Gerüstsubstanzen, d.h. der Rückstand nach dem Kochen in neutraler Detergenzien-Lösung (NDS, neutral detergent solution) wird als Neutral-Detergenzien-Faser (NDF) bezeichnet. Die Zellinhaltsstoffe werden dadurch gelöst. Die Detergenzien-Lösung besteht aus Na-Lauryl-Sulfat, Ethylen-Diamin-Tetraessigsäure (EDTA) und Triethylen-Glykol sowie den Puffern Na-Borat (Borax) und Na-Dihydrogen-Phosphat zur Einstellung des Milieus (pH = 7). Die genaue Einhaltung eines neutralen pH-Wertes ist entscheidend, da saure oder basische Bedingungen die Faser lösen können. Es ist hierbei ein pH-Bereich von 6,95 bis 7,05 einzuhalten. Ursprünglich wurde die NDF-Methode zur Bestimmung der Gerüstsubstanzen in Grobfuttermitteln konzipiert. Die höheren Stärke-Gehalte in Kraftfuttermitteln stören die NDF-Analyse bzw. führen zu überhöhten NDF-Werten. Daher ist bei hohen Stärkegehalten die Entfernung der Stärke mit einer hitzestabilen Amylase während des Kochprozesses zusätzlich zu Triethylen-Glykol zwingend erforderlich (VAN SOEST et al. 1991). Sowohl die Art der verwendeten Amylase als auch ihre Anwendung während der Analyse beeinflussen den NDF-Wert (MERTENS 2002). Die Verwendung einer hitzestabilen Amylase während des Extraktionsprozesses hat sich als die beste Lösung herausgestellt. Die Verwendung von Amylase bei der Analyse der Gerüstsubstanzen wird mit dem Buchstaben „a“ angegeben, d.h. aNDF. Die NDF-Methode hat seit ihrer Begründung mehrere Modifikationen erfahren. Diese waren erforderlich, da einige Reagenzien aus gesundheitlichen Gründen nicht mehr zulässig waren und da die ursprünglich für Grobfutter entwickelte Methode auch auf Kraftfutter ausgeweitet wurde. Die wesentlichen Modifikationen sind bei VAN SOEST et al. (1991) und MERTENS (2002) beschrieben. Die Terminologie zur Definition der verwendeten NDF-Methode wurde von UDEN et al. (2005) festgelegt.

Pektine werden durch Kochen mit neutralen Detergenzien vollständig gelöst, obwohl sie Bestandteil der Zellwand sind. Dies wird häufig als Schwachpunkt dieses Analyseverfahrens angesehen. Die Lösung des Pektins ist auf die Wirkung des EDTA zurückzuführen. Laut VAN SOEST et al. (1991) nehmen sie allerdings insofern eine Sonderstellung ein, als sie von Pansenmikroben rasch und vollständig abgebaut werden. Dies zeigt, dass sie – im Gegensatz zu Hemizellulose – nicht kovalent mit der lignifizierten Zellwandmatrix verbunden sind. Sie werden daher als Neutral-

Detergenz-lösliche Faser (NDSF, neutral detergent-soluble fiber) bezeichnet (HALL 2003).

Säure-Detergenzien-Faser (ADF): Hemizellulosen sind in neutraler Detergenzien-Lösung (bei pH = 7) vollkommen unlöslich, gehen jedoch bei saurem und basischem pH-Wert leicht in Lösung (VAN SOEST & ROBERTSON 1977). Durch Behandlung der Probe mit dem kationischen Detergenz Cetyl-Trimethyl-Ammonium-Bromid (CTAB) in 1 N H₂SO₄ (Säure-Detergenzien-Lösung, acid detergent solution = ADS) wird Hemizellulose und ein Großteil des Proteins gelöst. CTAB ist eine quartäre Ammonium-Verbindung mit einer langkettigen Alkylgruppe und dient als Komplexbildner. Der Rückstand wird als Säure-Detergenzien-Faser (ADF) bezeichnet. Das im Rückstand noch befindliche Protein (ADIN) ist als für die Pansenmikroben nicht verfügbar anzusehen (KRISHNAMOORTHY et al. 1982). Der Gehalt an Hemizellulose wird durch die Differenz NDF minus ADF rechnerisch ermittelt. Die ADF enthält also nicht mehr die gesamte Faser, sondern dient dazu, diese in Ligno-Zellulose und Hemizellulose aufzuteilen. Die säurelösliche Fraktion enthält vorwiegend Hemizellulose und Zellwandprotein, während der Rückstand Zellulose, Lignin und die am wenigsten verdaulichen Nicht-Kohlenhydrate enthält (VAN SOEST 1994). Bei der ADF-Präparation werden viele Substanzen entfernt, welche die Analyse der Zellwandkomponenten stören. Daher ist der ADF-Rückstand sehr nützlich für die sequenzielle Bestimmung von Lignin, Kutin, Zellulose, unverdaulichem Stickstoff sowie Silicium. Häufig wurde ADF anstelle von Rohfaser analysiert und auch in Regressionsgleichungen zur Vorhersage der Verdaulichkeit herangezogen. Da jedoch die ADF nur einen Teil der Faser darstellt, sind die Beziehungen zwischen ADF und Verdaulichkeit nach VAN SOEST (1994) primär statistischer Natur und beruhen nicht auf den biologischen Zusammenhängen zwischen den Parametern. Die Verdaulichkeit und die Zusammensetzung der Faser wird vielmehr durch die Umweltbedingungen während des Pflanzenwachstums (Temperatur, Licht, Breitengrad, Wasser, Düngung, Boden) bestimmt (VAN SOEST et al. 1978).

Säure-Detergenzien-Lignin (ADL): GIGER (1985) unterscheidet drei Analyseverfahren:

- direkte gravimetrische Methoden durch Lösung der Zellulose (ursprünglich Klason-Methode)
- indirekte gravimetrische Methoden aus der Differenz nach Entfernung des Lignins
- Messung der Absorption in den Lignin-Oxidationsprodukten

Die Klason-Methode besteht im Prinzip aus einer Behandlung mit Lösungsmitteln und einer daran anschließenden Lösung mit 72 % Schwefelsäure (THEANDER & WESTERLUND 1986). Lignin ist der unlösliche Rückstand. Die Klason-Methode wurde ursprünglich für die Holzanalyse entwickelt. Klason-Lignin-Werte sind bei Gräsern üblicherweise 2 – 4 mal höher als ADL-Werte und nur 30 % höher in Leguminosen (JUNG et al. 1997). Diese Autoren haben Klason-Lignin und ADL an einem bezüglich Species und Gehalt an Gerüstsubstanzen breit gestreuten Datenmaterial hinsichtlich deren Beziehung zur Verdaulichkeit der TM und NDF verglichen und festgestellt, dass beide

Analysenmethoden annähernd gleichwertig in der Vorhersage der Verdaulichkeit sind, obwohl die Ligninwerte sich deutlich unterscheiden. Die ADL-Methode besteht aus zwei Schritten. Bei der Präparation mit AD-Lösung (acid detergent, s. ADF) wird Protein durch CTAB und weitere Zellinhaltsstoffe sowie Hemizellulose durch Säure eliminiert. Der ADF-Rückstand wird mit 72 % Schwefelsäure drei Stunden behandelt und Zellulose dadurch gelöst. Der getrocknete, organische Rückstand (festgestellt durch Versäuerung) wird als ADLsa (sulfuric acid) bezeichnet. Wird Lignin indirekt bestimmt und durch K-Permanganat gelöst (ADLpm, permanganate), ergibt sich der Ligningehalt aus der Differenz ADF-Rückstand minus dem Kohlenhydratrest (VAN SOEST & WINE 1968). Die indirekten Differenzmethoden laufen Gefahr, dass bei der Oxidation des Lignins auch Nichtlignin-Kohlenhydrate (besonders Reste von Hemizellulosen und Pektin) gelöst werden. Andererseits werden bei der direkten Methode gewisse Komponenten des Lignins gelöst. Dadurch sind ADLpm-Werte etwa 20 % höher als ADLsa-Werte (VAN SOEST & WINE 1968). Die Differenz ADF minus ADL gibt den Gehalt an Zellulose an.

4. Anwendung der Gerüstsubstanzen in der Ernährung von Wiederkäuern

Nachfolgend werden einige wesentliche Aspekte der Wiederkäuer-Ernährung behandelt, welche die Kenntnis des Gehaltes an tatsächlicher Faser voraussetzen. Es geht hierbei um die Charakterisierung der Nährstoffe in Form von Kohlenhydrat- und Protein-Fractionen im Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS), die Quantifizierung der mikrobiellen Fermentation im Pansen (Rumen Submodel des CNCPS) und die Versorgung der Milchkühe mit Faser.

Anwendung der Detergenzien-Analyse im Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS)

Das Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) wurde in den 1990er Jahren von D.G. FOX und Mitarbeitern an der Cornell University (USA) entwickelt und besteht aus drei Modulen:

- Ruminale Fermentation (RUSSELL et al. 1992)
- Verfügbarkeit der Kohlenhydrate und des Proteins (SNIFFEN et al. 1992)
- Bedarf der Tiere und Rationsbewertung (FOX et al. 1992)

Das CNCPS wurde laufend weiter entwickelt, bisherige Modifikationen sind von FOX et al. (2004) und TYLUTKI et al. (2008) beschrieben. Das CNCPS ist ein mathematisches Modell, das einerseits den Bedarf der Tiere beschreibt und andererseits deren Nährstoffversorgung, und zwar unter Berücksichtigung des Leistungsniveaus und des physiologischen Status sowie der Zusammensetzung des Futters bzw. der Nährstoff-Fractionen. Das CNCPS verwendet Abbau- und Passage-Raten für Kohlenhydrate und Protein, um die Fermentation im Pansen, die mikrobielle Synthese

sowie die post-ruminale Absorption zu beschreiben. Daraus wird die Gesamtversorgung an umsetzbarer Energie und umsetzbarem Protein kalkuliert (FOX et al. 2004).

Fractionen der Kohlenhydrate und des Proteins: Das CNCPS geht davon aus, dass Futtermittel aus Kohlenhydraten, Protein, Fett, Asche und Wasser bestehen. Kohlenhydrate und Protein werden dabei in 4 bzw. 5 Fractionen unterteilt. Diese Unterteilung erfolgt auf der Grundlage unterschiedlicher Abbauraten einzelner Fractionen im Pansen. Mit „A“ gekennzeichnete Fractionen werden im Pansen vollständig und sofort abgebaut. Die Fractionen „B“ werden im Pansen von den Mikroben mit unterschiedlicher Geschwindigkeit abgebaut, während die Fraction „C“ im Pansen nicht abbaubar ist. Der tatsächliche, effektive Abbau der Fraction „B“ hängt entscheidend von deren Passagerate ab (SNIFFEN et al. 1992).

Die **Kohlenhydrate** (CHO) werden in Faser-CHO (FC) und Nichtfaser-CHO (NFC) unterteilt. Die Faser-CHO werden mit der Detergenzien-Methode (nach VAN SOEST) analysiert und bestehen aus Zellulose, Hemizellulose und Lignin. Die Faser-CHO werden in nicht-abbaubare (C) und abbaubare Faser (B₂) unterteilt. Die Nichtfaser-CHO werden als Differenz errechnet und bestehen aus Zucker (A) sowie der Fraction B₁ (Stärke und Pektin). Zuerst werden die CHO rechnerisch durch die Subtraktion Trockenmasse minus Rohprotein (XP), Rohfett (XL) und Rohasche (XA) errechnet. Die nicht-abbaubare Fraction C wird aus ADL × 2,4 ermittelt. Die verfügbare Fraction der FC (B₂, langsame Abbauraten) ergibt sich aus der Differenz FC minus Fraction C, wobei zusätzlich das an NDF assoziierte Zellwandprotein (NDIP = neutral detergent insoluble protein) abzuziehen ist. Die NFC errechnen sich aus der Differenz CHO minus FC. Die Fractionen B₁ (Stärke und Pektin) und A (Zucker und weitere lösliche CHO) können Tabellen bzw. Literaturdaten entnommen werden. Die Fraction A kann ebenfalls als Differenz (NFC minus B₁) errechnet werden. Die Kohlenhydrat-Fractionen werden wie folgt ermittelt (SNIFFEN et al. 1992):

$$\begin{aligned} \text{CHO} &= \text{TM} - (\text{XP} + \text{XL} + \text{XA}) \\ \text{C} &= \text{ADL} \times 2,4 \\ \text{B}_2 &= \text{NDF} - (\text{NDIP} + \text{C}) \\ \text{FC} &= \text{C} + \text{B}_2 \\ \text{NFC} &= \text{CHO} - \text{FC} \\ \text{B}_1 &= \text{XS} + \text{Pektin} \\ \text{A} &= \text{NFC} - \text{B}_1 \end{aligned}$$

Die Fractionierung der CHO wurde inzwischen verfeinert. LANZAS et al. (2007) unterscheiden dabei 8 Fractionen. Die erweiterte CHO-Fractionierung ermöglicht die Berücksichtigung der Silagequalität und der tatsächlichen Zusammensetzung der NFC-Fraction. Die NFC selbst bestehen aus mehreren Fractionen, die sich im Ausmaß und der Rate ihrer Fermentation unterscheiden, des Weiteren in ihren Fermentationsprodukten sowie in ihrem Beitrag zur mikrobiellen Proteinsynthese und damit letztlich zur Leistung der Tiere (NOCEK & TAMMINGA 1991, HALL & HEREJK 2001). Die Berücksichtigung dieser Fractionen erlaubt eine genauere Einschätzung der flüchtigen Fettsäuren und des pH-Wertes im Panseninhalt, der Versorgung

mit umsetzbarer Energie und umsetzbarem Protein sowie der Futteraufnahme.

4 A-Fractionen: A₁ = Flüchtige Fettsäuren, A₂ = Milchsäure, A₃ = weitere organ. Säuren, A₄ = Zucker

3 B-Fractionen: B₁ = Stärke, B₂ = lösliche Faser, B₃ = abbaubare NDF

1 C-Fraction: C = nicht-abbaubare NDF

Rohprotein wird in 5 Fractionen unterteilt, die unterschiedlichen Proteinabbauraten entsprechen (SNIFFEN et al. 1992). Zuerst wird das lösliche Protein (SolXP) mit einem Phosphat-Borat-Puffer ermittelt. Das darin enthaltene echte („fällbare“) Protein (B₁) wird durch Trichlor-Essigsäure präzipitiert. Der Rest ist NPN (Fraction A). Das in der ADF-Matrix enthaltene Protein (ADIP = acid detergent insoluble protein) wird als nichtverfügbares Protein betrachtet (Fraction C). NDIP (= neutral detergent insoluble protein) minus ADIP stellt das langsam abbaubare Protein dar. Die Fraction B₂ (mittlere Proteinabbaurate) wird als Differenz zum Rohprotein ermittelt. Die Analyse dieser Protein-Fractionen ist bei KRISHNAMOORTHY et al. (1982) sowie LICITRA et al. (1996) beschrieben (Abbildung 4).

Rohprotein = Kjehldal-N × 6,25

$$\text{SolXP} = \text{A} + \text{B}_1$$

$$\text{A} = \text{SolXP} - \text{B}_1 \quad [\text{NPN}]$$

$$\text{B}_1 = \text{SolXP} - \text{A} \quad [\text{Albumin, Globulin}]$$

$$\text{C} = \text{ADIP}$$

$$\text{B}_3 = \text{NDIP} - \text{ADIP} \quad [\text{Extensin, Prolamin}]$$

$$\text{B}_2 = \text{XP} - (\text{A} + \text{B}_1 + \text{B}_3 + \text{C}) \quad [\text{Glutelin}]$$

Aus den NPN-Verbindungen (Ammoniak, Aminosäuren und Peptide) entsteht im Pansen entsprechend rasch Ammoniak. Besonders in Silagen liegt SolXP mehr oder weniger vollständig als NPN vor, d.h. in der Fraction A. Die Fraction B wird entsprechend ihrer Abbauraten dreifach unterteilt (B₁, B₂, B₃ = hohe, mittlere, niedrige Abbauraten). Konserviertes Grobfutter (Silage und Heu) enthält eher geringere Anteile des Proteins in Form von B₁, frische Grünfütter und Kraftfütter dagegen mehr. Die Fraction B₁ wird im Pansen vollständig abgebaut. Das nicht-abbaubare, gebundene Protein (Fraction C) ist in Säure-Detergenzien-Lösung (AD-Lösung) nicht löslich (ADIP = acid detergent insoluble).

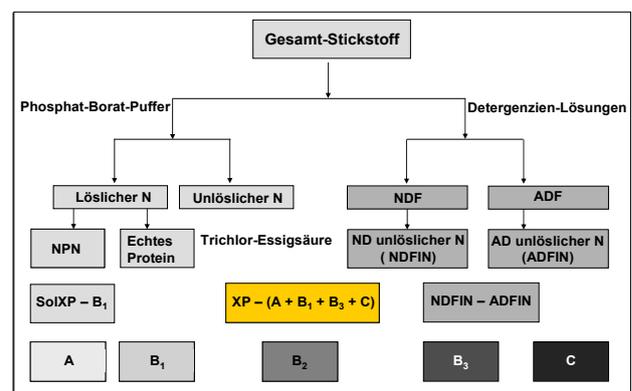


Abbildung 4: Schema der Rohprotein-Fractionierung nach dem Cornell Net Carbohydrate and Protein System (nach KRISHNAMOORTHY et al. 1982, LICITRA et al. 1996)

ble protein). Die Fraktion C enthält an Lignin assoziiertes Protein, Tannin-Protein-Komplexe und Maillard-Produkte. Diese ist weder durch mikrobielle noch durch Wirbeltier-Enzyme zu spalten, ist also im Pansen nicht-abbaubar und liefert auch im unteren Verdauungstrakt keine Aminosäuren. Die Fraktion B₃ ist löslich in AD-Lösung, jedoch nicht in Neutral-Detergenzien-Lösung (ND-Lösung; NDIP = neutral detergent insoluble protein). Sie ergibt sich aus der Differenz NDIP minus ADIP. Die Fraktion B₃ wird im Pansen langsam abgebaut, da dieses Protein an die Zellwand gebunden ist (vor allem Extensin). Daher entgeht ein großer Teil der Fraktion B₃ der Fermentation und gelangt in den nachgeschalteten Verdauungstrakt. Die Protein-Fraktion B₂ wird rechnerisch ermittelt, und zwar aus der Differenz des gesamten Proteins minus dem löslichen Protein sowie dem in der NDF enthaltenen Protein ($B_2 = XP - [A + B_1 + B_3 + C]$). Ein Teil von B₂ wird im Pansen fermentiert, ein Teil entgeht der Fermentation und gelangt in tiefere Abschnitte des Verdauungstraktes. Dies hängt vom Verhältnis der Abbauraten zur Passagerate ab (SNIFFEN et al. 1992).

Der effektive Abbau der einzelnen Kohlenhydrat- und Protein-Fractionen im Pansen wird im CNCPS nach dem Modell von WALDO et al. (1972) kalkuliert. Dieses Modell besagt, dass die Nährstoffe den Pansen entweder durch Fermentation oder durch Passage verlassen (RUSSELL et al. 1992, SNIFFEN et al. 1992). Der effektive Abbau (deg, degradability) errechnet sich aus den relativen Raten der Fermentation (k_f) und der Passage (k_p) entsprechend der Formel:

$$\text{deg} = k_f / (k_f + k_p)$$

Wenn also k_f und k_p gleich groß sind, ergibt sich eine effektive Abbaubarkeit von 50 %, unabhängig von der Höhe der Raten (z.B. $0,07 / [0,07 + 0,07] = 0,50$). Wenn k_f groß ist (in den Fraktionen A und B₁), wird ein hoher Anteil dieses Nährstoffs abgebaut, weil die Passage k_p nicht stark ins Gewicht fällt (z.B. $0,15 / [0,15 + 0,07] = 0,68$). Umgekehrt entgeht bei niedriger Abbauraten k_f (Fraktion B₂) ein großer Teil der Fermentation, da die Passage k_p relativ stärker wirkt als die Fermentation (z.B. $0,03 / [0,03 + 0,07] = 0,30$). Die Passagerate hängt ab von der Partikelgröße, Dichte und Hydratation. Die Passagerate wird für Grobfutter, Kraftfutter und Flüssigkeit getrennt mit Formeln errechnet, wobei Futteraufnahme und der Grobfutteranteil eine große Rolle spielen. Mit steigender Futteraufnahme erhöht sich die Passagerate und sinkt folglich die effektive Abbaubarkeit. So wird die mit steigendem Futterniveau einhergehende Verminderung der Energiekonzentration berücksichtigt (GfE 2001, NRC 2001).

Ruminale Fermentation: Das CNCPS verfügt über ein kinetisches Submodell, das die Fermentations-Endprodukte (ME aus den flüchtigen Fettsäuren, Mikrobenprotein und NH₃) und die unabgebauten Nährstoffe (Kohlenhydrate, Protein) quantitativ ermittelt (RUSSELL et al. 1992). Es teilt das mikrobielle Ökosystem des Pansens in zwei Gruppen: (1) Mikroben, die FC (Zellulose, Hemizellulose) fermentieren und (2) Mikroben, die NFC (Stärke, Pektin, Zucker) bevorzugt fermentieren. Diese beiden Gruppen unterscheiden sich einerseits in den Nährstoffen, die sie abbauen bzw. Substraten, die sie nutzen (FC, NFC), an-

dererseits auch in der N-Verwertung und der Wachstums-Effizienz. Die FC-Bakterien verwenden ausschließlich NH₃ als N-Quelle und fermentieren keine Peptide oder Aminosäuren. Dagegen verwerten NFC-Bakterien neben NH₃ auch Peptide und Aminosäuren. Die FC-Bakterien wachsen langsam und haben einen geringeren Substratbedarf für ihre Erhaltung (0,05 g CHO pro g Bakterien pro Stunde). Die NFC-Bakterien wachsen rascher und haben einen höheren Erhaltungsbedarf (0,15 g CHO pro g Bakterien pro Stunde). Wenn ausreichend Stickstoff in geeigneter Form vorhanden ist, ist die Wachstumsrate beider Bakterien-Gruppen proportional der Abbauraten der Kohlenhydrate. Daraus erklären sich auch ihre unterschiedlichen Wachstumsraten. Die NFC werden wesentlich rascher fermentiert als die FC (VAN SOEST et al. 1991, SNIFFEN et al. 1992). Die Wachstums-Effizienz der FC-Bakterien ist höher gegenüber den NFC-Bakterien, da ihr Erhaltungsbedarf geringer ist (VAN SOEST et al. 1991). Bei sehr geringen Wachstumsraten ist der Erhaltungsanteil relativ hoch, sodass eine geringere Nährstoffeffizienz und damit geringere Mikrobenmasse zu erwarten ist. In solchen Fällen wird ein großer Teil der Energie für Nichtwachstums-Funktionen aufgewendet, wie auch von Tieren bekannt ist. Der mikrobielle Ertrag bzw. die Synthese mikrobieller Masse ist nach Untersuchungen von ISAACSON et al. (1975) maximal 50 %, d.h. 0,5 g Mikrobenmasse pro g fermentierter CHO. Da Protozoen im CNCPS-Modell nicht berücksichtigt werden, wird der maximale Mikrobenenertrag um 20 % auf 0,4 g pro g fermentierter CHO verringert (RUSSELL et al. 1992). Die mikrobielle Syntheseleistung ist geringer, wenn ungünstige pH-Verhältnisse vorliegen (pH-Wert < 6,3). Dies wird über den NDF-Gehalt aus Grobfutter geschätzt. Bei NDF-Gehalten aus Grobfutter < 20 % wird der Mikrobenenertrag pro NDF-Prozent < 20 % um 2,5 % reduziert. Dagegen verbessert sich die mikrobielle Leistung der NFC-Bakterien um bis zu 18,7 %, wenn Stickstoff in Form von Peptiden oder Aminosäuren vorliegt (bis zu einem Aminosäuregehalt von 14 % der organischen Masse). Die mikrobielle Leistung wird im CNCPS nach dem doppelt reziproken Modell von PIRT (1965) errechnet (RUSSELL et al. 1992, FOX et al. 2004):

$$1 / \text{Effizienz} = (\text{Erhaltung} / \text{Wachstumsrate}) + (1 / \text{theoretisch maximale Leistung})$$

$$\text{Effizienz} = 1 / [(\text{Erhaltung} / \text{Wachstumsrate}) + (1 / \text{theoretisch maximale Leistung})]$$

$$\text{Effizienz} = \text{Wachstumseffizienz} \quad (\text{g Bakterienzellen pro g fermentierter CHO})$$

$$\text{Erhaltung} = \text{Erhaltungsbedarf der Bakterien}$$

$$\text{FC} = 0,05 \text{ g fermentierte CHO pro g Bakterien pro Stunde}$$

$$\text{NFC} = 0,15 \text{ g fermentierte CHO pro g Bakterien pro Stunde}$$

$$\text{theoretisch maximale Leistung der Bakterien} = 0,40$$

$$(0,50 \times 0,8 = 0,40 \text{ g Bakterienzellen pro g fermentierter CHO})$$

Dieses Modell berücksichtigt die Tatsache, dass auch Bakterien einen Teil ihrer Energie für Nichtwachstums-Funktionen aufwenden müssen. Dieser Aufwand entspricht dem Erhaltungsbedarf von tierischen Zellen und dient dem Erhalt der Zellintegrität (RUSSELL & COOK 1995). Der Erhaltungsanteil ist umso höher und die Wachstums-

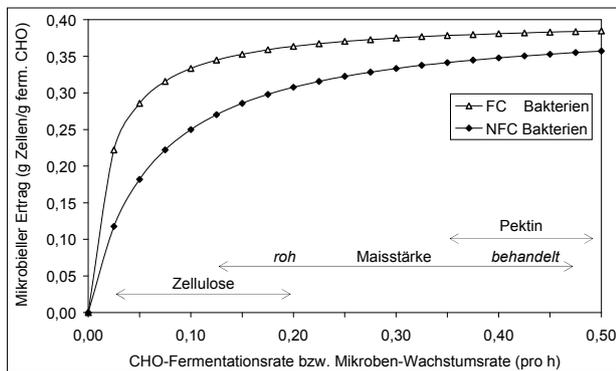


Abbildung 5: Einfluss der Kohlenhydrat-Fermentationsrate bzw. Wachstumsrate auf den Ertrag an Mikroorganismen-Masse im CNCPS (nach RUSSELL et al. 1992)

Effizienz umso niedriger, je geringer die Wachstumsraten (d.h. Abbauraten der CHO) sind. Auf Grund des niedrigeren Erhaltungsbedarfs der FC-Bakterien weisen diese immer eine höhere Wachstums-Effizienz auf. Dies gilt ganz besonders im Bereich niedriger Abbauraten der CHO. Bei einer Fermentationsrate von 5 % erreichen FC-Bakterien 71 % und NFC-Bakterien nur 45 % ihrer theoretisch maximalen Leistung von 0,40 g pro g CHO, bei einer Fermentationsrate von 20 % dagegen 91 bzw. 77 % (Abbildung 5). Allerdings unterscheiden sich FC und NFC grundsätzlich in ihren Abbauraten (VAN SOEST et al. 1991). Gegenüber anderen Modellen zeichnet sich das CNCPS dadurch aus, dass die mikrobielle Leistung von der tatsächlich im Pansen fermentierten Masse an Kohlenhydraten abhängt und nicht von der Gesamtverdaulichkeit oder Energieaufnahme (ME), welche die Versorgung des Wirtstieres und nicht der Mikroben beschreiben. Des weiteren wird die mikrobielle Wachstums-Effizienz nicht als konstant angenommen, sondern wird mit der Wachstumsrate (d.h. Abbaurate der CHO) und mit dem Erhaltungsbedarf der Mikroben verknüpft. Schließlich ist die Unterscheidung in FC- und NFC-Bakterien sehr bedeutsam, da sich diese nicht nur in ihren Substraten unterscheiden, sondern auch in ihrem Erhaltungsbedarf, ihrer Wachstumsrate und ihren N- bzw. Protein-Ansprüchen. Über die mikrobielle Syntheseleistung sowie die Abbauraten der Kohlenhydrate und des Proteins wird die N-Bilanz des Pansens kalkuliert. Schließlich sind diese Abbauraten des Futters nicht fix, sondern verändern sich in Abhängigkeit von der Futteraufnahme und Ingesta-Passage. Damit ist das CNCPS ein dynamisches Modell, das den tatsächlichen Verdauungsabläufen weitestgehend entspricht (RUSSELL et al. 1992).

Versorgung und Bedarf der Milchkuhe an Faser

Die NDF wird heute als der geeignetste Parameter zur Charakterisierung von Faserstoffen angesehen, da die NDF die wichtigsten Zellwandbestandteile (Zellulose, Hemizellulose und Lignin) enthält und somit die Unterteilung der Kohlenhydrate in Struktur- und Nichtstruktur-Kohlenhydrate (FC, NFC) ermöglicht (NRC 2001). Die große Herausforderung in der Fütterung hochleistender Milchkuhe ist, sowohl den Energiebedarf zu decken als auch den Pansen ausreichend

mit Faserstoffen zu versorgen, um eine normale, stabile Pansenfunktion zu ermöglichen. Darunter ist die Wiederkautätigkeit zu verstehen, welche die Bildung von Speichel bewirkt und somit über dessen Puffersubstanzen den pH-Wert im Panseninhalt steuert. Aufgrund der begrenzten Futteraufnahme Kapazität sind Rationen für Hochleistungskühe reich an hochverdaulichen Nichtfaser-Kohlenhydraten (NFC), deren Fermentation im Pansen zu großen Mengen an Propionsäure mit starker Säurewirkung führt. Dagegen verläuft die Fermentation der NDF langsamer und auch in geringerem Ausmaß (NRC 2001). Der Gehalt an Faser und die Energiekonzentration sind negativ korreliert. Außerdem kommt der Faser eine wichtige Funktion bei der Schichtung des Panseninhaltes zu (Matte von größeren Partikeln, die auf der Flüssigkeit mit kleinen Partikeln schwimmt, MERTENS 1997). Ein Mindestgehalt an Faser von geeigneter Qualität und physikalischer Form ist insbesondere erforderlich für eine:

- maximale Futter- und Energieaufnahme
- normale Pansenfermentation
- günstige Milchfettsynthese
- Prophylaxe von Gesundheitsstörungen nach der Abkalbung (= Hochlaktation)

Der Bedarf an Faser wird beeinflusst vom Leistungsniveau, der Beschaffenheit der Faser, deren Partikelgröße und Größenverteilung, der Höhe der Futteraufnahme, dem spezifischen Gewicht, der Pufferkapazität des Futters und der Fütterungsfrequenz. Wird ein kritischer Wert an strukturwirksamer Faser unterschritten, vermindert sich die Kauzeit und in der Folge die Speichelsekretion. Dadurch sinkt der pH-Wert und das Acetat/Propionat-Verhältnis, was zu einem Abfall des Milchfettgehaltes führt (NRC 1989). Der Mindestgehalt an NDF in der Ration leitet sich hauptsächlich von der Gesundheit des Pansens und der Kuh ab. Kurzfristig äußert sich ein zu niedriger Fasergehalt in subakuter Azidose (KLEEN et al. 2003, KRAUSE & OETZEL 2006) oder akuter Azidose (SLYTER 1976, OWENS et al. 1998). Langfristig führt eine unzureichende Faserversorgung evtl. auch zu Klauenproblemen (NOCEK 1997, STONE 2004) und zu Labmagenverlagerungen (SHAVER 1997). Der Gehalt an NDF und der pH-Wert des Panseninhaltes sind negativ korreliert, da die NDF (aus Grobfutter) einerseits strukturwirksam ist und die Speichelsekretion fördert. Andererseits wird die NDF langsamer und weniger fermentiert als die NFC (NRC 2001). Für typische Hochleistungsrationen in den USA (Fütterung als TMR, ausreichende Partikelgröße des Grobfutters, getrockneter Maisschrot als Kraftfutter) gibt NRC (2001) einen Mindestgehalt der NDF von 25 % in der TM und einen Höchstgehalt an NFC von 44 % in der TM an, unter der Voraussetzung, dass von den 25 % der NDF 19 Prozentpunkte aus dem Grobfutter kommen.

NDF: ≥ 25 % in der TM
(dabei 19 Prozentpunkte aus dem Grobfutter)

NFC: ≤ 44 % in der TM

Wird dieser Wert an Grobfutter-NDF unterschritten, so erhöht sich der Mindestgehalt an NDF (in der TM) pro Prozentpunkt um 2 % und vermindert sich der Höchstgehalt an NFC um ebenfalls 2 % (s. Tabelle 2). Diese Grenzwerte

Tabelle 2: Empfehlungen zum Mindestgehalt an NDF (% der TM) und zum Höchstgehalt an NFC¹⁾ (% der TM) in Abhängigkeit vom NDF-Beitrag des Grobfutters (NRC 2001)

NDF aus Grobfutter	min. NDF-Gehalt	max. NFC-Gehalt
19	25	44
18	27	42
17	29	40
16	31	38
15	33	36

¹⁾ NFC = 100 – NDF – XP – XL – XA

an NDF sind das absolute Minimum, jedoch nicht das Optimum für die Milchkuh. Ein höherer Bedarf an NDF ist besonders in Situationen gegeben, wenn Kraftfutter mit geringerer Stärkebeständigkeit gefüttert wird, das Grobfutter eine geringe Partikelgröße (Faserlänge) aufweist, von Grobfutter weniger als 19 Prozentpunkte NDF kommen und die Ration nicht als TMR, sondern die verschiedenen Einzelfuttermittel getrennt verabreicht werden (s. *Tabelle 2*).

Um die Auswirkungen einer unterschiedlichen Faserversorgung der Milchkuh zu beschreiben, wurden verschiedene Parameter herangezogen, und zwar die Kauaktivität, der Milchfettgehalt und der pH-Wert im Panseninhalt. Umfangreiche Untersuchungen zum Einfluss der Futtermittel auf die Kauaktivität wurden von BALCH (1971), SUDWEEKS et al. (1981) und NØRGAARD (1986) sowie NØRGAARD et al. (2008) unternommen. Aus einer Literaturliteraturauswertung hat MERTENS (1997) eine Kauaktivität von etwa 200 bis 230 min pro kg NDF aus langem Grobfutter ermittelt, wobei sich diese Kauaktivität mit steigender Futteraufnahme vermindert (158 min bei 17,6 kg TM). Das von DE BRABANDER et al. (1999, 2002) entwickelte System zur Bewertung der physikalischen Struktur in der Milchviehfütterung beruht auf der Reaktion des Milchfettgehaltes auf eine unzureichende Strukturversorgung, die mit Rohfaser bzw. NDF charakterisiert wird. Der pH-Wert im Panseninhalt bzw. seine postprandialen und diurnalen Variationen spiegeln sehr zutreffend die Faserversorgung wider (ALLEN 1997). Die von DE BRABANDER et al. (1999, 2002) entwickelte nähere Charakterisierung und Bewertung der Faserversorgung wurde u.a. von MEYER et al. (2002) auf ihre Eignung in der Fütterung von Hochleistungskühen (Grassilage als Grundfutter) geprüft. Dabei ergab sich für Rationen mit Grassilage als alleinigem Grundfutter allgemein eine Überschätzung der „Strukturwirksamkeit“, wenn die Wiederkauzeit, pH-Wert-Schwankungen im Panseninhalt und die Reaktion des Milchfettgehaltes als Bewertungskriterien herangezogen wurden.

Allerdings ist der chemisch festgestellte Gehalt an NDF nicht ausreichend, die Strukturwirksamkeit zu beschreiben, d.h. deren Einfluss auf die Kauaktivität, Speichelsekretion und somit den pH-Wert im Panseninhalt. Darüber entscheiden zusätzlich physikalische Eigenschaften wie Partikelgröße und Dichte in hohem Ausmaß. Für diese Charakteristika hat MERTENS (1997) den Begriff „physikalische Effizienz“ (peNDF, physically effective NDF) geprägt. Diese Eigenschaften bestimmen in hohem Maße die Tiergesundheit, ruminale Fermentation, den intermediären Stoffwechsel und die Produktion an Milchfett. Auf

der Basis von umfangreichen Literaturdaten hat MERTENS (1997) Werte für die physikalische Effizienz (pef, physical effectiveness factor) ermittelt, wobei die Kauaktivität von langem Gräserheu als Standard mit dem Faktor 1 dient. Je nach Grobfutterklasse (Heu, Silagen) bzw. botanischer Herkunft (Gräser, Leguminosen, Silomais) und physikalischer Form (Zerkleinerungsgrad wie lang, gehäckselt, gemahlen etc., d.h. Häcksellänge) erhalten die Kategorien pef-Werte relativ zu 1, d.h. Werte zwischen 1 und 0. Der Gehalt an peNDF errechnet sich aus pe-Faktor mal NDF-Gehalt. Der physikalisch effektive Anteil der NDF wird sehr häufig mit dem Penn State Particle Separator (PSPS, sog. „Schüttelbox“) ermittelt (LAMMERS et al. 1996, KONONOFF et al. 2003, YANG & BEAUCHEMIN 2006). Die von KONONOFF et al. (2003) entwickelte Form der Schüttelbox besteht aus drei Sieben mit einer Öffnungsweite von 19,0, 8,0 und 1,8 mm.

Der Bedarf an Faser wird häufig von der Aufrechterhaltung eines bestimmten Milchfettgehaltes abgeleitet (MERTENS 1997, DE BRABANDER et al. 1999, 2002). Dafür sprechen Gründe wie wirtschaftliche Bedeutung, einfache Messung und der physiologisch begründete Zusammenhang zum Wohlbefinden und zur Leistung. Allerdings kann die Gesundheit durch zu niedrigen Fasergehalt auch bei noch normalen Milchfettgehalten beeinträchtigt sein, sodass der pH-Wert im Pansenchymus als der physiologisch aussagekräftigere Parameter anzusehen ist (MERTENS 1997). SUDWEEKS et al. (1981) und NØRGAARD (1986) haben ermittelt, dass bei einer Kauaktivität von 30 min pro kg TM der Gesamtration normale Milchfettgehalte eher gesichert sind. MERTENS (1997) hat den Bedarf an peNDF auf der Grundlage einer Meta-Analyse von Literaturdaten abgeleitet, und zwar auf der Basis des Milchfettgehaltes und des pH-Wertes im Panseninhalt.

In *Abbildung 6* sind die Beziehungen zwischen peNDF-Gehalt (% der TM) und dem Milchfettgehalt (%) bzw. dem pH-Wert im Panseninhalt aus dieser Meta-Analyse dargestellt, die mit einem reziproken Regressionsmodell durchgeführt wurde. Das Intercept besagt, dass in diesem Datenmaterial das asymptotische Plateau des Milchfettgehaltes 4,32 % und des pH-Wertes im Pansen 6,67 beträgt, diese Werte also durch Steigerung des Gehaltes an physikalisch effektiver NDF nicht mehr zu erhöhen sind. Die Festlegung des Bedarfs an Faser kann aber nicht über einen exakten Wert erfolgen, sondern hängt davon ab, welcher Milchfettgehalt bzw. pH-Wert im Panseninhalt als untere Grenze angesehen bzw. festgelegt wird. Das reziproke Regressionsmodell ergibt einen starken Anstieg des Milchfettgehaltes bzw. des pH-Wertes im Panseninhalt mit steigendem peNDF-Gehalt im Bereich niedriger peNDF-Gehalte, der sich mehr und mehr abschwächt bei hohen peNDF-Werten. Um Milchfettgehalte von 3,2, 3,4, 3,6 bzw. 3,8 % zu erreichen, sind nach der Formel (1) in *Abbildung 6* peNDF-Gehalte von 15,3, 18,6, 23,7 bzw. 32,9 % erforderlich. MERTENS (1997) gibt an, dass ein Milchfettgehalt von 3,4 % ein geeigneter Indikator für den Mindestgehalt an peNDF sei, dies wären in der vorliegenden Meta-Analyse 18,6 % peNDF. Nach dem gleichen Prinzip wurde auch die Beziehung zwischen peNDF und

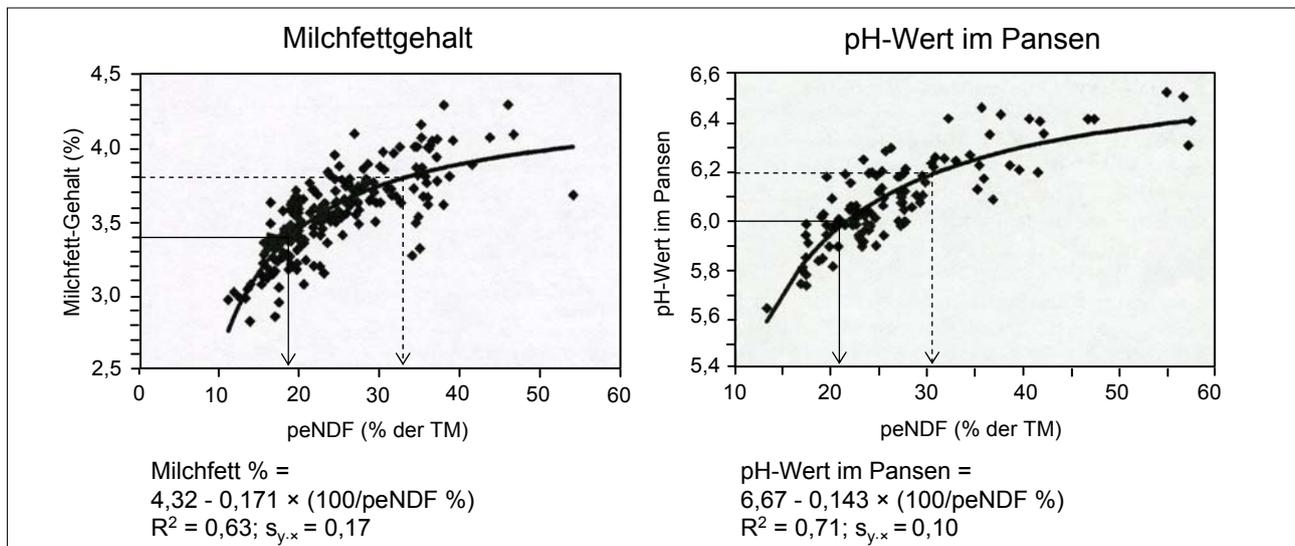


Abbildung 6: Einfluss des Gehaltes an peNDF auf den Milchfettgehalt bzw. den pH-Wert im Panseninhalt (nach MERTENS 1997)

pH-Wert im Pansenchymus analysiert. Diese Beziehung erreichte ein asymptotisches Plateau von pH = 6,67. Die reziproke Regression führt zu einer starken Erhöhung des pH-Wertes bei niedrigem peNDF-Gehalt und vice versa, d.h. der pH-Wert reagiert bei niedrigem Fasergehalt besonders sensibel. Die Regressionsgleichung (2) ergibt pH-Werte von 5,9, 6,0, 6,1 bzw. 6,2 bei peNDF-Gehalten von 18,6, 21,3, 25,1 bzw. 30,4 % der TM. Auch aus dieser Beziehung kann kein absoluter Bedarf an Faser abgeleitet werden, da neben der physikalischen Effizienz der Faser vor allem der Gehalt an NFC, die Verarbeitung des Getreides, die Zufütterung von Puffern und die Futteraufnahme den pH-Wert bestimmen. MERTENS (1997) hält jedoch fest, dass bei einem pH-Wert von 6,0 ein höherer peNDF-Gehalt erforderlich ist als bei einem Milchfettgehalt von 3,4 % (21,3 vs. 18,6 % peNDF).

ZEBELI et al. (2008) haben über das peNDF-System hinaus – ebenfalls auf Basis einer Meta-Analyse umfangreicher Literaturdaten – einerseits den Schwellenwert für die subakute Pansenazidose (SARA) definiert, nämlich einen mittleren pH-Wert im Panseninhalt von < 6,16 und zugleich darf der pH-Wert < 5,8 den Zeitraum von 5,24 Stunden pro Tag nicht überschreiten (Tabelle 3). Andererseits wurde auch der Bedarf an peNDF aus dem Verlauf des pH-Wertes in Abhängigkeit vom peNDF-Gehalt über ein broken line-Modell abgeleitet. Das asymptotische Plateau des pH-Wertes von 6,27 wurde bei einem Gehalt von

Tabelle 3: Abgrenzung normaler pH-Werte im Pansen von subakuter Pansenazidose (ZEBELI et al. 2008)

pH-Wert im Pansen	Mittelwert	untere Grenze	obere Grenze
Tagesmittelwert			
Normale Fermentation	6,32	6,16	6,49
Subakute Azidose	5,98	5,82	6,14
Dauer pH < 5,8 (h/d)			
Normale Fermentation	2,98	1,62	5,24
Subakute Azidose	9,02	5,47	15,54

Metaanalyse: 45 experiments, 187 treatment means

31,2 % peNDF erreicht (Abbildung 7) und ist damit deutlich höher als der von MERTENS (1997) angegebene Wert von 18,6 – 21,3 %. Der wichtigste Grund für diese Diskrepanz liegt am Schwellenwert für das Auftreten der SARA. Wird im Modell von MERTENS (1997) ein kritischer pH-Wert von 6,16 wie bei ZEBELI et al. (2008) und nicht von 6,0 eingesetzt, so ergibt sich ein peNDF-Bedarf von 28,0 %, was sich nicht allzu sehr von den o.g. 31,2 % unterscheidet. Neben dem Gehalt an peNDF sind jedoch auch der Gehalt an pansen-abbaubarer Stärke und das Niveau der Futteraufnahme von erheblicher Bedeutung, wenn es um die Höhe des pH-Wertes im Panseninhalt geht, wie aus folgender Formel (ZEBELI et al. 2008) erkennbar wird:

$$\text{pH} = 6,05 + 0,044 \times \text{peNDF} - 0,0006 \times \text{peNDF}^2 - 0,017 \times \text{RDSG} - 0,016 \times \text{DMI}$$

$$R^2 = 0,66; \text{RMSE} = 0,11$$

pH = mittlerer pH-Wert im Panseninhalt

peNDF = physikalisch effektive NDF (% der TM, ermittelt mit Schüttelbox nach KONONOFF et al. 2003)

RDSG = rumen degradable starch from grain, pansen-abbaubare Stärke aus Getreide (% der TM)

DMI = dry matter intake, Trockenmasse-Aufnahme (kg/d)

Aus dieser Gleichung und unter Berücksichtigung des Zeitraumes eines im Panseninhalt herrschenden pH-Wertes von < 5,8 haben STEINGASS & ZEBELI (2008) die erforderlichen peNDF-Gehalte in Abhängigkeit von Futteraufnahme

Tabelle 4: Erforderliche Gehalte an peNDF (% der TM) in Abhängigkeit von der täglichen Futteraufnahme (kg TM/Tier) und dem Gehalt an pansen-abbaubarer Stärke (% der TM) (STEINGASS & ZEBELI 2008)

Abbaubare Stärke (% TM)	Futteraufnahme (kg TM/d)				
	18	20	22	24	26
10	28,5	29,2	29,9	30,7	31,4
14	30,0	30,8	31,5	32,2	32,9
18	31,6	32,3	33,0	33,8	34,5
22	33,1	33,8	34,6	35,3	36,0

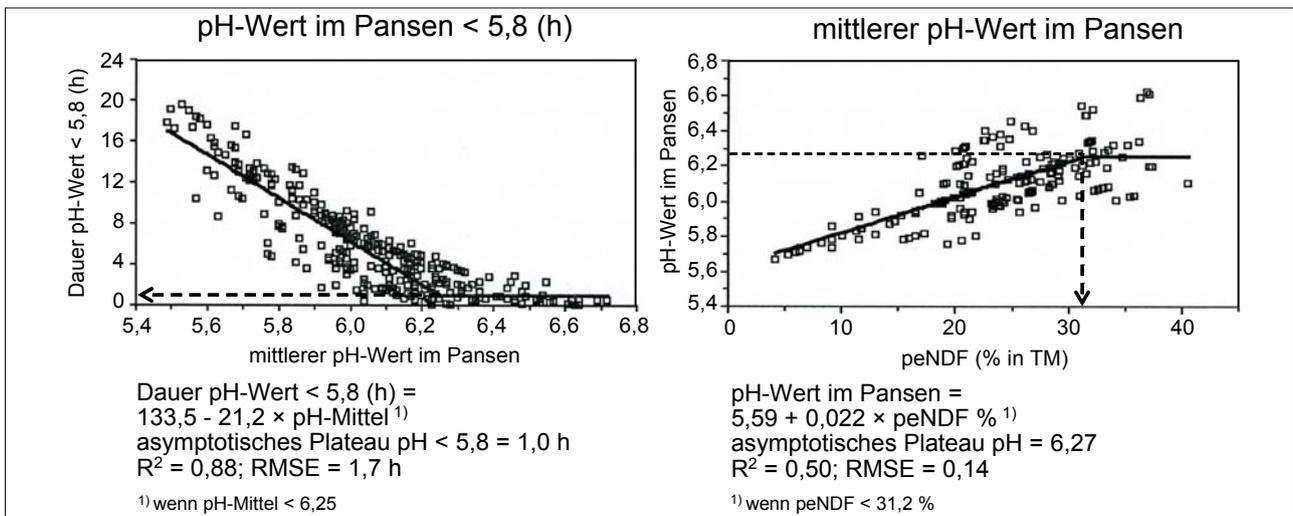


Abbildung 7: Beziehung zwischen mittlerem pH-Wert und Dauer pH-Wert < 5,8 sowie Einfluss von peNDF auf pH-Wert im Pansen (nach ZEBELI et al. 2008)

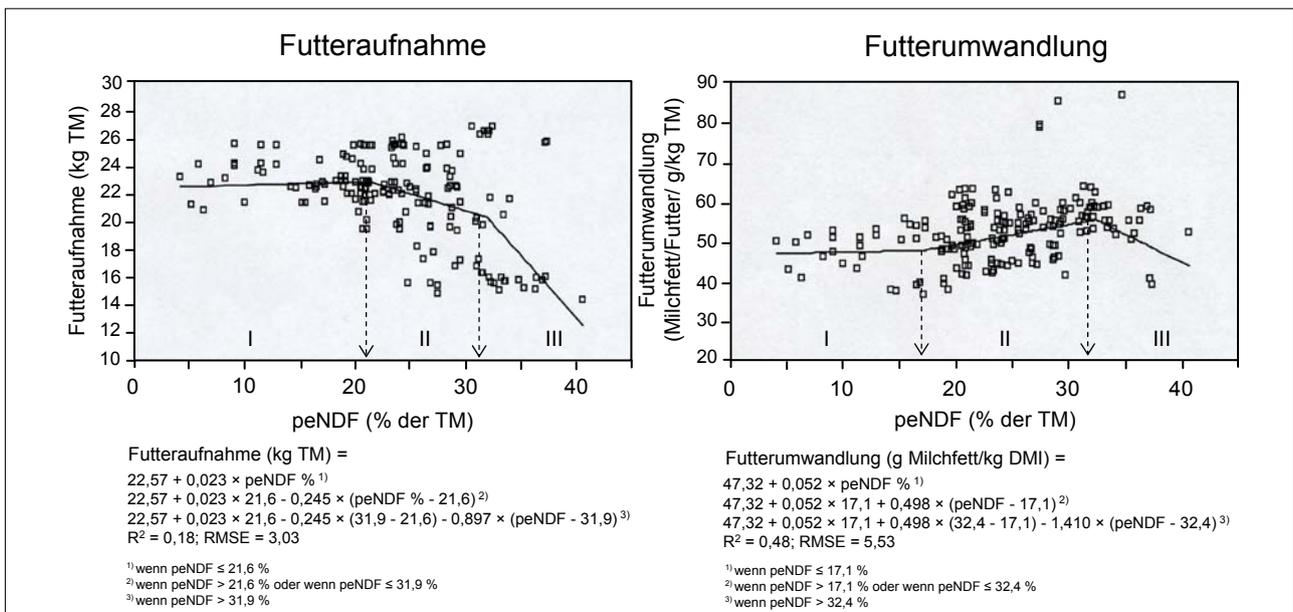


Abbildung 8: Einfluss des Gehaltes an peNDF auf Futteraufnahme und Futterumwandlung (nach ZEBELI et al. 2008)

und Gehalt an pansen-abbaubarer Stärke abgeleitet, um einen mittleren pH-Wert von 6,27 zu erreichen (Tabelle 4). Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl bei steigender Futteraufnahme als auch bei höheren Gehalten der Ration an pansen-abbaubarer Stärke ein höherer Bedarf an peNDF gegeben ist, da eine höhere Menge an fermentierbarer Substanz anfällt, sei es durch erhöhte Futteraufnahme oder durch höhere Gehalte an fermentierbarer Stärke. Es ergeben sich Werte von 28 bis 36 % peNDF (STEINGASS & ZEBELI 2008). Allerdings können höhere NDF-Gehalte in der Gesamration die Futteraufnahme eher negativ beeinflussen. MERTENS (1994) hat eine maximale Aufnahme von 12,5 g NDF pro kg Körpermasse ermittelt. Dies ist die Grenze, ab der die Futteraufnahme physikalisch durch die Aufnahmekapazität des Pansens („rumen fill“) reguliert wird. Dagegen wird die Futteraufnahme bei geringem NDF-

Gehalt (d.h. hoher Energiekonzentration) physiologisch über den Energiebedarf gesteuert (NDF-NEL intake system nach MERTENS 1994).

ZEBELI et al. (2008) haben den Einfluss des peNDF-Gehaltes der Ration auch hinsichtlich der Futteraufnahme und Futterumwandlung ausgewertet und dabei drei Wertebereiche festgestellt (Abbildung 8). Die Futteraufnahme steigt bis zu einem peNDF-Gehalt von 21,6 % leicht an. Von 21,6 bis 31,9 % peNDF ist ein leichter Abfall ersichtlich, darüber hinaus geht die Futteraufnahme stark zurück. Dies stimmt mit dem Futteraufnahme-Modell von MERTENS (1994) überein. Es bedeutet aber auch, dass zwischen pansenphysiologisch optimalem Fasergehalt und der für die Energieversorgung der Kuh erforderlichen Energiekonzentration nur ein enger Bereich besteht und die Fütterung

von hochleistenden Kühen nur mit Grobfutter von hoher Qualität möglich ist (STEINGASS & ZEBELI 2008).

Der Zusammenhang von peNDF-Gehalt und Futterumwandlung ist ein Spiegelbild der Beziehung zur Futteraufnahme mit sehr ähnlichen Abschnittsgrenzen. Bis zu einem peNDF-Gehalt von 17,1 % verläuft die Futterumwandlung (g Milchfett pro kg TM Futter) unabhängig vom Fasergehalt. Sie verbessert sich zwischen 17,1 und 32,4 %. Ab 32,4 % peNDF verschlechtert sich allerdings die Futterumwandlung deutlich, da sichtlich die Futteraufnahme und noch stärker die Milchleistung ab diesen Fasergehalten zurückgehen. Mit einer solchen Ration ist folglich der Energiebedarf von hoch leistenden Kühen nicht vollständig zu decken. Allerdings haben ZEBELI et al. (2008) aus dem vorliegenden Datenmaterial auch abgeleitet, dass die Verdaulichkeit der NDF mit steigendem pH-Wert im Panseninhalt zunimmt. Der für hohe Milchleistungen erforderliche niedrige Gehalt an peNDF bedeutet also auch zugleich, dass – infolge niedrigeren pH-Wertes – mit einer geringeren Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen zu rechnen ist.

Unter Berücksichtigung aller dieser Aspekte wie pH-Wert im Panseninhalt, Risiko für eine SARA, Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen, Futteraufnahme, Milchfettgehalt und Milchleistung sowie Futterumwandlung kommen ZEBELI et al. (2008) zum Schluss, dass sich der peNDF-Gehalt einer Ration für hochleistende Kühe zwischen 30 und 33 % der TM bewegen sollte.

5. Fazit

Die Ausführungen zeigen, dass die Analyse der Gerüstsubstanzen nach der Detergenzien-Methode einen wesentlichen Fortschritt darstellt, da sie die Auftrennung der Kohlenhydrate in Faser- und Nichtfaser-Kohlenhydrate ermöglicht. Diese exakte Trennung ist in der Ernährung der Wiederkäuer von großer physiologischer Bedeutung. Dagegen werden bei der Rohfaser-Bestimmung – bedingt durch nicht geeignete Lösungsmittel – gewisse Anteile der Gerüstsubstanzen (Hemizellulose und Teile des Lignins) gelöst und dadurch fälschlicher Weise den N-freien Extraktstoffen (d.h. Nichtfaser-Kohlenhydraten) zugeordnet. Die Umrechnung von Rohfaser in Gerüstsubstanzen ist streng genommen nicht möglich, da das Ausmaß der Lösung von Faserbestandteilen im Rahmen der Rohfaser-Analyse in den einzelnen botanischen Artengruppen (Gräser, Leguminosen, Korb- und Doldenblütler) unterschiedlich ist. Im Cornell Net Carbohydrate and Protein System erfolgt die Trennung in Faser- und Nichtfaser-Kohlenhydrate auf der Basis der Detergenzien-Methode, wobei NDF und ADL eine große Rolle spielen. Auch die Aufteilung des Proteins in 5 Fraktionen erfordert die Analyse von NDF und ADF sowie des in diesen Fasern enthaltenen Stickstoffs. Dieser umfasst die im Pansen mittel, schwer und nicht abbaubaren Anteile des Proteins. Für die Beurteilung der Wiederkäuergerechtigkeit und der Versorgung mit Struktur ist die physikalisch effektive NDF ein sehr geeigneter Parameter, da hiermit die tatsächliche und strukturwirksame Faser weitgehend beschrieben wird. Auch für die Regulation der Futteraufnahme spielt die NDF eine wichtige Rolle, da sie die Füllung des Pansens bestimmt. Wenn sowohl Aspekte der Wiederkäuergerechtigkeit (pH-Wert im Panseninhalt, Risiko für SARA)

als auch die Energieversorgung hochleistender Milchkühe (Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen, Futteraufnahme, Milchfettgehalt und Milchleistung sowie Futterumwandlung) berücksichtigt werden, sollte sich der peNDF-Gehalt einer Ration für hoch leistende Kühe zwischen 30 und 33 % der TM bewegen (ZEBELI et al. 2008).

6. Literatur

- ALLEN, M.S., 1997: Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *J. Dairy Sci.* 80, 1447-1462.
- BALCH, C.C., 1971: Proposal to use time spent chewing as an index of the extent to which diets for ruminants possess the physical property of fibrousness characteristics of roughages. *Br. J. Nutr.* 26, 383-392.
- BERG, J.M., J.L. TYMOCZKO und L. STRYER, 2003: *Biochemie*. 5. Aufl., Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 1153 S.
- CHESSON, A., 1993: Mechanistic models of forage cell wall degradation. In: *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. Eds.: H.J. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield und J. Ralph, ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA, 347-376.
- DE BRABANDER, D.L., J.L. DE BOEVER, J.M. VANACKER, C.V. BOUCQUE und S.M. BOTTERMANN, 1999: Evaluation of physical structure in dairy cattle nutrition. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Eds.: P.C. Garnsworthy und J. Wiseman, Nottingham University Press, 111-145.
- DE BRABANDER, D.L., J.M. VANACKER, J.L. DE BOEVER und N.E. GEERTS, 2002: Evaluation and effects of physical structure in dairy cattle nutrition. *Proc. 22th World Buiatrics Congress*, Hannover, 182-197.
- FOX, D.G., C.J. SNIFFEN, J.D. O'CONNOR, J.B. RUSSELL und P.J. VAN SOEST, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: 3. Cattle requirements and diet adequacy. *J. Anim. Sci.* 70, 3578-3596.
- FOX, D.G., L.O. TEDESCHI, T.P. TYLUTKI, J.B. RUSSELL, M.E. VAN AMBURGH, L.E. CHASE, A.N. PELL und T.R. OVERTON, 2004: The Cornell net carbohydrate and protein system model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Anim. Feed Sci. Technol.* 112, 29-78.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen); 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag Frankfurt am Main, 135 S.
- GIGER, S., 1985: Revue sur les méthodes de dosage de la lignine utilisées en alimentation animale. *Ann. Zootech.* 34, 85-122.
- GOERING, H.K. und P.J. VAN SOEST, 1970: Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agric. Handbook* 379, Washington, DC, USA, ARS, USDA, 1-20.
- HALL, M.B., 2003: Challenges with nonfiber carbohydrate methods. *J. Anim. Sci.* 81, 3226-3232.
- HALL, M.B. und C. HEREJK, 2001: Differences in yields of microbial crude protein from in vitro fermentation of carbohydrates. *J. Dairy Sci.* 84, 2486-2493.
- HENNEBERG, W. und F. STOHMANN, 1864: Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer. 2. Band: Über die Ausnutzung der Futterstoffe durch das volljährige Rind und

- über Fleischbildung im Körper desselben. Schwetschke und Sohn, Braunschweig.
- ISAACSON, H.R., F.C. HINDS, M.P. BRYANT und F.N. OWENS, 1975: Efficiency of energy utilization by mixed rumen bacteria in continuous culture. *J. Dairy Sci.* 58, 1645-1659.
- JUNG, H.G., 1989: Forage lignins and their effects on fiber digestibility. *Agron. J.* 81, 33-38.
- JUNG, H.G. und G.C. FAHEY, 1983: Nutritional implications of phenolic monomers and lignin: A review. *J. Anim. Sci.* 57, 206-219.
- JUNG, H.G. und K.P. VOGEL, 1986: Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. *J. Anim. Sci.* 62, 1703-1712.
- JUNG, H.G. und D.A. DEETZ, 1993: Cell wall lignification and degradability. In: *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. Eds.: H.J. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield und J. Ralph, ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA, 315-346.
- JUNG, H.G., D.R. MERTENS und A.J. PAYNE, 1997: Correlation of acid detergent lignin and Klason lignin with digestibility of forage dry matter and neutral detergent fiber. *J. Dairy Sci.* 80, 1622-1628.
- KARLSON, P., D. DOENECKE und J. KOOLMAN, 2005: *Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner und Naturwissenschaftler*, 14. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
- KLEEN, J.L., G.A. HOIJER, J. REHAGE und J.P.T. NOORDHUIZEN, 2003: Subacute ruminal acidosis (SARA): A review. *J. Vet. Med. A.* 50, 406-414.
- KONONOFF, P.J., A.J. HEINRICHS und D.R. BUCKMASTER, 2003: Modification of the Penn State forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. *J. Dairy Sci.* 86, 1858-1863.
- KRAUSE, K.M. und G.R. OETZEL, 2006: Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 126, 215-236.
- KRISHNAMOORTHY, U., T.V. MUSCATO, C.J. SNIFFEN und P.J. VAN SOEST, 1982: Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *J. Anim. Sci.* 65, 217-222.
- LAMMERS, B.P., D.R. BUCKMASTER und A.J. HEINRICHS, 1996: A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 79, 922-928.
- LANZAS, C., C.J. SNIFFEN, S. SEO, L.O. TEDESCHI und D.G. FOX, 2007: A revised CNCPS feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 136, 167-190.
- LICITRA, G., T.M. HERNANDEZ und P.J. VAN SOEST, 1996: Standardization of procedure for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57, 347-358.
- MENKE, K.-H. und W. HUSS, 1987: *Tierernährung und Futtermittelkunde*. 3. Aufl., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 424 S.
- MERTENS, D.R., 1994: Regulation of forage intake. In: *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization. Eds.: G.C. Fahey, M. Collins und L.E. Moser, ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA, 450-493.
- MERTENS, D.R., 1997: Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1463-1481.
- 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.
- MEYER, U., D. GÄDEKEN, M. SPOLDERS und G. FLACHOWSKY, 2002: A comparison of recommendations for the fibre supply of dairy cows fed total mixed rations. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 11, 133.
- NOCEK, J.E. und S. TAMMINGA, 1991: Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 74, 3598-3629.
- NOCEK, J.E., 1997: Bovine acidosis: Implications on laminitis. *J. Dairy Sci.* 80, 1005-1028.
- NØRGAARD, P., 1986: Physical structure of feeds for dairy cows. (A new system for evaluation of the physical structure in feedstuffs and rations for dairy cows). In: *Agriculture. New Developments and Future Perspectives in Research on Rumen Function*. Ed.: A. Neimann-Sorensen, Report EUR 10054, Commission European Communities, 85-107.
- NØRGAARD, P., E. NADEAU, H. VOLDEN, Å. RANDBY, O. AAES und M. MEHLQVIST, 2008: A new Nordic structure evaluation system for diets fed to dairy cows. In: *EGF Symposium 2008. Biodiversity and Animal Feed, Future Challenges for Grassland Production*. Eds.: A. Hopkins et al., Grassland Science in Europe, Vol. 13, 762-764.
- NRC (National Research Council), 1989: *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6th Rev. Ed., National Academy Press, Washington, DC, USA, 157 S.
- NRC (National Research Council), 2001: *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th Rev. Ed., National Academy Press, Washington, DC, USA, 381 S.
- NULTSCH, W., 2001: *Allgemeine Botanik*. 11. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 663 S.
- OESTMANN, A., K.-H. SÜDEKUM, K. VOIGT und M. STANGAS-SINGER, 1995: Zur Rolle von Lignin und phenolischen Monomeren in Futtermitteln für Wiederkäuer, I. Vorkommen, Funktionen und Nachweisverfahren. *Übers. Tierernährg.* 23, 105-131.
- OWENS, F.N., D.S. SECRIST, W.J. HILL und D.R. GILL, 1998: Acidosis in cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 76, 275-286.
- PIRT, S.J., 1965: The maintenance energy of bacteria in growing cultures. *Proc. Rural Soc. London Series B Biol. Sci.* 163, 224-231.
- RUSSELL, J.B., J.D. O'CONNOR, D.G. FOX, P.J. VAN SOEST und C.J. SNIFFEN, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminant fermentation. *J. Anim. Sci.* 70, 3551-3561.
- RUSSELL, J.B. und G.M. COOK, 1995: Energetics of bacterial growth: Balance of anabolic and catabolic reactions. *Microbiol. Rev.* 59, 48-62.
- SHAVER, R.D., 1997: Nutritional risk factors in the etiology of left displaced abomasum in dairy cows: A review. *J. Dairy Sci.* 80, 2449-2453.
- SLYTER, L.L., 1976: Influence of acidosis on rumen function. *J. Anim. Sci.* 43, 910-929.
- 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.
- STEINGASS, H. und Q. ZEBELI, 2008: Strukturbewertung von Rationen für Milchkühe. 35. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 9.-10. April 2008, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2008, 19-25.
- STONE, W.C., 2004: Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 87, E13-E26.

- SÜDEKUM, K.-H., A. OESTMANN und M. STANGASSINGER, 1995: Zur Rolle von Lignin und phenolischen Monomeren in Futtermitteln für Wiederkäuer, II. Einfluss auf die Verdauung pflanzlicher Gerüstsubstanzen. Übers. Tierernährg. 23, 229-260.
- SUDWEEKS, E.M., L.O. ELY, D.R. MERTENS und L.R. SISK, 1981: Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: Roughage value index system. J. Anim. Sci. 53, 1406-1411.
- SULLIVAN, J.T., 1966: Studies of the hemicelluloses of forage plants. J. Anim. Sci. 25, 83-86.
- THEANDER, O. und E.A. WESTERLUND, 1986: 3. Improved procedures for analysis of dietary fiber. J. Agric. Food Chem. 34, 330-336.
- TYLUTKI, T.P., D.G. FOX, V.M. DURBAL, L.O. TEDESCHI, J.B. RUSSELL, M.E. VAN AMBURGH, T.R. OVERTON, L.E. CHASE und A.N. PELL, 2008: Cornell net carbohydrate and protein system: A model for precision feeding of dairy cattle. Anim. Feed Sci. Technol. 143, 174-202.
- UDEN, P., P.H. ROBINSON und J. WISEMAN, 2005: Use of detergent system terminology and criteria for submission of manuscripts on new, or revised, analytical methods as well as descriptive information on feed analysis and/or variability. Anim. Feed Sci. Technol. 118, 181-186.
- 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., 1964: Symposium on nutrition and forage and pastures: New chemical procedures for evaluating forages. J. Anim. Sci. 23, 838-845.
- VAN SOEST, P.J., 1965: Use of detergents in the 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., 1967: Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. J. Anim. Sci. 26, 119-128.
- VAN SOEST, P.J., 1975: Physico-chemical aspects of fibre digestion. In: Digestion and Metabolism in the Ruminant. Eds.: I.W. McDonald and A.C.I. Warner, Univ. of New England Publ. Unit, Armidale, N.S.W., Australia, 352-365.
- VAN SOEST, P.J., 1977: Plant fiber and its role in herbivore nutrition. Cornell Vet. 67, 307-326.
- VAN SOEST, P.J., 1994: Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd ed., Cornell University Press, Ithaca und London, 476 S.
- 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. und R.H. WINE, 1968: Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. J. Assoc. Offic. Anal. Chem. 51, 780-785.
- VAN SOEST, P.J. und J.B. ROBERTSON, 1977: What is fibre and fibre in food? Nutr. Rev. 35, 12-22.
- VAN SOEST, P.J. und J.B. ROBERTSON, 1980: Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: Standardization of analytical methodology for feeds. Eds.: W.J. Pigden, C.C. Balch und M. Graham, Int. Dev. Res. Center, ON, Ottawa, Canada, 49-60.
- VAN SOEST, P.J., D.R. MERTENS und B. DEINUM, 1978: Preharvest factors influencing quality of conserved forage. J. Anim. Sci. 47, 712-720.
- 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.
- VDLUFA (Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 1976 inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997: Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- WALDO, D.R., L.W. SMITH und E.L. COX, 1972: Model of cellulose disappearance from the rumen. J. Dairy Sci. 55, 125-129.
- WILSON, J.R., 1993: Organization of forage plant tissues. In: Forage Cell Wall Structure and Digestibility. Eds.: H.J. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield und J. Ralph, ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA, 1-32.
- YANG, W.Z. und K.A. BEAUCHEMIN, 2006: Physically effective fiber: Method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis and digestion by dairy cows. J. Dairy Sci. 89, 2618-2633.
- ZEBELI, Q., J. DIJKSTRA, M. TAJAJ, H. STEINGASS, B.N. AMETAJ und W. DROCHNER, 2008: Modelling 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.

Mineralstoffe: Bedarf – Haushalt – Antagonismen

Minerals: requirement – metabolism – antagonists

Wilhelm Windisch^{1*}

Zusammenfassung

Unsicherheiten im Bedarf der Tiere an Mengen- und Spurenelementen, in den tatsächlichen Gehalten im Futter und ihrer Bioverfügbarkeit werden normalerweise durch Sicherheitszuschläge überbrückt. In einigen Fütterungssituationen sind jedoch genauere Kenntnisse über Bedarf, Stoffwechsel und mögliche Antagonisten unerlässlich, insbesondere wenn Sicherheitszuschläge unerwünscht sind. In diesem Beitrag sollen hierzu vier Beispiele gezeigt werden: Ca-Mangel am Ende der Trächtigkeit zur Prävention von Milchfieber, Schwankungen in der Phosphor-Verdaulichkeit der Futtermittel aufgrund von Phytat, die Interaktion zwischen dem Kalium-Gehalt des Futters und der Verdaulichkeit des Magnesiums, sowie der Effekt von Glucosinolaten auf den Transfer von Jod aus dem Futter in Richtung Milch.

Schlagwörter: Mineralstoffe, Stoffwechsel, Calcium, Phosphor, Magnesium, Jod

Summary

Uncertainties regarding macro and trace mineral requirement of livestock, actual contents in feedstuffs as well as bioavailability are commonly bridged by dietary safety margins. Some feeding situations, however, require more precise knowledge about requirement, metabolism and possible antagonist, in particular if safety margins are to be avoided. In this context, the present contribution shall give four examples: Ca deficiency at the end of gravidity for purpose of preventing milk fever, variations in phosphorus digestibility of feedstuffs due to phytic acid, the interaction between dietary potassium content and digestibility of magnesium, as well as the effect of glycosinolates on the transfer of iodine from feed into milk.

Keywords: minerals, metabolism, calcium, phosphorus, magnesium, iodine

Einleitung

Die Supplementierung des Futters landwirtschaftlicher Nutztiere mit Mengen- und Spurenelementen ist fester Bestandteil der guten Fütterungspraxis. Idealerweise sollte man hierbei von jedem einzelnen Mengen- und Spurenelement den nativen Gehalt im Futter analysieren und allfällige Versorgungslücken unter Berücksichtigung von Bioverfügbarkeit und eventuellen Wechselwirkungen über mineralische Zusätze ausgleichen. Angesichts der Vielzahl der in Frage kommenden Elemente und ihrer spezifischen Besonderheiten ist ein derart detailliertes Vorgehen in der Praxis jedoch nicht anwendbar. Stattdessen begrenzt man sich in der Regel auf wenige Standarddosierungen im Mineralfutter bzw. im Mischfutter, die normalerweise relativ hoch bemessen sind, um das Risiko einer defizitären Versorgung möglichst klein zu halten. Daraus erwächst im Durchschnitt eine gewisse Überversorgung an Mengen- und Spurenelementen. Hinzu kommen noch die Versorgungsempfehlungen (z.B. GfE 2001), die zur Kompensation von Schwankungen im nativen Gehalt der Futtermittel an Mineralstoffen und ihrer Bioverfügbarkeit sowie von Variationen des individuellen Bedarfs ebenfalls Sicherheitszuschläge enthalten. Dieses Konzept der pauschalierten Überversorgung an Mengen- und Spurenelementen zur Vermeidung eines Mangels hat sich für die normale Fütterungssituation durchaus bewährt.

Die Treffsicherheit muss jedoch immer wieder kritisch hinterfragt werden. Ebenso ist zu beachten, dass dieses Konzept sogar kontraproduktiv sein kann, wenn eine Überversorgung aus speziellen Gründen des Stoffwechsels oder zum Schutz der Umwelt und des Konsumenten von Lebensmitteln tierischer Herkunft unerwünscht ist. In all diesen Fällen sind die speziellen Aspekte des Mineralstoffhaushalts im Nutztier einschließlich möglicher antagonistischer Wirkungen des Futters genauer zu berücksichtigen. Nachdem in einem früheren Beitrag bereits auf die spezifischen Besonderheiten einiger Spurenelemente (Zn, Cu, Mn, Se) eingegangen wurde (WINDISCH 2003), sollen in diesem Beitrag beispielhaft einige spezielle Aspekte von Bedarf, Haushalt und Antagonismen von Calcium, Phosphor, Magnesium und Jod skizziert werden.

Calcium

Hinsichtlich einer bedarfsdeckenden Versorgung stellt Ca in der Regel keine größere Herausforderung an die Tierernährung dar. Die Faktoren des individuellen Bedarfs, des Lieferungsvermögens des Futters und der Verwertbarkeit in Nutztier sind gut bekannt (z.B. GfE 2001, NRC 2001) und können mit Hilfe mineralischer Futterkomponenten zielsicher eingestellt werden. Eine besondere Ausnahme bildet jedoch die Vorbereitungsfütterung trockenstehen-

¹ Universität für Bodenkultur, Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie (TTE), Muthgasse 11, A-1190 Wien

* Ansprechpartner: Univ.-Prof. Dr. Wilhelm Windisch, email: wilhelm.windisch@boku.ac.at

der Milchkühe zur Vermeidung von Milchfieber (Hypocalzämie). Die dabei zugrunde liegenden Mechanismen des Ca-Stoffwechsels bzw. ihrer Entgleisungen sind ein anschauliches Modell für das Zusammenspiel von Bedarf, Haushalt und Antagonismen von Calcium.

Milchfieber stellt eine regulative Überlastung des Ca-Stoffwechsels dar, die durch den Beginn der Laktation und den plötzlichen Abfluss großer Mengen an Ca vom Blut in Richtung Milch ausgelöst wird. Interessanterweise tritt Milchfieber bei Kalbinnen praktisch nicht auf. Dies liegt daran, dass Kalbinnen am Ende der Trächtigkeit noch ein eigenes Knochenwachstum aufweisen und deshalb permanent in einer knappen Ca-Versorgungslage stehen. Demgegenüber ist die Ca-Versorgung ausgewachsener Milchkühe in der Trockenstehzeit aufgrund des geringen Ca-Bedarfs in der Regel zunächst sehr gut und kippt mit Einsetzen der Laktation dann plötzlich in ein Ca-Defizit um. Das regulative Problem des Ca-Stoffwechsels liegt somit primär in der großen Spannweite der Anpassungsreaktionen, die nach dem Abkalben innerhalb weniger Stunden zu überbrücken sind.

Die regulative Antwort des Ca-Stoffwechsels auf diese Situation ist gut bekannt: Nach Detektion des Abfalls der Ca-Konzentration im Blut durch die Nebenschilddrüse wird Parathormon (PTH) ausgeschieden, welches neben der Freisetzung von Ca aus dem Skelett und der Drosselung der renalen Ca-Exkretion die Niere zur Ausschüttung von Calcitriol anregt. Letzteres erhöht die Ca-Absorption aus dem Dünndarm und hält die renale Ca-Exkretion weiterhin niedrig. Der Rückgang der renalen Ca-Exkretion erfolgt zwar rasch, liefert jedoch aufgrund der insgesamt nur geringen Mengen an Ca im Harn keinen quantitativ relevanten Beitrag zur Entlastung des gesamten Ca-Stoffwechsels. Wesentlich bedeutsamer sind dagegen die Ca-Mengen, die infolge einer erhöhten Absorption aus dem Dünndarm in den Organismus einströmen. Die Umsetzung des stimulierenden Signals des Calcitriols auf die Ca-Absorption im Dünndarm erfolgt jedoch zeitverzögert und benötigt zur Entfaltung mindestens drei Tage. Auch das Skelett erlangt seine zur vollen Mobilisierungsfähigkeit erforderliche Dichte an ausgereiften Osteoklasten ebenfalls erst nach mehreren Tagen. Es ist deshalb wichtig, sowohl die Ca-Absorption aus dem Dünndarm als auch die Ca-Mobilisierung aus dem Skelett rechtzeitig vor dem Einsetzen der Laktation zu aktivieren, denn nur so sind die Anpassungsreaktionen des Ca-Stoffwechsels auch quantitativ stark genug, um den plötzlichen Abfluss von Ca in Richtung Milch ausreichend zu kompensieren.

Das Prinzip der „Aktivierung“ regulativer Anpassungsreaktionen des Ca-Stoffwechsels beruht auf einer gezielten Beeinträchtigung der Ca-Versorgung in den letzten Wochen der Trächtigkeit. Theoretisch lässt sich dies am einfachsten durch eine massive Senkung des Ca-Gehalts der Nahrung erzielen. Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass Ca-Aufnahmen unter etwa 20 g pro Tier und Tag das Problem des Milchfiebers weitgehend eliminieren könnten (THILSING-HANSEN et al. 2002). Leider lässt sich diese eigentlich sehr wirksame Maßnahme in der Praxis kaum anwenden, denn die nativen Ca-Gehalte typischer Futtermittel für Wiederkäuer sind hierfür in der Regel zu hoch.

Eine weit verbreitete prophylaktische Maßnahme ist die Verfütterung sogenannter saurer Salze zur Erzielung einer negativen Kationen-Anionen-Bilanz (DCAD oder DCAB: Dietary Cation Anion Difference oder Balance). Das DCAD-Konzept verursacht eine metabolische Acidose, in deren Folge die renale Ca-Exkretion stark ansteigt (ROCHE et al. 2003), wahrscheinlich infolge eines massiven Aktivitätsverlusts des für die Rückresorption des Ca aus dem Primärharn verantwortlichen Transportproteins (SUZUKI et al. 2008). Die Ca-Verluste über den Harn erhöhen den Ca-Bedarf des Organismus bzw. verschlechtern bei unverändertem Ca-Gehalt des Futters den Versorgungsstatus des Tieres an Ca und können auf diese Weise die homöostatische Kompensationskaskade des Ca-Stoffwechsels in Gang bringen.

Ein weiteres Prinzip, am Ende der Trächtigkeit die Ca-Versorgung zu beeinträchtigen, ist die gezielte Drosselung der Absorbierbarkeit des Calciums der Nahrung durch Ca-bindende Futtermittel oder Futterzusätze. So wurde beispielsweise Fett auf seine Eignung zur Bildung schwer verdaulicher Ca-Seifen mit wechselndem Erfolg geprüft (PALMQUIST et al. 1986). Eine andere Stoffklasse mit mutmaßlich Ca-bindender Wirkung sind Tonminerale aus der Klasse der Zeolithe, deren prinzipielle Eignung zur Prävention von Milchfieber nachgewiesen (GRABHERR et al. 2008a, b) und für diesen Verwendungszweck in der EU als Futterzusatzstoffe vor Kurzem auch zugelassen wurde (EFSA 2007).

Eine andere Substanz mit bekanntlich hohem Potential zur Bildung schwerverdaulicher Ca-Komplexe ist das Phytat, das in allen Körnern und Samen als P-Reserve des Pflanzenembryos vorkommt und insbesondere in Kleien und Extraktionsschroten im Zuge des Verarbeitungsprozesses angereichert wird. Aufgrund der hohen Phytaseaktivität der Vormägen (MORSE et al. 1992) wird normalerweise ein Großteil den Phytats abgebaut, bevor es in den Dünndarm gelangt. Dies gilt jedoch weniger für Futtermittel, deren ruminale Abbaubarkeit aufgrund technischer Behandlungen reduziert ist, wie etwa die Extraktionsschrote, die zudem auch noch besonderes reich an Phytat sind (KONISHI et al. 1999, PARK et al. 1999, BRAVO et al. 2002). Neuere Studien mit pansengeschützter Reiskleie deuten darauf hin, dass die gezielte Einbringung von Phytaten in den Dünndarm den Ca-Versorgungsstatus trockenstehender Milchkühe durchaus signifikant drosselt (MARTIN-TERESO et al. 2009, 2010, MARTIN-TERESO 2010). Demnach könnten phytatreiche und gleichzeitig pansenstabile Futtermittel in der Tat einen gewissen Beitrag zur Prävention von Milchfieber leisten, zumal sie sich mit den anderen oben genannten Maßnahmen kombinieren lassen. Insgesamt ist festzuhalten, dass all diese Fütterungsmaßnahmen letztendlich auf der gezielten Provokation eines Ca-Mangels beruhen. Aus diesem Grunde ist es in jedem Fall erforderlich, sämtliche Überschüsse an Ca im Futter zu vermeiden, soweit es die nativen Ca-Gehalte der Futtermittel zulassen.

Phosphor

Bei den Empfehlungen zur Versorgung von Milchkühen an Phosphor wird eine Verwertbarkeit des Futterphosphors von 70 % unterstellt (GfE 2001). Dieser Wert liegt im Ver-

gleich zu Monogastriern sehr hoch und wird mit der hohen Phytaseaktivität des Pansens erklärt (MORSE et al. 1992). Tatsächlich dürfte die P-Verwertbarkeit im Durchschnitt noch deutlich höher sein, so dass in der pauschalen Annahme eines Wertes von 70 % erhebliche Sicherheitszuschläge enthalten sind. Phosphor ist jedoch ein zunehmend limitiert verfügbarer Nährstoff, dessen überhöhter Austrag über die Wirtschaftsdünger darüber hinaus auch aus ökologischen Gründen unerwünscht ist. Dies impliziert langfristig eine immer stärkere Orientierung der P-Zufuhr an den tatsächlichen Bedarf der Tiere und damit zwangsläufig auch die vermehrte Beachtung futterbedingter Unterschiede in der P-Verwertbarkeit.

Die ruminale Löslichkeit und Abbaubarkeit des Phosphors und auch die scheinbare P-Verdaulichkeit von Futtermitteln kann sich erheblich unterscheiden und sogar innerhalb des gleichen Futtermittels regional signifikant variieren (KINCAID et al. 2005, CHERRY et al. 2009). Eine besonders niedrige P-Verwertbarkeit scheint bei hohem Gehalt an Phytat und gleichzeitig reduzierter ruminale Abbaubarkeit gegeben zu sein. Entscheidend ist hierbei der Anteil des vollen Inositolphosphats (IP6), der die Passage durch die Vormägen übersteht, denn dieses IP6 ist die eigentliche stabile und in Dünndarm weitgehend unverdauliche Form des Phytats.

Im Allgemeinen reduzieren technische Maßnahmen, die üblicherweise zur Herstellung von pansengeschütztem Futterprotein angewandt werden (Erhitzen, Coaten mit Fett, Behandlung mit Formaldehyd, etc.), auch die ruminale Abbaubarkeit des Phytat-gebundenen Phosphors (KONISHI et al. 1999, PARK et al. 1999, BRAVO et al. 2002, MARTIN-TERESO et al. 2009, 2010). Die Tatsache, dass derart geschützte Phytate die Verfügbarkeit von Ca reduzieren (siehe vorheriges Kapitel), unterstreicht die Möglichkeit, dass auch beim Wiederkäuer quantitativ relevante Mengen an weitgehend unverdaulichem Phosphor in den Dünndarm gelangen können.

In der normalen Fütterungspraxis werden Extraktionsschrote in großem Umfang als Eiweißlieferanten eingesetzt. Da diese Futtermittel gleichzeitig erhebliche Mengen an Phosphor in die Gesamtration importieren, hat das Risiko einer Unterversorgung an intestinal verdaulichem Phosphor derzeit wohl keine größere praktische Bedeutung. Das könnte sich allerdings ändern, wenn auch in der Milchviehfütterung eine präzisere Versorgung der Tiere mit verdaulichem P angestrebt wird, Eiweißfuttermittel mit geringerem Phytatgehalt als in Extraktionsschroten verstärkt eingesetzt werden (z.B. Trockenschlempe) und technische Behandlungen von Futtermitteln zum Schutz gegen ruminale Abbau noch weiter an Bedeutung gewinnen. In dieser Situation ist darüber hinaus noch zu beachten, dass auch die Pansenflora einen gewissen Eigenbedarf an Phosphor hat. So ist schon seit langem bekannt, dass starker P-Mangel die Effizienz der Proteinsynthese, die Abbaurate des Panseninhalts und damit auch die Verzehrskapazität der Tiere beeinträchtigt (BREVES und HÖLLER 1987).

Magnesium

Im Unterschied etwa zu Calcium und Phosphor kann Magnesium weder aus dem Skelett mobilisiert werden,

noch besteht die Möglichkeit einer gezielten Steuerung der Absorption, die bei ausgewachsenen Wiederkäuern darüber hinaus so gut wie ausschließlich auf die Vormägen begrenzt ist und eine relativ geringe Kapazität aufweist. Die Regulationsmöglichkeiten des Mg-Stoffwechsels sind somit auf die Exkretion eines Mg-Überschusses über den Harn begrenzt, was Wiederkäuer für die Situation einer unzureichenden Mg-Aufnahme über die Nahrung besonders verwundbar macht. Dies gilt insbesondere für laktierende Milchkühe, denn die tägliche Mg-Ausscheidung über die Milch übersteigt selbst bei mäßiger Leistungshöhe den extrazellulären Mg-Pool um ein Mehrfaches. Die Mg-Versorgung einer Milchkuh hängt somit unmittelbar von der Höhe der täglichen Mg-Aufnahme über das Futter und den exogenen Faktoren der Mg-Absorbierbarkeit aus dem Pansen ab (Übersicht siehe MARTENS und STUMPF 2009). Sinkt die Absorption an Mg unter den Bedarf (Milchsekretion, unvermeidliche endogene Verluste, Trächtigkeit, ggf. eigenes Knochenwachstum), kommt es rasch zu unspezifischen Störungen der Produktivität (Verminderung des Futterverzehrs, Leistungsdepression) und in seltenen Fällen sogar zur Weidetetanie (McCOY et al. 1996).

Einer der bekanntesten Störfaktoren der Absorption von Magnesium ist eine hohe Konzentration an Kalium im Inhalt der Vormägen. Diese Situation ist besonders bei grundfutterbetonten Rationen anzutreffen, aber auch bei einer niedrigen Aufnahme an Natrium, da letzteres die Konzentration an Kalium im Speichel erhöht (Austausch von Kalium gegen Natrium). Die negative Wirkung des Kaliums auf die Mg-Absorption beruht im Wesentlichen auf der Beeinträchtigung der potentialabhängigen Komponente des Mg-Transports durch die Epithelzellen der Vormägen. So ist der Transport von Mg aus dem Pansen in Richtung Blut indirekt mit einer Anreicherung von K^+ in den Epithelzellen gekoppelt. Die betreffenden Mengen an K^+ müssen wieder ausgeschleust werden, was durch hohe K^+ -Konzentrationen im Pansen behindert wird (Details siehe MARTENS und STUMPF 2009).

In den Epithelzellen der Vormägen existiert jedoch neben dem mit K^+ gekoppelten Transportmechanismus noch ein weiteres System der Mg-Absorption. Es arbeitet elektrisch neutral und wird unabhängig vom K^+ -Gehalt des Panseninhalts vom Gefälle der Mg-Konzentration zwischen Pansen und Körperinnenseite angetrieben. Die Störung der Mg-Absorption durch hohe Kaliumgehalte im Futter ist somit nur auf einen der beiden Transportmechanismen begrenzt und kann über den zweiten Transportweg durch hohe Mg-Gehalte im Futter kompensiert werden (RAM et al. 1998). Aus diesem Zusammenhang wurden Schätzggleichungen der erforderlichen Mg-Aufnahme in Abhängigkeit von der Milchleistung und des Kaliumgehalts im Futter abgeleitet (WEISS et al. 2004). Bei ungünstigen Ausgangsbedingungen (hohe Milchleistung, hohe K-Gehalte im Futter) liegen die entsprechenden Mg-Konzentrationen im Futter zur Vermeidung einer Unterversorgung durchaus um den Faktor 2 über den Versorgungsempfehlungen (0,16 % in der TM; GfE 2001). In dieser Höhe hat Mg noch keine negative Wirkung auf die Akzeptanz des Futters (NRC 2001).

Neben Kalium werden auch hohe ruminale Konzentrationen an Ammoniak als Störfaktoren der Mg-Absorption disku-

tiert. Hierbei scheint es sich jedoch um allenfalls kurzfristige Effekte zu handeln, die bei plötzlichen Umstellungen der Ration auftreten können und innerhalb weniger Tage wieder verschwinden (Übersicht siehe MARTENS und STUMPF 2009). Eventuelle Störungen der Mg-Absorption durch eine Belastung mit Ammoniak (z.B. beim Weideantrieb) können somit durch eine langsame Umstellung des Futters vermieden werden.

Insgesamt lässt sich die Frage der bedarfsdeckenden Versorgung einer Milchkuh mit Magnesium und der Berücksichtigung möglicher Störfaktoren der Mg-Absorption im Wesentlichen auf eine ausreichend hoch dimensionierte Mg-Aufnahme über das Futter reduzieren.

Jod

Die nativen Gehalte der Futtermittel am essentiellen Spurenelement Jod liegen zumeist wesentlich unterhalb der Versorgungsempfehlungen für Milchkuhe (0,5 mg/kg TM; GfE 2001). Dies gilt insbesondere für einheimische Futtermittel. Aus diesem Grunde kann auf eine gezielte Supplementierung des Futters mit Jod nicht verzichtet werden (z.B. indirekt über die Jodierung von Viehsalz).

Jod kann jedoch mit einer bemerkenswert hohen Rate von 30 % und mehr vom Futtermittel in die Milch übergehen (SCHÖNE et al. 2009). Ähnlich hohe Transfer-Raten findet man auch bei Eiern (KAUFMANN et al. 1998). Der Hauptgrund für diesen ausgeprägten Jod-Transfer ist der sogenannten Natrium-Jodid-Symporter (NIS), der für den Transport von Jodid vom Blut ins Gewebe zuständig ist. Dieser Symporter wird nicht nur in der Schilddrüse sehr stark exprimiert, sondern auch in der Milchdrüse und bei eierlegenden Tieren im Ovar (DE LA VIEJA 2000). Auf diese Weise wird gewährleistet, dass die jungen Nachkommen einer Spezies bevorzugt mit Jod versorgt werden.

Die starke Reaktion des Jodgehalts der Milch und der Eier auf die Supplementierung des Futters mit Jod veranlasste die EFSA im Jahre 2005 zur Evaluierung des Risikos einer überhöhten Jodaufnahme der Bevölkerung als indirekte Folge einer massiven Jod-Supplementierung landwirtschaftlicher Nutztiere (EFSA 2005). Als Konsequenz dieser Untersuchung wurden die zulässigen Höchstgehalte an Jod im Futter für Milchkuhe (und auch für Legehennen) massiv reduziert (derzeit nur noch 5 mg/kg; EU 2005)

Neben der Konzentration an Jod im Futter beeinflussen aber auch gewisse Futterinhaltsstoffe die Aufnahme von Jod in das Gewebe bzw. den Transfer in die Milch. Hier sind insbesondere die Glycosinolate zu nennen, die in allen Brassicaceae vorkommen und beispielsweise im Rapsextraktionsschrot im Zuge des Verarbeitungsprozesses sogar noch angereichert werden. Die Metabolite der Glycosinolate (hauptsächlich Thiocyanate) konkurrieren mit Jodid um den Natrium-Jodid-Symporter und stören so den Transfer von Jod aus dem Blut in das Gewebe (Schilddrüse, Milchdrüse, Ovar).

Den Konkurrenzeffekt von Glycosinolaten (bzw. deren Metabolite) kann man relativ einfach durch Steigerung der Jodaufnahme kompensieren. Die Allgegenwart Glycosinolat-haltiger Futtermittel in typischen Milchviehrationen ist der Hauptgrund, warum die Versorgungsempfehlungen für

Milchkühe relativ hoch angesetzt sind. Umgekehrt führt dieser Zusammenhang aber auch zu einer besonders starken Anreicherung an Jod in der Milch, wenn der Gehalt der Ration an Glycosinolaten sinkt. So konnten beispielsweise FRANKE et al. (2009) zeigen, dass der Austausch von Rapsextraktionsschrot gegen die praktisch Glycosinolatfreie Trockenschlempe als Eiweißfutter den Jod-Transfer in die Milch um etwa das Doppelte ansteigen lässt. Dies hatte im Bereich des zulässigen Maximums an Jod im Futter (5 mg/kg) zur Folge, dass die Jodmengen in einem Kilogramm Milch die tolerierbare Höchstmenge (UL, upper level) der Jodaufnahme eines Erwachsenen (500 µg/Tag, DGE 2008) um mehr als das Doppelte überschritt. Diese Befunde lassen vermuten, dass die Diskussionen um die Anpassung der futtermittelrechtlichen Obergrenzen des Jodgehalts in der Milchviehfütterung an die Belange der Lebensmittelsicherheit wohl noch nicht zum Abschluss gekommen sind.

Ausblick

Insgesamt ist das Konzept der pauschalierten Überversorgung an Mineralstoffen zur Vermeidung eines Mangels für die meisten Fütterungssituationen sowohl arbeitstechnisch und ökonomisch adäquat als auch physiologisch durchaus tolerierbar. Dies gilt auch für das Magnesium, denn die etwaigen Folgen einer überhöhten Aufnahme (z.B. beeinträchtigte Akzeptanz des Futters) stehen in keinem Verhältnis zu den Risiken einer Unterversorgung, insbesondere wenn hohe Kaliumkonzentration im Futter als Störfaktoren der Mg-Absorption analytisch nachgewiesen wurden. Auch beim Jod ist der gegenwärtige Spielraum wohl immer noch ausreichend groß, um die arbeitstechnischen Vorteile einer pauschalierten Überversorgung mit dem Schutz der Tiere vor Jodmangel und den Belangen der Lebensmittelsicherheit in Einklang zu bringen. Anders sieht es dagegen mit der zunehmenden Notwendigkeit der Minimierung des P-Einsatzes in der Fütterung und der gezielten Induktion von Ca-Mangel in der Ernährung trockenstehender Milchkuhe aus. Während letzteres eine zeitlich befristete Sondersituation darstellt, betrifft der mit einer Reduktion der P-Zufuhr einhergehende Zwang zur verstärkten Beachtung der tatsächlichen P-Verwertbarkeit der Futtermittel die gesamte Wiederkäuerfütterung. In beiden Fällen gewinnt die Analyse der tatsächlichen Ca- bzw. P-Konzentrationen in den jeweils eingesetzten Futtermitteln einschließlich weiterer Faktoren ihrer Bioverfügbarkeit (z.B. Gehalt an Phytat, ruminale Abbaubarkeit) besonders an Bedeutung.

Literatur

- BREVES, G. und H. HÖLLER, 1987: Effects of dietary phosphorus depletion in sheep on dry matter and organic matter digestibility. *Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 58, 280-286.
- BRAVO, D., F. MENSCHY, C. BOGAERT und D. SAUVANT, 2002: Effects of fungal phytase addition, formaldehyde treatment and dietary concentrate content on ruminal phosphorus availability. *Anim. Feed Sci. Technol.* 99, 73-95.
- CHERRY, N.M., B. D. LAMBERT und J. P. MUIR, 2009: Ruminant and total tract phosphorus release from feedstuffs in cattle measured using the mobile nylon bag technique. *Anim. Physiol. Anim. Nutr.* DOI: 10.1111/j.1439-0396.2009.00954.x.

- DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung), 2008: D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 1. Aufl. 3. Korr. Nachdruck, Umschau Braus GmbH Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main, 179-184.
- DE LA VIEJA, A., O. DOHAN, O. LEVY und N. CARRASCO, 2000: Molecular analysis of the sodium/iodide symporter: impact on thyroid and extrathyroid pathophysiology. *Physiological Reviews* 80, 1083-1105.
- EFSA (European Food Safety Authority), 2005: Opinion of the scientific panel on additives and products or substances used in animal feed on the request from the commission on the use of iodine in feedingstuffs. *EFSA Journal* 168, 1-42.
- EFSA (European Food Safety Authority), 2007: Opinion of the scientific panel on additives and products or substances used in animal feed on the safety of zeolite (sodium aluminosilicate, synthetic) for the reduction of risk of milk fever in dairy cows. *EFSA Journal* 523, 1-11.
- EU, 2005: Regulation (EC) No. 1495/2005 of the European Parliament and of the Council of 08 Sept. 2005 amending the conditions for authorisation of a number of feed additives belonging to the group of trace elements. *OJEU* 2005, 48. L233/8-233/10.
- FRANKE, K., U. MEYER, H. WAGNER und G. FLACHOWSKY, 2009: Influence of various iodine supplementation levels and two different iodine species on the iodine content of the milk of cows fed rapeseed meal or distillers dried grains with solubles as the protein source. *J. Dairy Sci.* 92, 4514-4523.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag Frankfurt am Main, 135 S.
- GRABHERR, H., M. SPOLDERS, G. FLACHOWSKY und M. FÜRLI, 2008: Einfluss von Zeolith A auf die Futteraufnahme von trockenstehenden Milchkühen, auf den Mengen- und Spurenelementstoffwechsel im peripartalen Zeitraum sowie auf die Milchleistung in der folgenden Laktation. *Berlin, München Tierärztl. Wschr.* 121, 41-52.
- GRABHERR, H., M. SPOLDERS, M. FÜRLI und G. FLACHOWSKY, 2009: Effect of several doses of zeolite A on feed intake, energy metabolism and on mineral metabolism in dairy cows around calving. *Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 93, 221-236.
- KAUFMANN, S., G. WOLFRAM, F. DELANGE und W.A. RAMBECK, 1998: Iodine supplementation of laying hen feed: a supplementary measure to eliminate iodine deficiency in humans? *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft* 37, 288-293.
- KINCAID, R.L., D.K. GARIKIPATI, T.D. NENNICH und J.H. HARRISON, 2005: Effect of grain source and exogenous phytase on phosphorus digestibility in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88, 2893-2902.
- KONISHI, C., T. MATSUI, W. PARK, H. YANO und F. YANO, 1999: Heat treatment of soybean meal and rapeseed meal suppresses rumen degradation of phytate phosphorus in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 80, 115-122.
- MARTENS, H. und F. STUMPF, 2009: Magnesium Stoffwechsel: Regulation und Risiken. In: 8. BOKU Symposium Tierernährung, Mineralstoffe in der Tierernährung: Leistung – Gesundheit – Umweltschutz. Eds.: Mair et al., Wien, Austria, 11-22.
- MARTIN-TERESO, J., A. GONZALES, H. VAN LAAR, C. BURBANO, M.M. PEDROSA, K. MULDER, L.A. DEN HARTOG und M.W.A. VERSTEGEN, 2009: In situ ruminal degradation of phytic acid in formaldehyde-treated rice bran. *Anim. Feed Sci. Technol.* 152, 286-297.
- MARTIN-TERESO, J., 2010: Rumen-protected rice bran to induce the adaptation of calcium metabolism in dairy cows. Thesis, Wageningen University, The Netherlands.
- MARTIN-TERESO, J., M. DERKS, H. VAN LAAR, K. MULDER, L.A. DEN HARTOG und M.W.A. VERSTEGEN, 2010: Urinary calcium excretion in non-lactating dairy cows in relation to intake of fat-coated rice bran. *Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 94, 129-136.
- McCOY, A., A. GOODALL und D.G. KENNEDY, 1996: Incidence of bovine hypomagnesaemia in Northern Ireland and methods of magnesium supplementation. *Vet. Rec.* 138, 41-43.
- MORSE, D., H.H. HEAD und C.J. WILCOX, 1992: Disappearance of phosphorus in phytate from concentrates *in vitro* and from rations fed to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75, 1979-1986.
- NRC (National Research Council), 2001: Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Rev. Ed., National Academy Press, Washington, DC., USA, 381 S.
- PALMQUIST, D.L., T.C. JENKINS und A.E. JOYNER, 1986: Effect of dietary fat and calcium source on insoluble soap formation in the rumen. *J. Dairy Sci.* 69, 1020-1025.
- PARK W.Y., T. MATSUI, F. YANO und H. YANO, 2000: Heat treatment of rapeseed meal increases phytate flow into the duodenum of sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 88, 31-37.
- RAM, L., J.T. SCHIONEWILLE, H. MARTENS, A.T. VAN'T KLOOSTER und A.C. BEYNEN, 1998: Magnesium absorption by wethers fed potassium bicarbonate in combination with different dietary magnesium concentrations. *J. Dairy Sci.* 81, 2485-2492.
- ROCHE, J.R., D. DALLEY, P. MOATE, C. GRAINGER, M. RATH und F. O'MARA, 2003: Dietary cation-anion difference and the health and production of pasture-fed dairy cows 2. nonlactating periparturient cows. *J. Dairy Sci.* 86, 979-987.
- SCHÖNE, F., M. LEITERER, P. LEBZIEN, D. BEMMANN, M. SPOLDERS und G. FLACHOWSKY, 2009: Iodine concentration of milk in a dose-response study with dairy cows and implications for consumer iodine intake. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 23, 84-92.
- SUZUKI, Y., C.P. LANDOWSKY und M.A. HEDIGER, 2008: Mechanisms and regulation of epithelial Ca²⁺ absorption in health and disease. *Annual Review of Physiology* 70, 257-271.
- THILSING-HANSEN, T., R.J. JØRGENSEN und S. ØSTERGAARD, 2002: Milk fever control principles: a review. *Acta Vet. Scand.* 43, 1-19.
- WEISS, W.P., 2004: Macromineral digestion by lactating dairy cows: factors affecting digestibility of magnesium. *J. Dairy Sci.* 87, 2167-2171.
- WINDISCH, W., 2003: Spurenelement- und Vitaminversorgung laktierender Milchkühe. Bericht 30. Viehwirtschaftliche Fachtagung BAL Gumpenstein, 24.-25. April 2003, 55-60.

Fruchtbarkeit im Rinderstall – eine ständige Herausforderung

Vinzenz Loimayr^{1*}

Zusammenfassung

Die ständige Herausforderung betrifft sowohl den fachlichen als auch den politischen Bereich. Sind es auf fachlicher Ebene die Fragen, ob Leistung und Fruchtbarkeit in Balance zu halten sind und welche Erkenntnisse berücksichtigt werden müssen, so sind es auf politischer Ebene die Frage der lebenswerten Strukturen und der Wertekorrektur. Es sind die Wurzeln, die in dieser schnellen, fortschrittlichen Zeit hohen Stellenwert haben müssen und der nachhaltige, umfassende Wert des Lebensmittels Milch, der weit über den Casinokapitalismus zu stellen ist.

Schlagwörter: Besamung, Embryo, Laktation, Leistung

Einleitung

Fruchtbarkeit und Milchleistung ein Gegensatz? Gibt es Möglichkeiten, den Gegensatz aufzulösen? Fruchtbarkeit ist ein weiter Begriff. Balance ist entscheidend für deren Gelingen.

Multifaktoriell können diese Gleichgewichte gestört werden, nicht nur auf globaler, sondern auch auf regionaler, menschlicher und tierischer Ebene. Menschen sind entscheidend und im Mittelpunkt des Gelingens. Es bedarf insgesamt lebenswerter Strukturen, um Erkenntnisse rund um die Fruchtbarkeit „fruchtbringend“ umzusetzen.

Im Speziellen wird embryonale Mortalität, Besamungszeitpunkt und das letzte Laktationsdrittel beleuchtet. Eine Thematik, die in der Hochleistungszucht sehr präsent ist. Insgesamt ein sehr komplexes Thema und eine ständige Herausforderung.

Definition Fruchtbarkeit

- Schaffenskraft, Kreativität, Stärke
- *Fertilis*: fruchtbar, ergiebig, befruchtend
- „Fähigkeit von Organismen, Nachkommen hervorzu- bringen“
- Rahmenbedingungen (Regeln und Grenzen): Ist nicht ausschließlich auf Reproduktion begrenzt, sondern ein Fühler dafür, wie lebenswert die Situation im Allgemeinen ist.
- Fruchtbarkeit Rind: Jedes Jahr ein Kalb ... aus ökonomischer Sicht.

Fachliche Herausforderung

In ÖO gingen im MLK-Betrieb 2009 28 % der Kühe wegen Unfruchtbarkeit ab, Tendenz steigend. Das Herdenalter nimmt mit zunehmender Leistung von 5,4 auf 4,7 Jahre ab, wobei das Erstabkalbealter von 29 auf 27,1 Monate sinkt. Die Remontierung nimmt von 23,5 auf 30,2 % zu (Jahresbericht 2008/09 Landesverband für Leistungsprüfung und Qualitätssicherung in ÖO).

Mit steigender Milchleistung sinkt weltweit die Fruchtbarkeit. Die physiologischen Grenzen werden immer greifbarer und die Herausforderungen immer größer. Ist es notwendig die Milchleistung mit aller Vehemenz nach oben zu bringen? Ist für ein Wesen diese Hochleistung noch lebenswert und die Reproduktion noch sinnvoll? Wenn ein Tier bis zu 150 l Wasser, bis zu 30 kg Trockenmasse am Tag benötigt, wenn die Anatomie durch Züchtung so umgebaut werden muss, dass die riesigen Euter noch Platz finden und wenn durch die gigantische Stoffwechselaktivität der Leber Fortpflanzungshormone metabolisiert werden, bevor sie an ihren Zielorten ihre biologische Funktion erfüllen können? Heute kann man mit modernen Ultraschallgeräten die Durchblutung der Ovarien und deren Funktionskörper gut beobachten. Die Durchblutung ist ein Maß für Aktivität und Vitalität der weiblichen Geschlechtsorgane (H. BOLLWEIN).

Der richtige Besamungszeitpunkt

Er ist eigentlich ein **Zeitraum**. Die Forschung, aber auch die tägliche Praxis zeigen, dass es weniger auf den richtigen Zeitpunkt, sondern vielmehr auf die Qualität des Graafschen Follikel ankommt, ob die fachgerechte Deponierung einer Spermienportion erfolversprechend ist.

Embryonale Mortalität

Die Embryonalphase reicht vom Tag der erfolgreichen Befruchtung bis ca. zum Tag 40 danach. 57 % aller Trächtigkeitsverluste passieren durch embryonale Mortalität (INSKEEP und DAILY 2005). 40 % davon ereignen sich schon zwischen Tag 8 und 17 p.i.. Ein Schwerpunkt in Forschung und Praxis liegt also darin, dem Embryo das Leben in dieser Phase lebenswert zu gestalten.

Das letzte Laktationsdrittel

Es sollte sich zwischen dem 200. - 305. Laktationstag befinden. Es könnte aber auch zwischen dem 300. - 450. Laktationstag positioniert sein?! Es gibt viele Parameter (MLPD, BCS, RFD), die nützlich sind. Meiner Ansicht nach ist die Dauer im Quadranten 8 (MLPD) ein wesentlicher Punkt.

¹ Zur Steinwend 10, A-4452 Ternberg

* Ansprechpartner: Dr. Vinzenz Loimayr, email: loimayr@ktv-ternberg.at

Begleitend ist die Bestimmung der β -Hydroxybuttersäure aus Blut hilfreich. Der wichtigste Bereich diesbezüglich ist in meiner Praxis die Kalbinnenaufzucht und das Erstkalbealter.

Gesellschaftspolitische Herausforderung

Worte zum Strukturwandel

Österreich ist kleinstrukturiert. Nach Frankreich und Deutschland hat Österreich EU-weit die meisten Milchlieferanten (Ø 11 Kühe/Stall). In OÖ ist die Durchschnittskuhzahl 22,1 Kühe pro Milchleistungskontrollbetrieb. Die nationale Quote wird leicht überliefert. Schlechte Voraussetzungen, um am „Weltmarkt“ zu bestehen.

- Aber was ist Weltmarkt, wenn nur 15 - 20 % der Weltbevölkerung am Konsum teilnimmt!? Was bedeutet Konsum allgemein und v.a. in Bezug auf Grundnahrungsmittel? Muss das vielgescholtene schlechteste Drittel weg?
- Aber gibt es nicht immer ein schlechtestes Drittel?! Müssen wir wachsen statt weichen?!
- Aber weichen wir nicht auch, wenn wir wachsen? Der Strukturwandel flacht sich ab (FISCHLER, Vortrag Schweiz)
- Aber ist es nicht wie bei einer Krankheit oder einer Mangelsituation?! Es gibt ein Optimum, eine kompensierte Situation und eine dekomensierte Situation.

Wann tritt die irreversible dekomensierte Situation ein, nämlich in Bezug auf Struktur?

Bedingung: **Familienbetriebe mit Wertschöpfung Milch im Grünland müssen erhalten** bleiben.

Motto: *“There is no culture without agriculture.”*

Andere hochentwickelte Länder produzieren Milch sogar in der Wüste. Nicht, weil es dort am günstigsten ist, sondern um bei diesem wichtigen „Rohstoff“ eine gewisse Autonomie zu erlangen.

Bei uns hätten wir optimale Ressourceneffizienz, bestens kontrollierte Milchproduktion, Ökobilanz, nachhaltig lebenswerte Strukturen, Erhaltung bodenständiger und selbstbestimmter Arbeitsplätze, was einen ganz wichtigen sozialen Faktor darstellt.

Kurz, Weltmärkte haben keine Regulative. Unser System funktioniert leider nur mit Wirtschaftswachstum. Gleichzei-

tig gibt es eine immer stärker werdende Entkoppelung von Real- und Finanzwirtschaft und Spekulation ist scheinbar am ertragreichsten. Um Strukturen zu schützen, bedarf es dringend Regulative und das ist unsere **gesellschaftspolitische Verantwortung**.

Wir haben regionalpolitisch die Chance, Strukturen zu erhalten und „win-win“ Situationen zu schaffen.

Wenn im Familienbetrieb fruchtbar Milch produziert werden kann, dann gibt es Nachfolge, funktionierende Familienstrukturen, landschafterhaltende Maßnahmen, geschützte Trinkwasserressourcen für alle. Kurz, Gleichgewichte und Fruchtbarkeit in der Region.

Hohe Ziele in der österreichischen Politik sind energieautark zu werden, Nähe zu entdecken, um damit z.B. den öffentlichen Verkehr zu fördern. Warum ist es noch kein Ziel milchautark zu werden?

Es ist gesellschaftspolitisch wesentlich effizienter, verträglicher, nachhaltiger und wertvoller den Bauern einen angemessenen Preis für ihre Produkte zu zahlen, als einen riesigen Apparat gespickt von Lobbyisten und think tanks zu finanzieren, in dem für die, die am lautesten schreien am meisten Geld ausgeschüttet wird.

Eine Lawine an Administration, Interessenskämpfe, viele Schritte bis zur Umsetzung von Zielen, Verwaschung der Ergebnisse, die dann lokal wirksam sein sollen, aber die keiner begreift. Think global act local.

Was also sind lebenswerte Strukturen und wie erhalte ich sie als Wurzel der Gesellschaft?

Je schnelllebiger, „fortschrittlicher“ das Leben wird, umso wichtiger werden unsere Wurzeln! Bringen wir leichtfertig fundamental menschlich-soziale Strukturen in Gefahr, werden Gleichgewichte unwiederbringlich zerstört, dann hinterlassen wir unseren Erben keine Werte. Eine wertlose Welt!!! Unfruchtbar!

Erkenntnisse diesbezüglich u.v.a. deren Umsetzung sind die eigentlich ganz große Herausforderung.

Literatur

INSKEEP, E. und R. DAILEY, 2005: Embryonic Death in Cattle, Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 21, 437-461.

Erfolgversprechende Hilfsmittel im Fruchtbarkeitsmanagement am Beispiel der Arbeitskreisberatung

Klaus Messner^{1*}

Zusammenfassung

Eine gute Fruchtbarkeit stellt in jedem Milchbetrieb eine große Herausforderung dar. Sie ist zum Großteil eine Angelegenheit des Managements und das Resultat einer Reihe von erfolgreichen Prozessen. Höhere Milchleistungen und gute Fruchtbarkeitswerte müssen sich nicht ausschließen. Das beweist eine Vielzahl von Daten aus der Arbeitskreisberatung für Milchproduktion. In diesem Beitrag geht es darum aufzuzeigen, welche Angebote und Chancen die AK-Beratung in fachlicher und betriebswirtschaftlicher Hinsicht für ihre Mitglieder bietet, um die Fruchtbarkeit auf ihren Betrieben zu verbessern.

Schlagwörter: Milchvieh, Fruchtbarkeitskennzahlen, Verbesserungspotenzial

Die Erfolgsgeschichte der Arbeitskreisberatung für Milchproduktion begann vor bereits 14 Jahren und erlebt seit dem Beginn eine stetige Aufwärts- und Weiterentwicklung, sowohl in der Mitgliederzahl als auch im fachspezifischen und betriebswirtschaftlichen Angebot. So kann im aktuellen Auswertungszeitraum vom 01.10.2008 bis zum 30.09.2009 auf den Datensatz von 956 teilnehmenden Betrieben zurückgegriffen werden, welcher wertvolle Hinweise für die Betriebe einerseits, aber auch für die Beratung andererseits liefert.

Einen besonderen Schwerpunkt im Geschehen am Milchbetrieb nimmt der komplexe Themenblock „Fruchtbarkeit“ ein. Kühe trächtig zu bekommen klingt so einfach, und doch ist die Fruchtbarkeit oftmals ein großes Problem in der Milchviehhaltung. Auf die Fruchtbarkeit nehmen zahlreiche Faktoren Einfluss, wobei der genetische Anteil „nur“ 10 bis 15 Prozent ausmacht. Eine gute Fruchtbarkeit in der Kuhherde ist daher hauptsächlich eine Frage des Managements und somit das Resultat einer Reihe von erfolgreichen Prozessen. Es wäre verwegen und vermessen zu glauben, dass in diesem kurzen Beitrag eine allgemein gültige Lösung für alle Fruchtbarkeitsprobleme gefunden werden kann. Die Zielsetzung besteht vielmehr darin, einige Schwerpunkte herauszunehmen und darzustellen, welche Möglichkeiten und Chancen die Arbeitskreisberatung für Milchviehhaltung bieten kann, um die Fruchtbarkeit auf dem eigenen Betrieb zu verbessern. Die jeweilige Umsetzung kann jedoch wieder nur am Betrieb selbst erfolgen.

Aktuelle Zahlen und Fakten

Die aktuellen Zahlen aus der Arbeitskreisberatung und dem Jahresbericht der ZUCHTDATA zeigen ganz klar, dass große Anstrengungen im Fruchtbarkeitsgeschehen bei unseren Milchkühen erforderlich sind! Laut Jahresbericht der ZUCHTDATA ist die Fruchtbarkeit mit 24,5 % bei den Rassen FV, BV und HF die Abgangsursache Nummer eins (EGGER-DANNER et al. 2009) (*Abbildung 1*).

Auch die Zwischenkalbezeiten sind nicht gerade erfreulich und bergen erhebliches Potenzial in sich. Kühe der Rasse Fleckvieh benötigen im Durchschnitt 393 Tage bis zum nächsten Kalb, Holsteinkühe 414 Tage und Braunviehkühe fast 420 Tage. Die klar definierten Ziele der Arbeitskreisberatung in Abhängigkeit von der Milchleistung, wie sie in der *Abbildung 2* dargestellt sind, werden dabei im Durchschnitt bei Weitem nicht erreicht! Dennoch gibt es einige sehr engagierte Landwirte im Arbeitskreis, die diese Werte über Jahre hindurch erreichen.

Die Zahlen der Arbeitskreisberatung aus dem Horizontalvergleich im Quartalsvergleich sprechen ebenfalls eine deutliche Sprache. Die Ergebnisse der 956 österreichischen Arbeitskreisbetriebe im Jahr 2009 zeigen, dass das obere Viertel mit 7.829 kg (entspricht ca. 8.600 kg LKV-Leistung) produzierter Milch in den meisten fruchtbarkeitsrelevanten Kennzahlen deutlich bessere Kennwerte verzeichnen kann als das untere Viertel, trotz einer um 1.646 kg geringeren

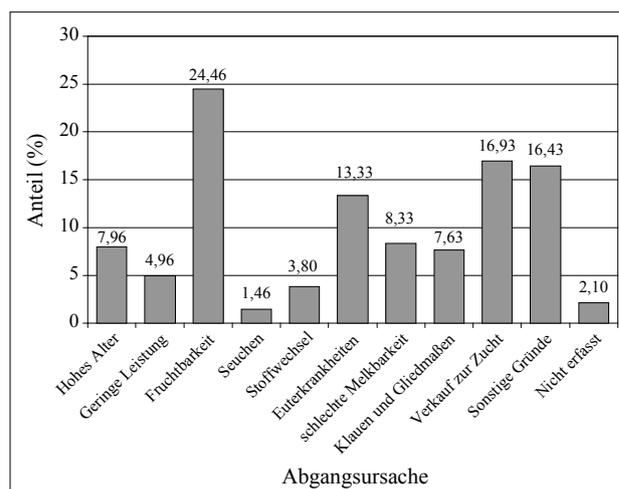


Abbildung 1: Abgangsursachen der Rassen FV, BV und HF (EGGER-DANNER et al. 2009)

¹ Landwirtschaftskammer Kärnten, Arbeitskreisberatung Milchproduktion, Museumgasse 5, A-9020 Klagenfurt

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Klaus Messner, email: k_messner@lk-kaernten.at

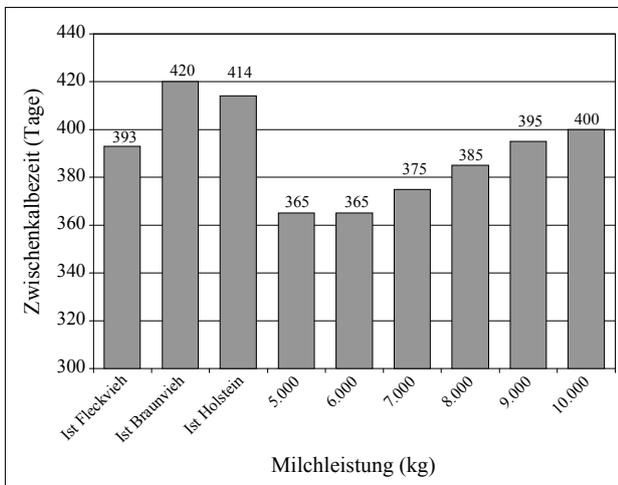


Abbildung 2: Zwischenkalbezeit – Ist- und Sollwerte, AK-Milchproduktion

Milchleistung (siehe *Tabelle 1*). Hier kommt klar zum Ausdruck, dass beste Genetik und ebensolches Management Garanten für fruchtbare Kühe darstellen, die zu hohen Leistungen bereit sind.

Genetik (Stierauswahl)

Eine gute Fruchtbarkeit beginnt mit der Wahl der richtigen Genetik und zwar in zweierlei Hinsicht. Erstens hat die Wahl des Stieres einen entscheidenden Einfluss auf den Verlauf der nachfolgenden Geburt vor allem in den Merkmalen „Kalbeverlauf“ und „Totgeburtenrate“ und zweitens wird der Grundstein für die am Betrieb vorhandene Genetik in der Zukunft gelegt. Somit stellt jede Besamung eine gezielte Anpaarung dar. Der Gesamtzuchtwert der eingesetzten Kalbväter beträgt im Durchschnitt der Arbeitskreisbetriebe 121 und liegt damit auf einem sehr hohen genetischen Niveau. Dennoch gibt es unter den Betrieben große Unterschiede. Vor allem bei Neumitgliedern kann häufig beobachtet werden, dass sie sich nicht darüber im Klaren sind, dass sie die Entscheidungsträger für die eingesetzte Genetik am Betrieb sind. Im Rahmen der Arbeitskreisberatung werden regelmäßig Seminare zum Thema Exterieurbeurteilung abgehalten und auf Praxisbetrieben gezielte Anpaarungsempfehlungen von Experten der Zuchtverbände durchgeführt.

Tabelle 1: Kennwerte Fruchtbarkeit und Leistung, AK-Milchproduktion (Bundesauswertung 2009)

Kennzahl	+ 25 %	Durchschnitt	- 25 %
Prod. Milch/Kuh	7.829	7.002	6.183
Direktkostenfreie Leistung/Kuh	1.982	1.530	1.058
Direktkostenfreie Leistung/kg Milch	25,5	21,9	17,4
Lebensleistung Schlacht- und Verlustkühe	27.610	25.704	23.483
Zwischenkalbezeit	385	392	399
Anteil ZKZ über 420 Tage	19	24	28
Anteil Kühe 1. Abkalbung	28	29	32
Anteil Kühe mind. 5 Abkalbungen	19	20	19
Erstkalbealter	28,7	29,3	30,2
Besamungsindex	1,6	1,7	1,7
Serviceperiode	98	103	107
Tiergesundheitskosten/Kuh	70	75	83
Netto BE-Kosten je kg Milch	2,0	3,1	4,5

Nutzungsdauer und Lebensleistung

Absolut zu Recht befindet sich im Teilzuchtwert „Fitness“ die Nutzungsdauer an erster Stelle, denn auch hier besteht akuter Handlungsbedarf. Im Vergleich der Nutzungsdauer zwischen 1999 und 2009 ergeben sich aus den Werten der ZUCHTDATA eine Abnahme von 0,25 Jahren beim Fleckvieh, 0,30 beim Braunvieh und 0,32 bei Holstein. Unter Berücksichtigung der Zwischenkalbezeiten, der Totgeburtenrate und des Geschlechterverhältnisses von 50:50 zwischen männlichen und weiblichen Nachkommen, bleiben nur mehr circa zwei weibliche Kälber pro Kuhgeneration übrig.

Die Lebensleistung konnte im gleichen Zeitraum bei FV, BV und HF um durchschnittlich 3.792 kg gesteigert werden. Dieser Wert kommt auf Grund der teilweise stark gestiegenen Leistungen zustande und ist sehr erfreulich, da die Lebensleistung ein sehr wichtiger wirtschaftlicher Erfolgsfaktor ist. Wie bei vielen anderen Kennzahlen zeigt sich auch in der Auswertung der Arbeitskreisbetriebe, dass hohe (Lebens-)Leistungen und gute Fruchtbarkeitswerte bei entsprechendem Management nicht im Widerspruch stehen. In *Tabelle 2* ist ersichtlich, wie sich Lebensleistung und Nutzungsdauer bei den Schlacht- und Verlustkühen präsentieren. Das bessere Viertel auf Basis der Direktkostenfreien Leistung hat eine um 0,27 Laktationen geringere Nutzungsdauer, was 82 Tagen entspricht. Diesem Wert steht jedoch eine um 4.127 kg höhere Lebensleistung bei einer um 1.646 kg höheren Laktationsleistung gegenüber. Das entspricht 59 % der Laktationsleistung einer Kuh aus dem Durchschnitt (7.002 kg). Daraus wird die Forderung nach langlebigen Kühen bei guter Leistung untermauert.

Grundfutterqualität und Kraftfuttereffizienz

Einen maßgeblichen Einfluss auf die Fruchtbarkeit hat die Fütterung. Da in Österreich die grünlandbasierte Milcherzeugung im Mittelpunkt steht, kommt vor allem der Qualität

Tabelle 2: Lebensleistung und Nutzungsdauer der Schlacht- und Verlustkühe, AK-Milchproduktion (Bundesauswertung 2009)

	+ 25 %	Durchschnitt	- 25 %
Lebensleistung	27.610	25.704	23.483
Prod. Milch	7.829	7.002	6.183
Laktationen	3,53	3,67	3,80

des Grundfutters eine entscheidende Rolle zu. In einer Studie zur Zukunft der Milchproduktion von Dr. Leopold Kirner vom AWI aus dem Frühjahr 2007 ging hervor, dass 41 % der befragten 505 Betriebe als Ziel formulierten, mehr Milch aus dem Grundfutter produzieren zu wollen. Sie glauben auch, das dafür nötige Potenzial auf ihren Betrieben zu haben (KIRNER 2007). Aus dem aktuellen Horizontalvergleich der Arbeitskreisbetriebe ergibt sich eine Differenz in der Grundfutterleistung von 1.256 kg ECM-Milch aus dem Grundfutter je Kuh und Jahr zwischen den einzelnen Vierteln. Auch in Kärnten stellt der Themenbereich der Grundfutterqualität stets einen Schwerpunkt im Arbeitskreisjahr dar. Dabei spannt sich der Bogen in den angebotenen Grünlandseminaren von Feldbegehungen mit der Beurteilung des Pflanzenbestandes über Fachveranstaltungen zur Erntetechnik und des Siliermanagements bis hin zur sensorischen Beurteilung der vorgelegten Ration am Futtermisch. Ein ganz wesentlicher Schwerpunkt zur Bestimmung der Grundfutterqualität und unerlässlicher Parameter für jede fundierte Rationsberechnung ist die Futtermittelanalyse im Futtermittellabor. Im Jahr 2009 wurden in Kärnten 214 Futterproben von 107 Arbeitskreisbetrieben gezogen und zur Analyse nach Roseau eingeschickt. In gemeinsamen Ergebnispräsentationen in Zusammenarbeit mit dem Fütterungsberater wurden Stärken und Schwächen aufgezeigt und Möglichkeiten zur Verbesserung erarbeitet. Einen hilfreichen Beitrag für diese wertvollen Informationsveranstaltungen leistete auch das Silageprojekt aus Gumpenstein, in welchem bis dato 3.612 Proben ausgewertet wurden.

Einen massiven Einfluss auf das Fruchtbarkeitsgeschehen im Milchbetrieb hat auch die leistungsgerechte Zuteilung des Kraftfutters. Bereits ab dem Ende des zweiten Laktationsdrittels liegen hier bei vielen Betrieben noch sehr viele Reserven in mehrerlei Hinsicht. Da mit zunehmender Laktationsdauer immer weniger Kraftfutter in Milch, sondern in Körperfett umgewandelt wird, besteht ab hier die Gefahr der Verfettung. Diese ist mitunter daran beteiligt, dass Kühe Probleme bei der Abkalbung mit allen Folgeerscheinungen wie Schweregeburt, Festliegen, nicht abgehende Nachgeburt, schwereres Verbleiben und in der Folge eine (stark) verspätet eintretende Trächtigkeit, wodurch sich die Spirale der Probleme in die nächste Laktation weiterdreht. Nicht zuletzt kann auch bei den Kraftfutterkosten durch gezielte Zuteilung ein erhebliches Einsparungspotenzial erreicht werden. In *Abbildung 3* sind die eingesetzten Kraftfuttermengen in Abhängigkeit von der Milchleistung der Arbeitskreisbetriebe dargestellt.

Aus der Abbildung geht deutlich hervor, dass viele Betriebe deutlich mehr Kraftfutter einsetzen als im Vergleich zur Leistung optimal wäre. Dieses Zuviel an Kraftfutter gelangt sehr oft auch noch zu den altemelkenden und trockenstehenden Kühen. Im Durchschnitt der Betriebe werden 23 dag Kraftfutter je kg produzierter Milch eingesetzt. Zahlreiche Fütterungsseminare und Rationsberechnungen werden hier den Arbeitskreismitgliedern als Hilfestellung in der Fütterung angeboten.

BCS

Einen wertvollen Hinweis auf die Fütterung und Kraftfutterzuteilung liefert die regelmäßige Beurteilung der

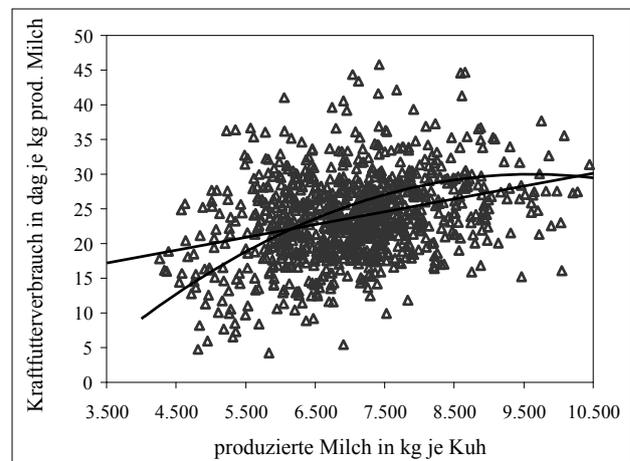


Abbildung 3: Milchleistung und Kraftfuttereinsatz, AK-Milchproduktion (Bundesauswertung 2008)

Körperkondition. Mit Hilfe dieses recht einfachen Systems kann der Grad der Verfettung festgestellt, und bei zu hohem Verfettungsgrad Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. In ganztägigen Arbeitskreisveranstaltungen, die zumeist aus einem theoretischen Teil als Vortrag und Diskussionsplattform und einem praktischen Teil auf einem Arbeitskreisbetrieb bestehen, werden die Mitglieder mit diesem System vertraut gemacht.

Klauen

Das Management der Klauengesundheit stellt das Fundament der Leistungsfähigkeit einer Herde dar. Fruchtbarkeitsprobleme stehen oft im direkten Zusammenhang mit Klauenproblemen, da diese primär in der Phase der Früh- und Hochlaktation (zwischen dem 50. und 100. Laktationstag) auftreten – also genau in der Zeit, in der die Kühe wieder trächtig werden sollten. Aus einer Studie der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (MAHLKOW-NERGE 2008) geht eindeutig hervor, dass alle fruchtbarkeitsrelevanten Kennzahlen wie Rastzeit, Trächtigkeitsrate nach Erstbesamung, Besamungsindex, Günstzeit, Zwischenkalbezeit und Gesamtträchtigkeitsrate bei Kühen mit Klauenproblemen signifikant negativ beeinflusst werden. So ergab sich für Tiere mit mehr oder weniger starken Klauenleiden beispielsweise eine um 17 bis 45 Tage unfreiwillig verlängerte Günstzeit. Auch der Besamungsindex war bei diesen Tieren signifikant höher. Besonders stark betroffen waren dabei die Jungkühe, was durch den zusätzlichen Stress der Neueingliederung in die Herde und das Herstellen der Hierarchie begründet werden kann.

Die Klauengesundheit stellt auch im Jahresablauf der Arbeitskreisberatung immer wieder einen Fixpunkt dar, denn Klauenerkrankungen sind multifaktoriell bedingt und müssen von mehreren Seiten betrachtet werden. Fütterungsseminare, Stallseminare zu Fragen der Haltung und des Platzangebotes sowie spezielle Klauenpflegekurse werden in regelmäßigen Abständen von den Mitgliedern nachgefragt und auch angeboten.

Haltungsumwelt und Stress

Mängel in der Haltung sowie die Bewältigung von Stress wirken sich ebenfalls durchwegs negativ auf die Fruchtbar-

keit aus. Hier bietet die Arbeitskreisberatung den Betrieben eine wertvolle Hilfestellung in Form von meist ganztägigen Stallseminaren. Dabei wird ein Betrieb ausgewählt, um vor Ort in gemeinsamen Diskussionen unter der Anleitung von fachkundigen Referenten die Situation zu erörtern, Stärken und Schwächen aufzuzeigen und gemeinsam Lösungsansätze zu finden. Gerade bei diesen Seminaren profitiert der Praxisbetrieb enorm von den konstruktiven Beiträgen aus der Gruppe, denn jeder hat mit einer gewissen „Betriebsblindheit“ zu kämpfen.

Von den Neueinsteigern wird das Angebot der Stärken-Schwächen-Analyse sehr geschätzt. Hierbei handelt es sich um halbtägige, einzelbetriebliche Spezialberatungen durch den Arbeitskreisbetreuer, welche primär der Produktionsoptimierung dienen. Diese Beratung gliedert sich in drei Teile:

- Was will die Betriebsleiterin oder der Betriebsleiter von mir wissen?
- „Stallteil“ mit Checkliste für Anbindestall oder Laufstall
- Dokumentation der im Stall besprochenen Inhalte und der wichtigsten betriebswirtschaftlichen Kennzahlen

Im „Stallteil“ wird anhand der Checkliste die Produktionsstätte „Stall“ unter die Lupe genommen. Erhoben werden Punkte wie Fressplatzgestaltung, Futtervorlage, Wasserversorgung, Liegekomfort, Technopathien, Stallklima, Melkarbeit, Platzangebot, Ernährungszustand der Tiere, usw. Nach dem Stallrundgang werden die erarbeiteten Empfehlungen in ein Beratungsprotokoll eingearbeitet, welches am Betrieb verbleibt (siehe *Abbildung 4*). Sehr oft können im Rahmen dieser Beratungen einfache und kostengünstige Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt werden, welche sich positiv auf die Fruchtbarkeit auswirken. Auch kommen dabei Wünsche zu speziellen Themen zur Sprache, die im Rahmen von weiteren AK-Sitzungen abgehandelt werden sollen.

Fruchtbarkeit und Stoffwechsel

Fruchtbarkeitsprobleme und Stoffwechselstörungen sind untrennbar miteinander verbunden. Die „Berufskrank-

Stärken-Schwächen-Analyse-Zusammenfassung

Arbeitskreisberatung Milchviehhaltung - Beratungsprotokoll

Stärken:

- Genetisch gut veranlagte Kühe
- Sehr gut ausgestattete und gepflegte Liegeboxen

Die drei wichtigsten Empfehlungen:

- Die Trockensteher laufen in der Herde mit und sind zu fett! Eigene Trockenstehergruppe bilden!
- Transpondertüre nachrüsten
- Für 24 Kühe steht nur ein Wassertrog zur Verfügung, mindestens einen weiteren Trog anbringen!

Weitere Verbesserungsvorschläge:

- Kälberbarren täglich ausputzen (KF-Heu-Milchgemisch)
- Zitzengummis erneuern und auf Dimension achten

Abbildung 4: Auszug aus Stärken-Schwächen-Analyse; AK-Milchproduktion

heiten“ der Milchkühe wie Ketose, Pansenacidose, Milchfieber und Labmagenverlagerung gehen unmittelbar mit Störungen in der Fruchtbarkeit einher. Wer das Augenmerk auf die Tiergesundheit seiner Herde legt, wird mit einer guten Milchleistung und hoher Fruchtbarkeit seiner Kühe belohnt. Dass höher leistende Tiere nicht zwangsläufig höhere Tiergesundheitskosten verursachen, belegen die Auswertungen der Arbeitskreisberatung im Horizontalvergleich. 70 Euro pro Kuh und Jahr im besseren Viertel bei 7.829 kg produzierter Milch stehen 83 Euro pro Kuh und Jahr im schwächeren Viertel bei 6.183 kg produzierter Milch gegenüber. Zusätzlich ist anzumerken, dass bei den Betrieben mit höherer Leistung der Anteil der Kosten für vorbeugende Maßnahmen höher ist als bei so genannten „Feuerwehraktionen“ in denen es darum geht, Akutfälle zu retten. In Fruchtbarkeitsseminaren mit kompetenten Tierärzten wird auf Fragen der Stoffwechselkrankheiten eingegangen. Gerade hier zeigt sich die Notwendigkeit einer guten Zusammenarbeit und Partnerschaft zwischen Tierarzt und Landwirt. Trächtigkeitsuntersuchungen, Zystenbehandlungen, Spülungen usw. sind unerlässlich für die Bestandesbetreuung im Fruchtbarkeitsgeschehen und können nur von einem verlässlichen Partner durchgeführt werden. In Zusammenarbeit mit mehreren Tierärzten und der Arbeitskreisberatung wurden Checklisten für ein erfolgreiches Fruchtbarkeitsmanagement entwickelt. Der Fahrplan von der Geburt bis zur trächtigen Kuh ist in *Abbildung 5* dargestellt:

Eine sehr wirksame Methode, um positiv auf das Eintreten einer erfolgreichen Trächtigkeit einzugreifen, ist die regelmäßige Temperaturkontrolle nach der Abkalbung in einer Abkalbebox. Betriebe, die diese Methode anwenden, sprechen von großen Erfolgen, da sie einen Informationsvorsprung haben und so früher reagieren können. Bei Einhaltung der einzelnen Schritte sind Zwischenkalbezeiten, die den Empfehlungswerten der Arbeitskreisberatung entsprechen, leichter erreichbar.

Abschließend bleibt anzumerken, dass die Herausforderungen im Management der Fruchtbarkeit weiterhin groß sind und bleiben werden, und dass eine ständige Weiterbildung notwendig ist. Das Angebot der Arbeitskreisberatung für

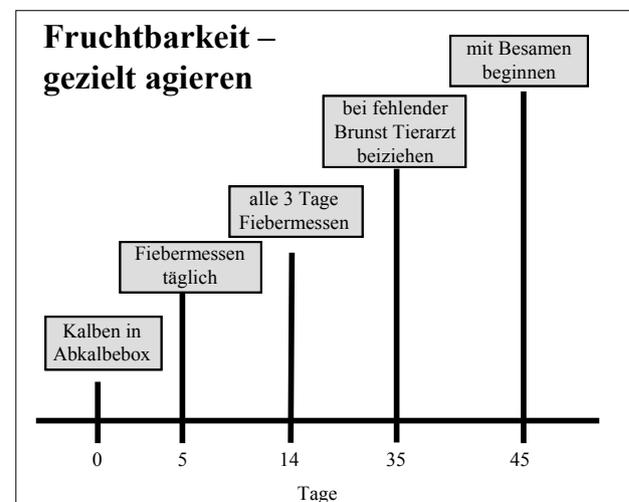


Abbildung 5: Fahrplan von der Geburt zur Trächtigkeit

Milchproduktion bietet dafür einen guten Weg und richtet sich mit der Einladung an alle Milchproduzenten, diesen auch zu beschreiben.

Literatur

EGGER-DANNER, C., C. FÜRST, M. MAYERHOFER, C. RAIN und C. REHLING, 2009: Jahresbericht ZUCHTDATA, 65 S.

KIRNER, L., C. ROSENWIRTH, E. SCHMID, F. SINABELL, F. und C. TRIBL, 2007: Analyse von möglichen Szenarien für die Zukunft des Milchmarkts in der Europäischen Union und deren Auswirkungen auf

die Österreichische Milchwirtschaft. Studie der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und des Wirtschaftsforschungsinstituts im Auftrag des BMLFUW, Wien.

MAHLKOW-NERGE, K., 2008: Klauengesundheit und Fruchtbarkeit von Milchkühen. Nutztierpraxis aktuell 27, 40-45.

Milchproduktion, 2005, 2006, 2007, 2008: Ergebnisse und Konsequenzen der Betriebszweigauswertung aus den Arbeitskreisen für Milchproduktion in Österreich.

STOCKER, F. 2009: Fitness – nur ein Schlagwort oder klarer wirtschaftlicher Nutzen? Rundschreiben Kärntner Rinderzuchtverband; Arbeitskreis Milchproduktion LK-Steiermark; Info 1-2009.

GESUNDheitsmonitoring Rind – Übersicht und aktueller Stand des Projektes

Christa Egger-Danner^{1*}, Birgit Fürst-Waltl², Berthold Grassauer³, Roman Janacek⁴, Claudia Litzllachner⁷, Martin Mayerhofer¹, Josef Miesenberger⁶, Astrid Köck², Walter Obritzhauser³, Franz Schaller⁵, Gottfried Schoder⁴, Hermann Schwarzenbacher¹, Franz Sturmlechner¹, Anton Wagner¹, Petra Winter⁸ und Karl Zottl⁵

Zusammenfassung

Zunehmende Herdengrößen und Druck auf die Preise verlangen noch stärker nach Optimierung des Herdenmanagements. Ein Österreich weites Gesundheitsmonitoring Projekt beim Rind wird seit 2006 aufgebaut. Innerhalb des Projektes wurden Diagnosedaten, die lt. Tierarzneimittelkontrollgesetz zu dokumentieren sind, standardisiert und in die Rinderdatenbank erfasst. Alle Betriebe unter Milchleistungskontrolle können am Projekt teilnehmen. Ein Projektziel ist die Entwicklung einer Zuchtwertschätzung für Gesundheitsmerkmale für Stiere. Aktuell werden Gesundheitszuchtwerte für Mastitis, Fruchtbarkeitsstörung und Milchfieber bei Fleckvieh bereitgestellt. Für zuverlässige Gesundheitszuchtwerte von jungen Stieren ist wichtig, dass möglichst alle Töchter von Teststieren in Betrieben mit zuverlässiger Diagnosedatenerfassung geprüft werden. Zur Unterstützung des Herdenmanagements und des Gesundheitsmanagements der Tierärzte werden Gesundheitsberichte bereitgestellt. Auf diesen Berichten sind Daten aus der Leistungsprüfung und dem Diagnosemonitoring aufbereitet, um mögliche Probleme frühzeitig zu erkennen und eine Therapie einzuleiten. Für die zuverlässige Dokumentation bei der täglichen Arbeit ist die Motivation der Bauern und Tierärzte wichtig. Der Erfolg des Projektes ist auf das Engagement und die gute Zusammenarbeit der verschiedenen beteiligten Organisationen und Institutionen zurückzuführen.

Schlagwörter: Milchkuh, Gesundheitsmonitoring, Mastitis, Fruchtbarkeitsstörung, Zuchtwert

Summary

Increasing herd sizes and pressure on producer prices result in high demands for successful herd management. An Austrian wide health monitoring system for cattle is currently being implemented. Within the project diagnostic data, which have to be documented by law (law of drug control), are standardised and recorded into a central database. All farms under performance recording are free to join the project. Presently 13,100 farms under performance recording are taking part in Austria. An overall aim of the project is the development of a genetic evaluation for health traits for the main Austrian cattle breeds. Presently for Fleckvieh breeding values for mastitis, fertility problems and milk fever are provided to the breeding organisations. For reliable breeding values of young bulls recording of diagnoses of daughters from test bulls is needed in all herds.

To support management decisions of cattle breeders and herd health management of their veterinarians, health reports are provided. It combines performance recording data and data from health monitoring to enable early detection of health problems and their therapy.

For their recording in daily work, the motivation and awareness of farmers and veterinarians are essential. The success of the project is due to the joint effort of the different organisations and institutions involved.

Keywords: dairy cow, health monitoring system, mastitis, reproductive disorders, breeding value

¹ ZAR/ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH, Dresdner Straße 89/19, A-1200 Wien

² Universität für Bodenkultur, Wien

³ Österreichische Tierärztekammer

⁴ ARGE Wiederkäuer der Österreichischen Tiergesundheitsdienste

⁵ Landwirtschaftskammer Steiermark/Landwirtschaftskammer Niederösterreich (Vertreter Leistungsprüfung)

⁶ Fleckviehzuchtverband Inn- und Hausruckviertel und Oberösterreichische Besamungsstationen GmbH (Vertreter Zuchtorganisationen)

⁷ Landwirtschaftskammer Österreich

⁸ AGES Mödling

* Ansprechpartner: Dr. Christa Egger-Danner, email: egger-danner@zuchtdata.at

1. Einleitung

Zunehmende Bestandesgrößen und Druck auf die Erzeugerpreise verlangen nach leistungsstarken, aber auch problemlosen Rindern. Mit der Einführung der genomischen Selektion sind noch deutlich höhere Zuchtfortschritte bei der Milchleistung zu erwarten. Um unter diesen Rahmenbedingungen die Fitness und Gesundheit zumindest zu erhalten, ist ein verstärktes Monitoring dieses Bereiches notwendig. Die Dokumentation und Erfassung von Gesundheitsinformationen ist eine wichtige Voraussetzung für entsprechende Managementmaßnahmen als auch züchterische Verbesserungen. Die Nachvollziehbarkeit der Produktion ist für das Vertrauen der Konsumenten in die Lebensmittelsicherheit wichtig.

In Österreich wird seit Mitte 2006 beim Rind in Zusammenarbeit von Rinderzucht, Leistungsprüfung, Veterinärmedizin, Wissenschaft, Interessensvertretung und der Unterstützung durch die Ministerien ein GESUNDheitsmonitoring aufgebaut.

2. Hintergrund

2.1. In Skandinavien erfolgreich

In den skandinavischen Ländern ist die Erfassung von Tiergesundheitsdaten und deren Berücksichtigung in der Zucht und im Herdenmanagement seit Jahren Routine. In Norwegen (*Abbildung 1*) konnte dadurch das Risiko einer Kuh an klinischer Mastitis zu erkranken deutlich vermindert werden. Das durchschnittliche Risiko einer Kuh an Mastitis zu erkranken lag 1994 noch bei 40 %, innerhalb der letzten 10 Jahre konnte das Mastitisrisiko um beinahe 20 % reduziert werden.

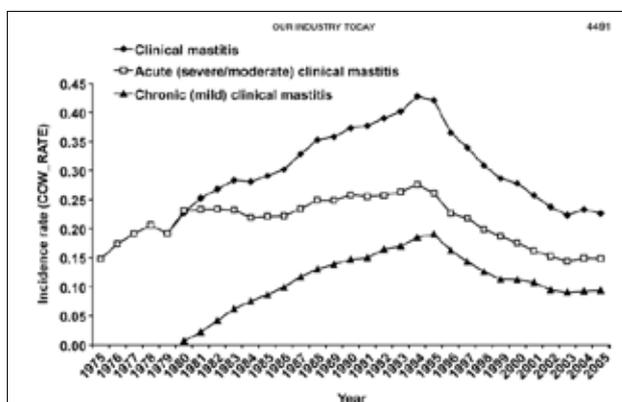


Abbildung 1: Risiko einer Kuh an klinischer Mastitis zu erkranken in Norwegen von 1975 bis 2005 (Norwegian Cattle Health Services, ØSTERÅS und SØLVERØD 2005)

2.2. Gesetzliche Grundlage besteht

Laut Tierarzneimittelkontrollgesetz sind Diagnosen zu dokumentieren. Diese wurden vor dem Start des Projektes „GESUNDheitsmonitoring RIND“ in der Regel weder elektronisch erfasst noch für Zucht und Management genutzt.

Tierarzneimittelkontrollgesetz 2002/Änderungen 2005:

§ 4 (6) „Der Tierarzt hat über das Datum der Untersuchung der Tiere, Name und Anschrift der Tierhalter, die Angaben

zur Identität und Anzahl der behandelten Tiere, die Diagnose, die verschriebenen Arzneimittel, Anwendungsart, die verabreichte Dosis, die Behandlungsdauer und die einzuhaltenden Wartezeiten in geeigneter Weise Buch zu führen....

§ 4 (7) ... Außerdem hat der Tierarzt für alle an den Tierhalter abgegebenen Arzneimittel einen Abgabeschein auszustellen....“

Rückstandskontrollverordnung (VO nach LMSVG) 2006:

Die Rückstandskontrollverordnung legt fest, dass die Art der verordneten und durchgeführten Behandlungen im Bestandesregister (Stallbuch) einzutragen ist.

Tiergesundheitsdienstverordnung (VO nach TAKG) 2006:

In den amtlichen Veterinärnachrichten wurde seitens des Bundesministeriums für Gesundheit, Familie und Jugend vor Projektbeginn im April 2006 für im Tiergesundheitsdienst (TGD) beteiligte Tierärzte und Tierhalter festgelegt, dass die Dokumentation der Arzneimittel-Anwendung basierend auf dem veröffentlichten Diagnoseschlüssel mit Diagnosecode zu erfolgen hat.

2.3. Wirtschaftlichkeit – bessere Tiergesundheit rechnet sich

In wirtschaftlich angespannten Situationen ist es wichtig die Produktion zu optimieren und die Kosten in den verschiedensten Bereichen zu minimieren. Hier spielt die Tiergesundheit, die oftmals Probleme in der Fütterung, Haltung etc. widerspiegelt, eine zentrale Rolle. Betriebszweigauswertungen des Arbeitskreises Milchproduktion weisen 2004 in Österreich bei reinen Tierarztkosten eine durchschnittliche Belastung von 0,8 Cent pro kg Milch aus (LK AUSTRIA 2005). Werden auch Folgekosten (geringere Milchleistung, geringere Qualität, höhere Bestandsergänzung durch kürzere Nutzungsdauer, höherer Arbeitszeitbedarf,...) berücksichtigt, liegen die Kosten nach einer Untersuchung von PLATEN (2003) bei rund 4 Cent pro kg Milch. Nach STOCKER (2008) kostet eine um einen Monat verlängerte Zwischenkalbezeit mindestens 125 Euro pro Kuh und Jahr. Eine durchschnittliche Zellzahl von über 250.000 mindestens 180 Euro pro Kuh und Jahr. Daher wird auch aus wirtschaftlichen Überlegungen die Vorsorge und Krankheitsvermeidung für einen Betrieb immer wichtiger.

3. Projektziele

Das Ziel des Projektes „GESUNDheitsmonitoring RIND“ ist der Aufbau eines Datenerfassungssystems für Diagnosedaten und die Bereitstellung dieser Informationen zum Nutzen für Herdenmanagement, Bestandesbetreuung und Zucht (*Abbildung 2*).

3.1. Datenerfassungssystem für Diagnosedaten

Um die Diagnosedaten von Arzneimittelbelegen nutzen zu können, ist die Angabe der Diagnose mit einem 2-stelligen Zifferncode auf dem Arzneimittelbeleg durch den Tierarzt notwendig (*Abbildung 3*). Hierzu wurde der offizielle Arzneimittelbeleg angepasst und ein Österreich weit gültiger Diagnoseschlüssel zur Standardisierung der Diagnosen ausgearbeitet.

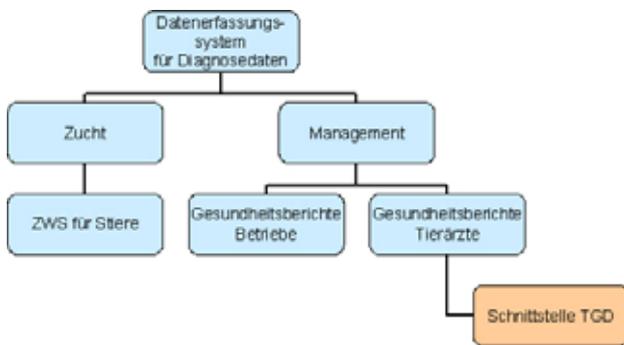


Abbildung 2: Darstellung der Projektziele

Arzneimittelanwendungs-, Arzneimittelabgabe- und Arzneimittelrückgabebeleg für die Angabe der Diagnose mit einem 2-stelligen Diagnosecode

Betrieb: (Name und Anschrift) _____

LFBISNr.: _____

Legende:
 B=Behandl
 NB=Nachbr
 A=Abgabe
 R=Rückgab
 Tierarten (T)
 Rd = Rind
 Schf = Schaf
 Gll = Gelege

TA	Identität der/s Tiere/s OhrenmarkenNr. BoxenNr.	Diagnose- schlüssel (2-stellig)	Menge
BO			
AO			
RO			
			NB O

Abbildung 3: Auszug aus dem neuen Arzneimittelanwendungs-, Arzneimittelabgabe- und Arzneimittelrückgabebeleg für die Angabe der Diagnose mit einem 2-stelligen Diagnosecode

Mit der Zustimmung des Landwirtes werden die Tieridentität, die Betriebs-Nummer (LFBIS), die Tierarzt Nummer, das Diagnosedatum und die Diagnose von Erstbehandlungen in der Rinderdatenbank (RDV) erfasst. Die Erhebung kann im Zuge der Milchleistungsprüfung vom Mitarbeiter des Landeskontrollverbandes erfolgen oder direkt vom Tierarzt elektronisch übermittelt werden.

Durch die Zustimmungserklärung und das Datenschutzgesetz ist geregelt, dass keine personen- und betriebsbezogenen Daten an Dritte weitergegeben werden können.

Zusätzlich kann der Landwirt im RDV4M (Internet für Landwirte) auch weitere gesundheitsrelevante Beobachtungen und Aktionen selbst erfassen (Abbildung 4).

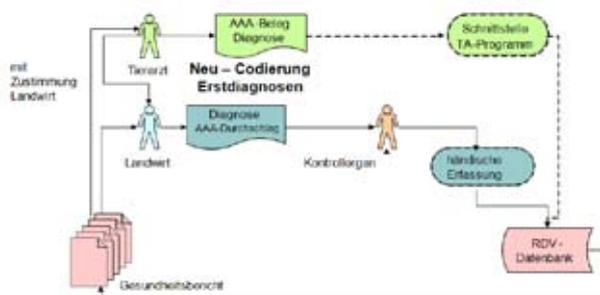


Abbildung 4: Ablauf der Datenerfassung und Rückmeldung (Gesundheitsberichte)

3.1.1. Aktueller Stand der Umsetzung

Das Projekt hat sich in den östlichen Bundesländern bereits sehr gut etabliert. Aktuell nehmen 13.100 Betriebe mit ca. 220.000 Kühen am Projekt teil. Entscheidend ist die Erfassung der Diagnosen. Österreichweit kommen von 64 % der GESUNDBetriebe auch Diagnosen (Steiermark 85 %, Niederösterreich 89 %).

In den anderen Bundesländern ist teilweise nicht nur der Anteil der Betriebe mit Diagnosen derzeit noch geringer, sondern auch der Anteil der LKV-Betriebe (Abbildung 5), die am Projekt teilnehmen.

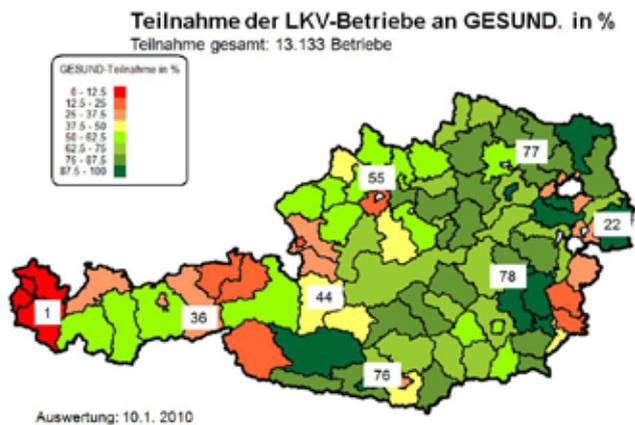


Abbildung 5: Anteil der LKV-Betriebe, die am Projekt Gesundheitsmonitoring Rind teilnehmen, nach Bezirken (Stand: 10.1.2010)

3.2. Zuchtwerte für Gesundheitsmerkmale

Wissenschaftliche Ergebnisse zeigen, dass Zucht auf Gesundheitsmerkmale Erfolg versprechend ist. Die Erbliechkeitswerte von Mastitis, Nachgeburtshaltung, Stoffwechselerkrankungen etc. sind teilweise höher als die der bisher in der Zuchtwertschätzung in Österreich und Deutschland berücksichtigten Fitnessmerkmale.

Tabelle 1: Erbliechkeitswerte von Gesundheitsmerkmalen (HERINGSTAD et al. 2005, ZWALD et al. 2004a, 2004b)

Merkmal	Erblichkeit (1. Lakt./alle Lakt.)
Holstein – USA (2004)	
Labmagenverlagerung	0,15 - 0,18
Ketose	0,06 - 0,11
Mastitis	0,06 - 0,07
Lahmheit	0,05 - 0,08
Zysten und Metritis	0,07 - 0,08
Norwegische Rote (2005)	
Klinische Mastitis	0,07 - 0,08
Milchfieber	0,09 - 0,13
Ketose	0,14 - 0,15
Nachgeburtshaltung	0,08

Eine Auswertung aus Dänemark zeigt (AAMAND 2006), dass von Stieren mit einem Eutergesundheitsindex unter 86 doppelt so viele Töchter in der ersten Laktation an klinischer Mastitis erkranken als von Stieren mit einem Index von über 114.

Tabelle 2: Erste Erbliehkeitswerte bei Fleckvieh in Österreich (KOECK et al. 2010a, 2010b)

Merkmal	Erblichkeit
Mastitis (- 10 bis 50 Tage)	0,08
Zysten (0 bis 150 Tage)	0,08
Stillbrunst, Azyklie (0 bis 150 Tage)	0,01
Metritis (0 bis 150 Tage)	0,08
Nachgeburtshaltung + puerperale Erkrankungen (bis 14 Tage)	0,09
Stoffwechsel (- 10 bis 100 Tage)	0,13

Für die Rasse Fleckvieh konnten bereits erste Erbliehkeitswerte geschätzt werden. Die Ergebnisse liegen im Bereich der Werte von HERINGSTAD et al. (2003), HERINGSTAD et al. (2005) und ZWALD et al. (2004a, 2004b). Für breit eingesetzte Stiere mit vielen Töchtern können bereits zuverlässige Gesundheitszuchtwerte geschätzt werden. Wie *Abbildung 6* zeigt, wird bei den fünf besten Stieren im Durchschnitt jede 12. Tochter (8 %) aufgrund einer Fruchtbarkeitsstörung behandelt, während bei den schlechtesten Stieren bereits jede 4. bis 5. Tochter (22 %) mindestens eine Fruchtbarkeitsdiagnose aufweist. Die Stillbrunst wird aufgrund der geringen Erbliehkeit nicht berücksichtigt.

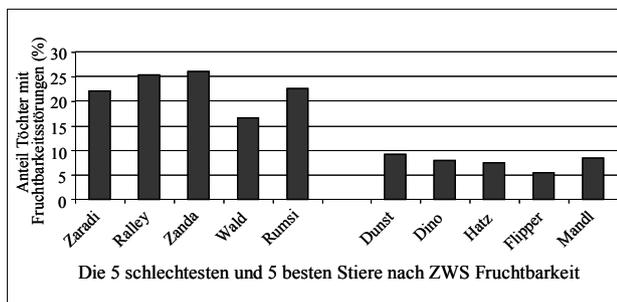


Abbildung 6: Zuchtwerte Fruchtbarkeitsstörung (Nov. 2009) mit Anteil Töchter (%) mit Fruchtbarkeitsstörungen zwischen den fünf besten und schlechtesten Stieren

3.3. Management

Gutes Herdenmanagement zeichnet einen erfolgreichen und gesunden Betrieb aus. Um Bestandesprobleme frühzeitig erkennen zu können, sind Gesundheitsberichte (Diagnosedaten mit weiteren Informationen aus der Leistungsprüfung) wertvoll. Mit der Zustimmung des Landwirtes werden diese Informationen an den Tierarzt zur Bestandesbetreuung weitergegeben, um eine effiziente Beratung zur Krankheitsvorbeugung und Krankheitsbekämpfung zu erleichtern. Die Berücksichtigung der Diagnosedaten im LKV-Tagesbericht hilft z.B. den Erfolg von durchgeführten Behandlungen zu kontrollieren.

Als Hilfsmittel für die Analyse der eigenen Stärken und Schwächen mit der Möglichkeit des Vergleichs zu anderen Betrieben auf Bezirks- und Landesebene wird ein Jahresbericht Tiergesundheit zur Verfügung gestellt. Dieser steht auch tagesaktuell für die Betriebserhebung im TGD zur Verfügung (EGGER-DANNER et al. 2008), (*Abbildung 7*).

	Einheit	Anzahl	Betrieb aktuell	Betrieb Vorjahr	Bezirk	Land
Auswertungszeitraum 02.09.2007 - 01.09.2008 im Vergleich zu Jahresbericht 2007						
Allgemein						
Kuhzahl	Anzahl		23,2	12,8	15,6	
Milchmenge	kg		7.255	6.513	7.048	
Fett	%		3,89	4,15	4,18	
Eiweiß	%		3,28	3,43	3,46	
Abgänge gesamt	%	4	16,1	4,3	29,6	30,7
Fruchtbarkeit						
Anzahl der Abkalbungen	Anzahl		18	22		
erwartete Zwischenkalbezeit	Tage	25	394		397	409
Erstbesamungsindex	Anzahl	33	2,0	1,7	1,5	1,7
Abgänge Unfruchtbarkeit	Anzahl		0	0		
Summe Diagnosen Fruchtbarkeit	Anzahl		14	16		
Eutergesundheit						
Zeitzahldurchschnitt	in 1000	138	200	317	181	190
Anzahl Zeitzahl über 200.000	Anzahl		29	48		
Anteil Zeitzahl über 200.000	%	29	21,0	28,4	21,2	22,8
Abgänge Euterkrankheiten	Anzahl		0	0		
Summe Diagnosen Euter	Anzahl		5	1		
Stoffwechselbereich						
Ø Fett-Eiweißquotient 1. - 100. Laktationstag	F/E	52	1,22	1,24	1,24	1,26
Summe Diagnosen Stoffwechsel	Anzahl		0	0		
Klauen und Gliedmaßen						
Summe Diagnosen Klauen und Gliedmaßen	Anzahl		0	0		
Kälber bis 6 Monate						
Anzahl Totgeburten/Verendung	Anzahl		1	1		
Summe Diagnosen Durchfallerkrankung	Anzahl		0	0		

Abbildung 7: Auszug aus dem tagesaktuellen Kurzbericht Tiergesundheit

3.4. Kennzahlen Tiergesundheit

Erstmals stehen bei österreichischen Rinderrassen Auswertungen zu Prävalenzen und Inzidenzen mit einer großen Datenbasis zur Verfügung (OBRITZHAUSER et al. 2008, SCHWARZENBACHER et al. 2010), (*Abbildung 8*).

Die Inzidenz ist der Anteil der Tiere mit mindestens einer Erstdiagnose im Bezugszeitraum für die betreffende Diagnose oder Diagnosegruppe. Bei allen Rassen weisen ca. 8 - 10 % der Kühe mindestens eine Euterdiagnose im Zeitraum 10 Tage vor und 150 Tage nach der Abkalbung auf. Bei den Fruchtbarkeitsstörungen sind es im Durchschnitt der Rassen und Laktationen ca. 20 % der Kühe. Die Stoffwechselstörungen treten verstärkt in den höheren Laktationen auf. Bei den Stoffwechselstörungen sind subklinische Erkrankungen nicht berücksichtigt.



Abbildung 8: Inzidenzen für Eutererkrankungen, Fruchtbarkeitsstörungen und Stoffwechselerkrankungen bei Fleckvieh, Braunvieh und Holsten in Österreich 2008

4. Diskussion

Wenn sich die großen Erwartungen auch bezüglich Zuchtfortschritt durch die genomische Selektion bestätigen, so wird es umso wichtiger sein, die Entwicklung der Fitness und Gesundheit der Tierbestände zu beobachten und auch diese Bereiche in der Zucht zu berücksichtigen. Die Erfassung von Diagnosedaten ist die Basis dafür.

Für den züchterischen Nutzen, aussagekräftige Kennzahlen als auch für den Nutzen für die Lebensmittelsicherheit und das Image der österreichischen Landwirtschaft ist eine sehr breite Beteiligung wichtig. Für zuverlässige Gesundheitszuchtwerte von den aktuellen Stieren ist es notwendig, dass möglichst alle Töchter von Teststieren auf Betrieben mit zuverlässiger Diagnosedatenerfassung geprüft werden.

Entscheidend für den Nutzen ist die Datenqualität. Die Validierung der Daten ist von großer Bedeutung. Es ist jedoch nicht einfach, Betriebe mit niedriger Frequenz von Betrieben mit unvollständiger Diagnosedatenerfassung zu unterscheiden. Wenn ein breiter Nutzen gegeben ist (Herdenmanagement, Bestandesbetreuung, Tiergesundheitsdienst,...) und diese Daten auch vom Landwirt und Tierarzt genutzt werden, so wird auch Augenmerk auf eine vollständige Dokumentation gelegt werden und dadurch auch die Zuverlässigkeit der Zuchtwertschätzung gewährleistet.

Entscheidend für die Motivation der Landwirte und Tierärzte zur Teilnahme am Projekt „GESUNDheitsmonitoring RIND“ in Österreich ist der Nutzen. Dieser kann jedoch erst im Laufe der Umsetzung aufbauend auf den Diagnosedaten entsprechend entwickelt und bereitgestellt werden. Das Ziel und das Bemühen im Projekt ist, sowohl Landwirten als auch Tierärzten moderne Werkzeuge zur Unterstützung von Herdenmanagement, Bestandesbetreuung und Zucht zum Wohle gesunder Tierbestände zur Verfügung zu stellen. Gemeinsam (Bauer, Tierarzt, Organisationen auf Länder- und Bundesebene) wird es gelingen, ein Monitoring für Gesundheitsinformationen in der Routine zu verankern und damit noch mehr Nachhaltigkeit in der österreichischen Rinderzucht zum Erfolg verhelfen.

Das österreichische Projekt hat Vorbildwirkung. Im September 2009 hat Bayern beschlossen ein ähnliches Projekt zu starten.

5. Danksagung

Der Projektträger RINDERZUCHT AUSTRIA (ZAR) dankt

- dem Bundesministerium für Land-, Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, dem Gesundheitsministerium und den Bundesländern für die finanzielle Unterstützung.
- den Projektpartnern für die wertvolle Unterstützung und gute Zusammenarbeit.
- den teilnehmenden Bauern und Tierärzten.



6. Literatur

- AAMAND, G.P., 2006: Data Collection and Genetic Evaluation of Health Traits in the Nordic Countries. British Cattle Conference, Shrewsbury, UK, 2006.
- EGGER-DANNER, C., W. OBRITZHAUSER, B. GRASSAUER, W. HOLZHACKER und P. WINTER, 2008: Gesundheitsmonitoring Rind – ein Hilfsmittel zur Bestandesbetreuung. Tierärztetagung, Gumpenstein, Juni 2008.
- HERINGSTAD, B., R. REKAYA, D. GIANOLA, G. KLEMETSDAL und K.A. WEIGEL, 2003: Genetic Change for Clinical Mastitis in Norwegian Cattle: A Threshold Model Analysis. *J. Dairy Sci.* 86: 369-375.
- HERINGSTAD, B., Y.M. CHANG, D. GIANOLA und G. KLEMETSDAL, 2005: Genetic correlations between clinical mastitis, milk fever, ketosis and retained placenta within and between the first three lactations of Norwegian Red (NRF). 56th Ann. Meeting EAAP 2005, Uppsala, Sweden.
- LK AUSTRIA, 2005: Results of an economic analyses of veterinary treatments in cattle in Austria. Report of the working group milk production within the Chamber of Agriculture in Austria.
- KOECK, A., C. EGGER-DANNER, C. FUERST, W. OBRITZHAUSER und B. FUERST-WALTTL, 2010a: Genetic analysis of reproductive disorders and their relationship to fertility and milk yield in Austrian Fleckvieh dual-purpose cows. Accepted by *J. Dairy Sci.*
- KOECK, A., B. HERINGSTAD, C. EGGER-DANNER, C. FUERST und B. FUERST-WALTTL, 2010b: Predictive Ability of Probit, Logit and Linear Models for Genetic Analysis of Clinical Mastitis in Austrian Fleckvieh Dual Purpose Cows. Submitted to *J. Dairy Sci.*
- OBRITZHAUSER, W., C. EGGER-DANNER, B. GRASSAUER, W. HOLZHACKER und P. WINTER, 2008: Preliminary results of a general health monitoring system for cattle in Austria. XXV. World Buiatrics Congress, Budapest, Hungary, July 7th, 2008.
- ØSTERÅS, O. und L. SØLVERØD, 2005: Mastitis control systems: The Norwegian experience. In: Hogeveen, H. (Ed.), *Mastitis in dairy production: Current knowledge and future solutions*, Wageningen Academic Publishers, Niederlande, 91-101.
- PLATEN, M., 2003: Tiergesundheit, Fruchtbarkeit und Reproduktion als Kostenfaktor in Milchviehherden. DGIZ-Schriftenreihe, Heft 32, Eds.: Deutsche Gesellschaft für Züchtungskunde e.V., Bonn, Germany.
- SCHWARZENBACHER, H., W. OBRITZHAUSER, A. KOECK und C. EGGER-DANNER, 2010: Wofür brauchen wir Kennzahlen? In: *Neue Lösungen für eine erfolgreiche und verantwortungsvolle Tierzucht - „GESUNDheitsmonitoring und genomische Selektion“*. Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR, Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter (Hrsg.).
- STOCKER, F., 2008: Fitness – nur ein Schlagwort oder klarer wirtschaftlicher Nutzen? Seminar des Ausschusses für Genetik der ZAR, Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter (Hrsg.).
- ZWALD, N.R., K.A. WEIGEL, Y.M. CHANG, R.D. WELPER und J.S. CLAY, 2004a: Genetic Selection for Health Traits Using Producer-Recorded Data. I. Incidence Rates, Heritability Estimates and Sire Breeding Values. *J. Dairy Sci.* 87: 4287-4294.
- ZWALD, N.R., K.A. WEIGEL, Y.M. CHANG, R.D. WELPER und J.S. CLAY, 2004b: Genetic Selection for Health Traits Using Producer-Recorded Data. II. Genetic Correlations, Disease Probabilities and Relationships with Existing Traits. *J. Dairy Sci.* 87: 4295-4302.

Aufbereitung der Gesundheitsmonitoring Rind Daten durch den RDV/LKV

Karl Zottl^{1*}

Zusammenfassung

Die LKV's bieten den Mitgliedsbetrieben in ihren Berichten umfassende Auswertungen, die im Herdenmanagement Unterstützung leisten. Auch die im Rahmen des Gesundheitsmonitoring erhobenen Diagnosen und zusätzliche Darstellungen wurden in diese Berichte integriert, um den Betriebsleiter bei der täglichen Arbeit zu unterstützen. Die Fülle der Informationen die einerseits mit dem Tagesbericht nach jeder Probemelkung und andererseits mit dem Jahresbericht Tiergesundheit zum Leistungsabschluss übermittelt werden, erforderten es, im Rahmen von Bildungsveranstaltungen die Erfassung des Ist-Zustandes und davon ausgehend die Ableitung von Managementschritten zur Optimierung zu vermitteln.

Auch für die Zusammenarbeit mit dem Tierarzt in der Bestandesbetreuung und im TGD wurden optimierte Wege der Informationsübermittlung geschaffen und ein Kurzbericht definiert, der tagaktuell abgerufen werden kann.

Schlagwörter: Tagesbericht, Jahresbericht Tiergesundheit, Diagnosedaten, Herdenmanagement

Summary

An efficient report to support the farmer in his dairy herd management activities is part of the member-service of the Austrian performance recording organisations. Therefore the diagnostic data, recorded in the health monitoring project, were integrated in the reports. Additional figures were calculated to provide information to the farmer for his daily decisions. The big amount of information on the one hand put into the test day's report and on the other hand on the yearly's health report, brought a strong demand for educational meetings, where the farmers were informed about the new figures and the possibilities to use them within the herd management.

To improve the use of the reports new ways to provide information to the veterinaries had to be found. In addition to that, a new report was defined, to fit to the needs of the veterinaries and the Animal Health Service.

Einleitung

Mit dem Start des Projektes Gesundheitsmonitoring Rind bestand die klare Forderung, die erfassten Gesundheitsdaten den teilnehmenden Betrieben für die Nutzung im Herdenmanagement rasch zur Verfügung zu stellen, um die Motivation zur Datenerfassung zu stärken. In der Diskussion mit den Praktikern zeigte sich, dass die Darstellung eng mit den aus der Leistungsprüfung (LP) stammenden Berichten zu verknüpfen ist. Nur so konnte sicher gestellt werden, dass relevante Informationen übersichtlich dargestellt und optimal aufbereitet in das Herdenmanagement Eingang finden und Doppelgleisigkeiten vermieden werden.

Einer der wesentlichen Erfolgsfaktoren der Diagnoseerfassung von den Arzneimittelbelegen weg im Rinderdatenverbund (RDV) bestand darin, diese Information einzeltierbezogen zu verarbeiten und mit Rückmeldungen den teilnehmenden Betrieben wieder zur Verfügung zu stellen. Um dem Datenschutz zu entsprechen, wurde eine eigene Teilnahmeerklärung für die Landwirte entwickelt. Um auch dem Hoftierarzt die Auswertungen zugänglich zu machen, kann der Landwirt im Einvernehmen mit seinem

Tierarzt eine Weitergabeerklärung der Daten an seinen Landeskontrollverband (LKV) übermitteln.

Die Erfassung der Daten

Die Basis der Datenerfassung legt das Tierarzneimittelkontrollgesetz, das die Dokumentation der Diagnosen auf den Arzneimittelanwendungs- und -abgabebelegen auf betrieblicher Ebene regelt. Der im Projekt gemeinsam mit der Tierärztervertretung ausgearbeitete österreichweit gültige Diagnoseschlüssel bietet erstmals die Möglichkeit der standardisierten Erfassung und Verarbeitung dieser Information.

Dazu stehen im Wesentlichen zwei Meldewege zur Verfügung. Der klassische Weg besteht darin, dass der behandelnde Tierarzt die Diagnose am Betrieb schriftlich dokumentiert und auch mit dem Diagnosecode versieht. Im Zuge der Leistungsprüfung werden diese Daten über die Mitarbeiter des LKV festgehalten und gemeinsam mit den Ergebnissen der LP im RDV erfasst.

Für jene Tierärzte, die in ihrer Praxis eine Softwarelösung einsetzen, besteht zudem die Möglichkeit, die aufgelaufenen Diagnosen direkt elektronisch an den RDV zu übermitteln.

¹ LKV Niederösterreich, Pater Werner Deibl-Straße 4, A-3910 Zwettl

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Karl Zottl, email: zottl@noegen.at

Dadurch können allfällige Übertragungsfehler vermieden werden.

Nicht jede Erkrankung einer Kuh führt auch zur tierärztlichen Diagnose, vor allem dann, wenn am Betrieb die Merzungsentscheidung getroffen wird. Daher werden auch die in der Leistungsprüfung bereits seit langem erhobenen Abgangsursachen berücksichtigt. Zudem besteht die Möglichkeit, dem Kontrollassistenten sogenannte Beobachtungen mitzuteilen und im RDV erfassen zu lassen. Seit einigen Monaten kann jede Beobachtung auch direkt vom Betriebsleiter im Internetservice RDV4M „Mein Betrieb im Internet“ festgehalten werden. Somit stehen auch diese Informationen für das Herdenmanagement nachhaltig zur Verfügung. Inwiefern diese Daten auch für die Zuchtwertschätzung verwendet werden können, wird 2010 abgeklärt.

Aktuelle Rückmeldung am Tagesbericht mit Gesundheitsmonitoring

Nach jeder Probemelkung ergeht das Ergebnis in Form des Tagesberichtes an den Betrieb. Neben den Milchleistungsergebnissen und den Inhaltsstoffen sind seit 2008 auch die Gesundheitsdaten enthalten. Ziel der gewählten Darstellung ist es, Bäuerin und Bauer für das Herdenmanagement relevante Aussagen zu liefern.

So sind im Abschnitt „Eutergesundheit“ jene Kühe aufgelistet, deren Zellzahlergebnis beim aktuellen bzw. bei den beiden zurückliegenden Probemelkungen über dem Grenzwert von 200 liegen oder die in diesem Zeitraum eine Mastitis-Diagnose hatten (*Abbildung 1*).

Bei der Darstellung der Fütterungs- und Stoffwechsellkennzahlen werden in der gleichen Logik jene Kühe gesondert

ausgewiesen, die bei den Milchinhaltsstoffen, je nach Laktationsabschnitt, auffällig sind oder im Beobachtungszeitraum eine einschlägige Diagnose hatten. Sinngemäß wird auch bei der Darstellung der Fruchtbarkeitssituation vorgegangen, wobei sich hier eine tierindividuelle Zeitachse von Abkalbung über Belegung und Sollkalbedatum ergibt (*Abbildung 2*).

Besonderes Augenmerk wurde bei der Gestaltung des Berichtes darauf gelegt, dass in wenigen Augenblicken die wesentlichen Aussagen erfasst werden können. Dazu wurden eine kompakte tabellarische Darstellung für das Ergebnis der Probemelkung auf der ersten Seite und unter anderem insgesamt vier grafische Auswertungen am Ende des Berichtes gestaltet, die einen raschen Herdenüberblick zur Eutergesundheit und Fütterung erlauben.

Grafische Auswertungen zum raschen Herdenüberblick

Die Grafiken zum Harnstoff- und Eiweißgehalt („9-Felder-Diagramm“, *Abbildung 3*) und zum Eiweißgehalt nach Milchmenge (*Abbildung 4*) wurden verbessert und um den Zellzahlverlauf (*Abbildung 5*) und den Fett-Eiweiß-Quotienten im Verlauf der Laktation (*Abbildung 6*) ergänzt. Ziel der Grafiken ist es, die Fütterungssituation abzubilden und rasch und intuitiv verständlich zu sein. Zur besseren Interpretation ist das aktuelle Ergebnis zudem tabellarisch dargestellt.

Jahresbericht Tiergesundheit

In Anlehnung an den bestehenden Jahresbericht der Milchleistungsprüfung steht den Betrieben auch ein sehr detaillierter Jahresbericht Tiergesundheit mit umfangreichen

Eutergesundheit							
Kühe mit Zellzahl über 200.000 oder mit Euterdiagnosen							
Nr.	Name	Lebensnummer	L.	Tg.	21.08.08 Zellzahl	21.07.08 Zellzahl	12.06.08 Zellzahl
46	GULDA	AT 999.473.145	4	59	875	132	T
54	LISA	AT 999.444.972	2	283	568	205	113

Abbildung 1: Auswertung Eutergesundheit am Tagesbericht

Betriebsdatenübersicht und Fruchtbarkeit										
Tier		Abkalbung		Belegung und Belegstier			Leistungsdaten			
Nr.	Name	Lakt.	Abk.dat.	Bel.datum	Sollkalb.	Gzw	R	M-kg	Ifd.	Laktation
R	Lebensnummer	Eka/Zkz	Rast/SP	Stiername	Stiernummer			Mbk	Standardlaktation	
19	SELLA	10	04.10.07	Ⓚ 23.05.08(5)	09.03.09		FL	T 271	5.998	3,22 3,15 382
FL	AT 999.225.266	378	57/232	WINNETOU	AT 999.081.609			271	5.998	3,22 3,15 382
21	GAMSA	10	24.12.07	Ⓚ 05.08.08(4)	22.05.09		FL	13,2 241	6.273	4,00 2,99 438
FL	AT 999.900.966	378	55/225	WINNETOU	AT 999.081.609					

Abbildung 2: Darstellung der Fruchtbarkeitssituation am Tagesbericht

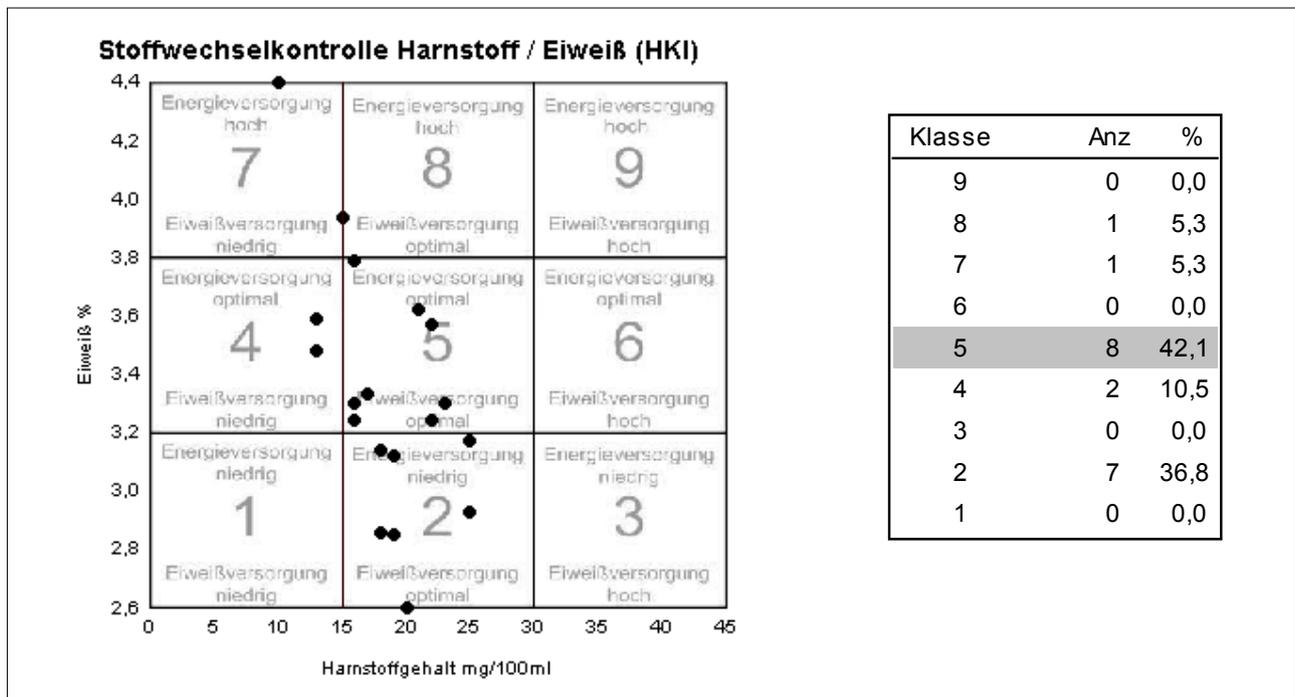


Abbildung 3: Im 9-Felder-Diagramm sind die einzelnen Kühe als Punkte eingetragen. Die Nummern der Felder finden sich im „Ergebnis der Probemelkung“ in der Spalte Klasse. Die Standardinterpretation ist in das jeweilige Feld eingedruckt.

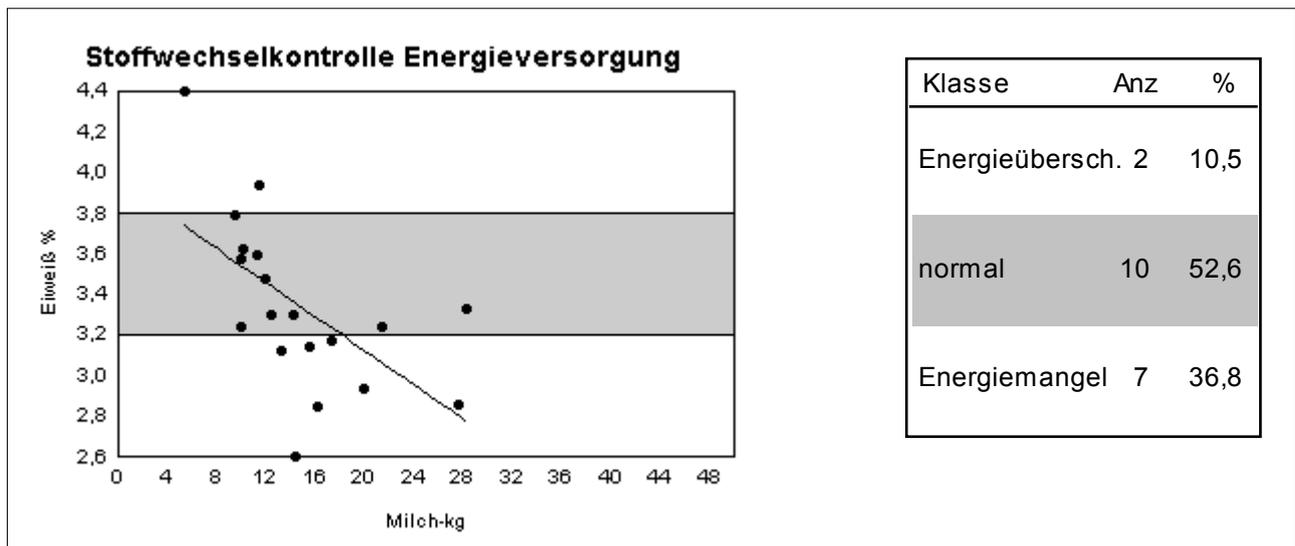


Abbildung 4: Der Eiweißgehalt nach Leistungshöhe gestattet einen Rückschluss auf die Energieversorgung der Kuh.

Auswertungen zur jährlichen Standortbestimmung zur Verfügung. Hier wird einerseits ein vertikaler Vergleich mit den betrieblichen Kennzahlen des Vorjahres und andererseits ein horizontaler Vergleich mit den Ergebnissen auf Bezirks- und Landesebene angeboten.

In der Vielzahl der Kennzahlen sind alle Details zu Eutergesundheit, Fruchtbarkeit und Stoffwechsel dargestellt. Um die Interpretation zu erleichtern, wird der Tierbestand in die verschiedenen Alterskategorien aufgegliedert und die jeweils aussagekräftigen Kennzahlen für jede Kategorie dargestellt. So finden sich beim Bereich Fruchtbarkeit die Angaben für die Kühe (Kalbungen und Besamungen) sowie

für die Kalbinnen (Besamungen). Bei Eutergesundheit und Stoffwechsel wird zwischen Erstlingskühen und Kühen in weiteren Laktationen unterschieden. Zudem sind die relevanten Daten für die Kälber und Jungrinder zusammengefasst. Eine Auflistung der je Tier aufgelaufenen Diagnosen innerhalb des Berichtsjahres sowie eine Diagnosenübersicht analog dem Diagnoseschlüssel vervollständigt diesen umfangreichen Bericht, dessen Aussagen und Kennzahlen in einem Sonderdruck vorgestellt und allen Betrieben ausgehändigt wurden. In den ersten Rückmeldungen aus der Bauernschaft zeigte sich, dass dennoch eine Unterstützung zur Interpretation und vor allem zur Ableitung von Managementschritten notwendig war.

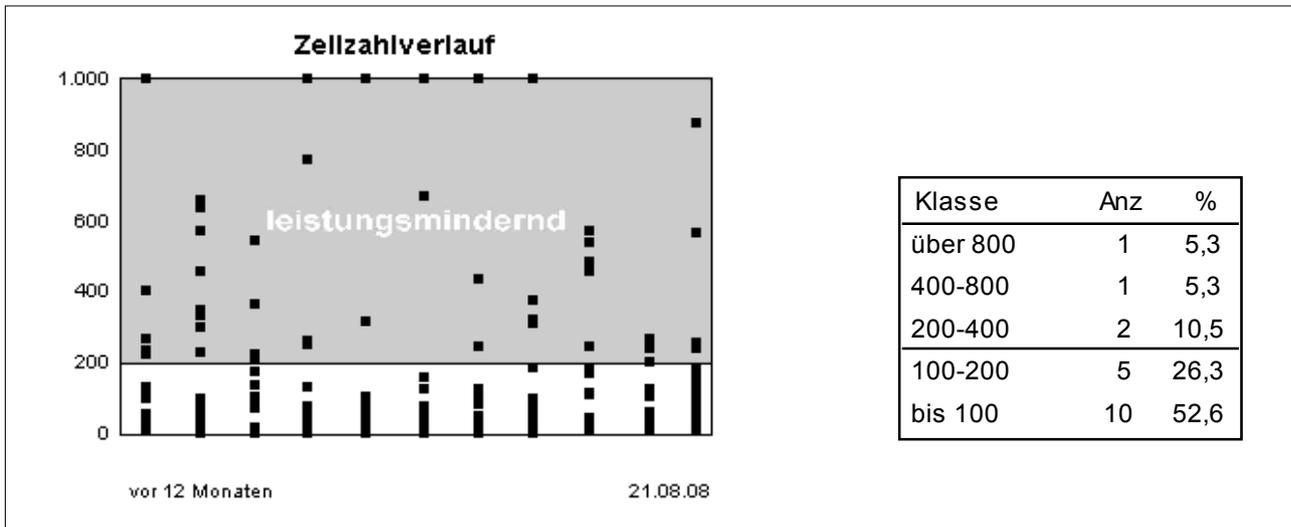


Abbildung 5: Die Zellzahlresultate der Einzelkühe sind zu den jeweiligen Probemelkterminen als Stapeldiagramm dargestellt. Die Tabelle enthält das aktuelle Ergebnis.

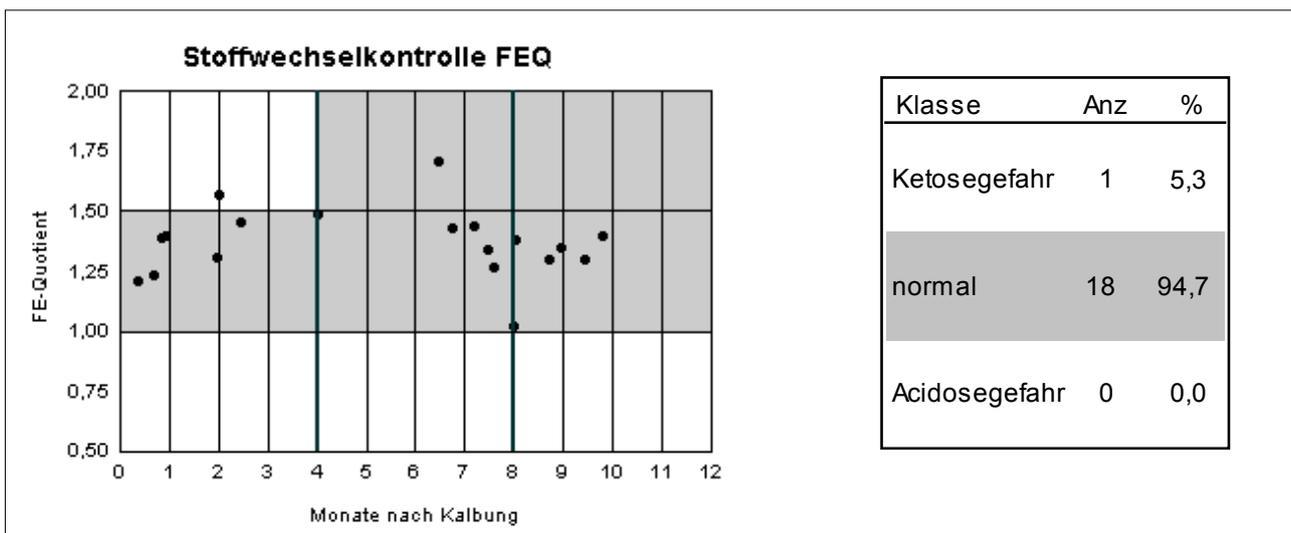


Abbildung 6: Der Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ) gibt zur Stoffwechselkontrolle je nach Laktationsstadium unterschiedliche Aussagen, die in dieser Grafik wiedergegeben werden. Der grau hinterlegte Bereich gilt nach Aussagen der Fütterungsexperten der ÖAG als normal und unauffällig. Kühe, die rasche Aufmerksamkeit bedürfen, sind in den weißen Feldern eingezeichnet. Die Laktation selbst wird optisch in drei Abschnitte zu je 4 Monaten (120 Tage) unterteilt, was mit der tabellarischen Darstellung der Laktationsdritte im Bereich „Fütterung und Stoffwechsel“ des Tagesberichtes weitgehend übereinstimmt.

Aktionsliste und Bildungsprojekt

Für die Bildungssaison 2008/09 wurde daher von den österreichischen LKV's, der ZAR und den Vertretern der Tierärzteschaft gemeinsam ein Seminarkonzept unter dem Titel „Herdenmanagement mit Gesundheitsmonitoring“ ausgearbeitet, dessen Ziel es war, die Landwirte bei der Umsetzung der Ergebnisse der Berichte zu unterstützen.

Dazu wurde die unten dargestellte Aktionsliste entworfen (Abbildung 7), welche die Vielzahl der Auswertungen in einigen griffigen Kennzahlen zusammenfasst. Diese erlauben es, die Situation des Betriebes hinreichend zu erfassen, Schwerpunktsetzungen im Betriebsmanagement zu begründen und einen bewusst kurzen jedoch konkreten Maßnahmenplan festzulegen.

Informationen für den Betreuungstierarzt

Im Gegensatz zum Herdenmanagement, wo der Landwirt eigenständig handlungsfähig ist, zeichnet sich die Bestandesbetreuung durch die Zusammenarbeit von Betreuungstierarzt und Landwirt aus. Um eine erfolgreiche Bestandesbetreuung zu unterstützen, besteht die Möglichkeit, dem Betreuungstierarzt Zugang zu den Ergebnissen der Milchleistungsprüfung und des Gesundheitsmonitorings zu gewähren. Mit seiner Unterschrift zur Datenweiterleitung beauftragt der Landwirt seinen LKV dem bezeichneten Tierarzt eines der im Folgenden dargestellten bzw. alle Informationspakete routinemäßig zu übermitteln.

Grundsätzlich können die gesamten Daten des Betriebes für Beratungs- und Betreuungszwecke an Dritte weitergeleitet

werden. Dies geschieht routinemäßig nach jeder Probemelkung. Voraussetzung für die Nutzung dieser Daten ist eine entsprechende EDV-Anwendung, welche die Daten für den Tierarzt aufbereitet.

Einfacher, da ohne eigene EDV-Lösung, ist es, den Tagesbericht Tiergesundheit nach jedem Probemelken per E-Mail an jeden vom Betrieb genannten Empfänger zu übermitteln. Dies ist auch getrennt für den Jahresbericht Tiergesundheit möglich. So ist jedem Tierarzt, unabhängig von seinem System der Praxisverwaltung jenes Informationspaket zugänglich, das ihm in Abstimmung mit den von ihm betreuten Betrieben am effizientesten erscheint.

Tagaktuelle Auswertungen für TGD-Betriebe

Eine zusätzliche Forderung aus der Praxis der Bestandesbetreuung im Rahmen des TGD bestand darin, aktuellere Zahlen als jene des Jahresberichtes, der mit 30.09. erstellt wird, zur Verfügung zu haben. Vor allem bei der zumindest jährlichen TGD-Visite wurde von den Tierärzten eine möglichst aktuelle Auswertung gewünscht.

In Zusammenarbeit mit den Länder-TGD's wird nun die Möglichkeit angeboten, eine „Kurzübersicht Jahresbericht Tiergesundheit“ elektronisch über die Internetseite des jeweiligen TGD anzufordern (Abbildung 8). Diese wird dann umgehend per E-Mail an den zuständigen Tierarzt gesendet.

Resümee

Im Projekt Gesundheitsmonitoring Rind wurde erstmals in Österreich eine einzeltierbezogene Aufzeichnungsmöglichkeit für Gesundheitsangaben im RDV geschaffen. Die Vernetzung dieser Angaben mit den Ergebnissen der Leistungsprüfung brachte neue Ansätze für das Herdenmanagement und die Bestandesbetreuung, die bereits heute für jeden teilnehmenden Betrieb einen klaren Nutzen bringen. Die notwendige Unterstützung wird den Betrieben über die Kontrollorgane der LKV's und in den Bildungsveranstaltungen gewährt, die sehr gut angenommen wurden. Die in der Projektgruppe etablierte Zusammenarbeit mit der Tierärztekammer befruchtete die Auswertungen und gestattete es, dass die heute eingesetzten Tagesberichte und Jahresberichte die Informationsbedürfnisse der Landwirte genauso abdecken wie jene der Tierärzte in der Bestandesbetreuung.

Danksagung

- dem Projektträger RINDERZUCHT AUSTRIA (ZAR) und deren Mitgliedsorganisationen
- dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, dem Gesundheitsministerium und den Bundesländern für die finanzielle Unterstützung
- den Projektpartnern für die wertvolle Unterstützung und gute Zusammenarbeit
- den teilnehmenden Bauern und Tierärzten

LKV Herdenmanagement mit Gesundheitsmonitoring Aktionsliste					
Schwerpunkt	Situation			Anmerkungen aus Fallbeispielen	Ziel
	Bezirk	Betrieb aktuell	Optimum		
Allgemeine Daten					
Anteil Kühe mit mind. 5 Kalbungen					
Milchmenge					
Fett- und Eiweißmenge					
Fruchtbarkeit - Kühe					
Zwischenkalbezeit			365-390		
Anteil Zwischenkalbezeit über 420 Tage			0		
Rastzeit			60-80		
Summe Diagnosen Fruchtbarkeit					
Eutergesundheit - Kühe weitere Laktationen					
Zellzahldurchschnitt (in 1000)			50-120		
Anteil Zellzahl über 200.000 (in %)			0		
Anteil Kühe mit mind. 3 Überschreitungen			0		
Summe Diagnosen Euter					
Stoffwechsel - Kühe weitere Laktationen					
Anteil FEQ 1-100.Tg unter 1,0 über 1,5			0		
Anteil Harnstoffgehalt 1-100.Tg über 30,0			0		
Anteil Harnstoffgehalt 1-100.Tg unter 15,0			0		
Summe Diagnosen Stoffwechsel					
Abgangsursachen Kühe					
gesamt in %					
Anteil Unfruchtbarkeit			0		
Anteil Stoffwechsel			0		
Anteil Eutergesundheit			0		

In welchem Bereich bin ich besonders gefordert?
Was ist mein Schwerpunkt für das kommende Jahr?

Ich werde folgende Maßnahmen setzen:

- _____
- _____
- _____

Ziel erreicht am(ja/nein)

Unterschrift

Abbildung 7: Aktionsliste „Herdenmanagement mit Gesundheitsmonitoring

Kurzübersicht Jahresbericht Tiergesundheit

Vulgoname
Testbauer Mann
Dorf 20
1234 Testort

Landeskontrollverband irgendwo
 1234 Teststadt, Teststraße 6
 lkv@lk-irgendwo.at, www.lkv.at
 T: 01234/5678-901

LFBIS-Nr.: **1234567**

Druckdatum: 15.09.2008

	Einheit	Anzahl	Betrieb aktuell	Betrieb Vorjahr	Bezirk	Land
Auswertezeitraum 02.09.2007 - 01.09.2008 im Vergleich zu Jahresbericht 2007						
Allgemein						
Kuhzahl	Anzahl			23,2	12,8	15,6
Milchmenge	kg			7.255	6.513	7.048
Fett	%			3,89	4,15	4,18
Eiweiß	%			3,28	3,43	3,46
Abgänge gesamt	%	4	16,1	4,3	29,6	30,7
Fruchtbarkeit						
Anzahl der Abkalbungen	Anzahl		18	22		
erwartete Zwischenkalbezeit	Tage	25	394		397	409
Erstbesamungsindex	Anzahl	33	2,0	1,7	1,5	1,7
Abgänge Unfruchtbarkeit	Anzahl		0	0		
Summe Diagnosen Fruchtbarkeit	Anzahl		14	16		
Eutergesundheit						
Zellzahldurchschnitt	in 1000	138	200	317	181	190
Anzahl Zellzahl über 200.000	Anzahl		29	48		
Anteil Zellzahl über 200.000	%	29	21,0	28,4	21,2	22,8
Abgänge Euterkrankheiten	Anzahl		0	0		
Summe Diagnosen Euter	Anzahl		5	1		
Stoffwechselfbereich						
Ø Fett-Eiweißquotient 1. - 100.Laktationstag	F/E	52	1,22	1,24	1,24	1,26
Summe Diagnosen Stoffwechsel	Anzahl		0	0		
Klauen und Gliedmaßen						
Summe Diagnosen Klauen und Gliedmaßen	Anzahl		0	0		
Kälber bis 6 Monate						
Anzahl Totgeburten/Verendung	Anzahl		1	1		
Summe Diagnosen Durchfallerkrankung	Anzahl		0	0		

1234 1234567 V 1.00

Abbildung 8: Kurzübersicht Tiergesundheit

Literatur

- AUER, F-J., C. EGGER-DANNER und B. FÜRSTL-WALTL et.al., 2007: Moderne Werkzeuge im Herdenmanagement, Sonderdruck „Der fortschrittliche Landwirt - Herdenmanagement“, Stockerverlag & Zentrale Arbeitsgemeinschaft österr. Rinderzüchter.
- EGGER-DANNER, C., B. FUERST-WALTL und R. JANACEK et.al., 2007: Sustainable Cattle Breeding Supported by Health Reports, Book of Abstracts of the 58th EAAP-Meeting, Dublin, Ireland.
- EGGER-DANNER, C., F. GEWESSLER und B. GRASSAUER et.al., 2008: LKV Herdenmanagement mit Gesundheitsmonitoring, Zentrale Arbeitsgemeinschaft österr. Rinderzüchter (Hrsg.).

Umsetzung und Nutzen des GESUNDheitsmonitoring.RIND in meinem Betrieb – Betriebsbeschreibung Bio-Milchhof Koppensteiner Ges.b.R

Christian Koppensteiner^{1*}

1. Allgemeines zum Betrieb

Gemeinde: Schweiggers
Gerichtsbezirk und politischer Bezirk: Zwettl
Seehöhe: 650 m
Niederschläge: ca. 600 - 700 mm
Bergbauernzone: I

2. Allgemeine Betriebsdaten

Übernahme: 1980
Betriebsnummer: 1268619
Einheitswert: 21.000 Euro
Hektarsatz: (LN 350 Euro, Forst 145 Euro)
Produktionsgebiet: Mittellage des Waldviertels
Biologische Wirtschaftsweise
Betriebszweige: Getreidebau, Fleckviehzucht mit Kalbinnenproduktion
Schwerpunkt: Milchproduktion mit Direktvermarktung
A-Quote: 136.000 kg, D-Quote: 88.000 kg
Stalldurchschnitt: 45 Kühe, 6.200 kg, 4,20 % Fett, 3,50 % Eiweiß

3. Betriebsgröße

Gesamte land- und forstwirtschaftliche Nutzfläche: 75 ha
Eigengrund: 27 ha
Pachtgrund: 48 ha
Ackerland: 46 ha
Grünland: 24 ha
Wald: 5 ha

Direktvermarktung von pasteurisierter Bio Frischmilch

Lieferung an ca. 70 Kunden: Eiserzeugung, Kaufhäuser, Gasthäuser, Privatkunden, Kaffeehäuser, Altersheime, Krankenhäuser

4. Anbauverhältnis

Roggen: 7 ha
Hafer: 1 ha
Triticale: 10 ha
Feldfutter: 17 ha
Gerste: 7 ha
Gerste/Hafer: 4 ha

5. Viehhaltung

Milchvieh: Liegeboxenlaufstall mit Breitschieber, Außenfütterung auf Spalten
Kalbinnen: Tieflaufstall mit Breitschieber
Milchkühe: 45 Stück
Zuchtkalbinnen: 40 Stück
Zuchtkälber weiblich: 15 Stück

6. Maschinenbesatz

3 Traktoren: Fendt 512 Allrad, Fendt 64 PS Hinterrad, Fendt 92 PS Allrad

Frontmäher, Zettkreisel, Erntewagen, Rundballenpresse
Heckmähwerk, 3 Kipper, Schwadkreisel, Silozange, Futtermischwagen

Traktor- und Maschinengemeinschaft: 4 Mitglieder

John Deere 6420 S 125 PS, 4-Schar Volldrehpflug Variomat, Stoppelgrubber 3 m, Kurzkombi mit Sähmaschine 3 m und Cambridgewalze 4,5 m und Kultivator 6 m Zinkenrotor

Gemeinschaft:

Striegel, Stallmiststreuer, Güllefass, Bodenfräse, Viehanhänger, Böschungsmäher, Betonmischer, Steinsammler, Wiesenegge, Doppelschwader

Maschinenring-Auftraggeber:

Mähdrusch, Silagewickeln, Frontmulcher

Maschinenring-Auftragnehmer:

Erntewagen, Traktore, Rundballenpresse, Doppelschwader

7. Abnehmer

Nö. Genetik Rinderzuchtverband
NÖM-AG Betrieb Zwettl
Direktvermarktung – Frischmilch
Firma Macho (Fleischhauer)
Bio Fleischvermarktung GmbH

8. Mitgliedschaft

Maschinenring, NÖ – Genetik Rinderzuchtverband, RLH – Zwettl, Direktvermarkterverband, Molkereigenossenschaft, BIO Austria, LKV Niederösterreich, TGD Niederösterreich

¹ Schwarzenbach 13, A-3931 Schweiggers, www.bio-milchhof.at

* Ansprechpartner: Christian Koppensteiner, email: info@bio-milchhof.at

9. Gesundheitsmonitoring auf meinem Betrieb

Der Hoftierarzt benutzt eine EDV-Lösung in seiner Praxis und übermittelt die Diagnosen elektronisch an den RDV. Im Gegenzug erhält er die Daten meines Betriebes, sodass nach jeder Probemelkung die Ergebnisse mit dem Tierarzt besprochen werden können.

Die umfangreichen Informationen und Auswertungen zu den Bereichen Fruchtbarkeit, Stoffwechsel und Fütterung werden im Herdenmanagement berücksichtigt. Die Kraftfutterzuteilung wird jedes Mal manuell mit den Ergebnissen der Probemelkung vorgenommen, wobei insbesondere die Milchleistung sowie der Fett/Eiweiß-Quotient und der Harnstoffgehalt der Milch bei der Berechnung Eingang finden.

Bei der Melkroutine wird auf das Vollhygieneprogramm mit Zwischendesinfektion gesetzt.



Im Fruchtbarkeitsmanagement wird eng mit dem Hoftierarzt zusammengearbeitet, der bei Trockenstehern die Energieversorgung an Hand der Rückenfettdicke ermittelt. Ziel ist es, die Verlängerung der Zwischenkalbezeit um rund 14 Tage, die 2009 aufgetreten ist, mit einer optimierten Fütterung wieder auf etwa 390 Tage zu senken.

10. Was bringt mir die Mitgliedschaft im Arbeitskreis Milchproduktion?

Eine genaue Abrechnung über den Betriebszweig Milchproduktion, der allerdings den für meinen Betrieb wichtigen Bereich Direktvermarktung nicht abbildet. Hier können aber die Ergebnisse der AKM-Auswertung mit den betrieblichen Aufzeichnungen rasch angepasst werden. Der Vergleich und Erfahrungsaustausch in der Gruppe ist für mich sehr wichtig. Das Serviceangebot der Grundfutteruntersuchung ist für die Anpassung der Fütterung sehr wertvoll. 2010 werde ich auch an der angebotenen Gülleuntersuchung teilnehmen.



Effizienz verschiedener Rindertypen für die Fleischproduktion

Efficiency of different cattle types for beef production

Isabelle Morel^{1*} (Vortrag zusammengefasst von Margit Velik²)

Im Vortrag von Isabelle Morel werden Forschungsergebnisse aus ALP (Agroscope-Liebefeld-Posieux, Schweiz) über die Eignung von Rindertypen für verschiedene Mastsysteme vorgestellt. Detaillierte Ergebnisse sind dem Vortrag sowie den angeführten Literaturquellen zu entnehmen.

Im Vortrag werden der Einfluss des Mutterkuhtyps auf die Tierleistungen (1) vor dem Absetzen (Jungrind-Produktion) und (2) nach dem Absetzen (Kalbinnen- und Ochsenmast) behandelt. Ziel der durchgeführten Versuche war es, die beste Kombination zwischen Produktionsbedingungen (Standort, Fütterungsintensität etc.), Tiertyp (Genetik, Frühreife, Rahmen, Milchleistungspotenzial etc.) und Produktionsziel (schlachteife Absetzer, Mastremonten etc.) zu ermitteln. *Abbildung 1* zeigt die in der Schweiz üblichen Rinder-Mastverfahren.

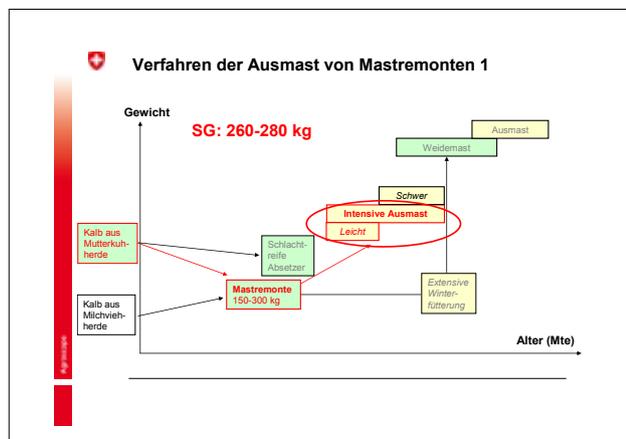


Abbildung 1: Vier gängige Mastverfahren in der Schweiz: Schlachteife Absetzer, intensive Ausmast auf leichte (260 - 280 kg) und schwere (300 - 330 kg) Schlachtgewichte, extensive Mast mit Weide und Stallausmast

Im ersten Teil des Vortrages werden Ergebnisse zur Leistung der Tiere vor dem Absetzen dargestellt. Hierfür wurde ein Versuch mit Angus (AN), Limousin (LI) und Limousin x Red Holstein (F1) als Mutterrasse durchgeführt. AN gelten als frühreif mit mittlerer Milchleistung und guter Eignung für die Weidemast, LI als mittel-frühreif mit geringer Milchleistung und F1 als mittel-spätreif mit hoher Milchleistung. Als Vaterasse diente ein Angus und ein Limousin Stier, die Kälber waren somit reinrassige AN, reinrassige LI bzw. eine Kreuzung aus 75 % LI und 25 % Red Holstein (LI75). Pro

Rasse wurden je 8 Kälber in zwei Durchgängen gemästet. Die Abkalbungen erfolgten im Dezember. Die Winterfütterung erfolgte im Stall und setzte sich aus Heu und Grassilage *ad libitum* zusammen. Die Kälber erhielten zusätzlich gutes Heu im Kälberschlupf und hatten ständigen Zugang zu den Mutterkühen. In der Vegetationsperiode wurden die Tiere auf Vollweide ohne Ergänzungsfutter gehalten.

Das Futteraufnahmevermögen der LI Kühe lag um rund 0,3 kg Trockensubstanz (TS) pro 100 kg Lebendgewicht niedriger als jenes der F1 und AN Mutterkühe. Somit lag auch das errechnete Milchleistungspotenzial (errechnet nach NEL-Verzehr ohne Berücksichtigung von Körpermobilisation) unter dem der beiden anderen Mutterkuhrassen. Das Verzehrverhalten der Mutterkühe wurde auf der Weide mittels Alkanmethode erhoben. Die aufgenommene Grasmenge sowie die Fresszeit pro Tag lagen bei den F1-Mutterkühen deutlich über jenen der AN und LI Mutterkühe. Der Tageszuwachs der LI Kälber in der Winterperiode (Kälber 0 - 5 Monate alt) war aufgrund der geringeren Milchleistung der Kühe mit durchschnittlich 800 g deutlich unter dem der AN und LI75 Kälber. Die LI75 und AN Kälber erreichten in der Winterperiode durchschnittliche Tageszunahmen von 1.000 g. Bei allen drei Rassen waren für 1 kg Gewichtszuwachs 10 bis 12 kg Milch notwendig. In der Weideperiode (Kälber 5 - 10 Monate alt) waren die Tageszunahmen der drei Rasse mit durchschnittlich 1.000 g ähnlicher. Beim Absetzen im Herbst mit einem Alter von rund 10 Monaten hatten die LI75 Kälber aufgrund der höheren Milchleistung der F1-Kühe ein um rund 20 % höheres Lebendgewicht (360 vs. 300 kg) als die LI Kälber. Die LI Kälber waren beim Absetzen mit 10 Monaten am vollfleischigsten, knapp dahinter die LI75 Kälber, die Fleischigkeit der AN Kälber war deutlich niedriger. Die Fettabdeckung lag bei LI und LI75 bei einem Wert von 2 (5-teilige Skala), die frühreifen AN Kälber zeigten mit einer Fettklasse von knapp 3 bereits beim Absetzen eine gute Fettabdeckung. Um das Kälber-Zunahmepotenzial abzuschätzen, wurden die AN, LI und F1 Mutterkühe in der vierten Laktation mit Charolais belegt (Erzeugung des Schweizer Kalbfleischlabels Natura Veal). Durch Charolais als Vaterasse, das Füttern einer etwas Energie reicheren Ration an die Mutterkühe und das Zufüttern einer *ad libitum* Getreidemischung an die Kälber konnten die Tageszunahmen der Kälber um 100 bis 200 g erhöht und Unterschiede zwischen den Kälberassen minimiert werden (*Abbildung 2* und *Abbildung 3*).

¹ Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, rte de la Tiroleire 4, Postfach 64, CH-1725 Posieux

² LFZ Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, A-8952 Irnding

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Isabelle Morel, email: isabelle.morel@alp.admin.ch

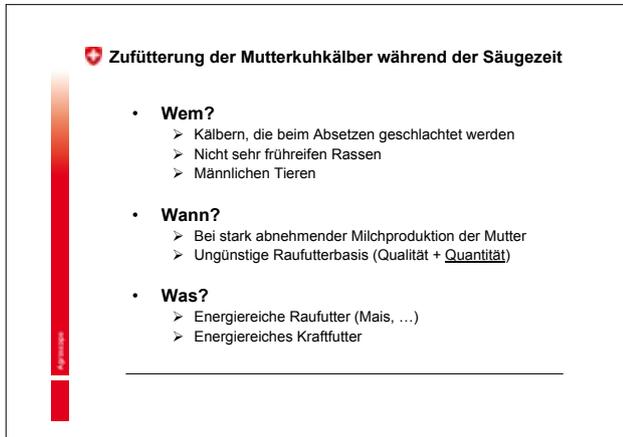


Abbildung 2: Empfehlungen zur Zufütterung der Mutterkuhkälber während der Sägezeit

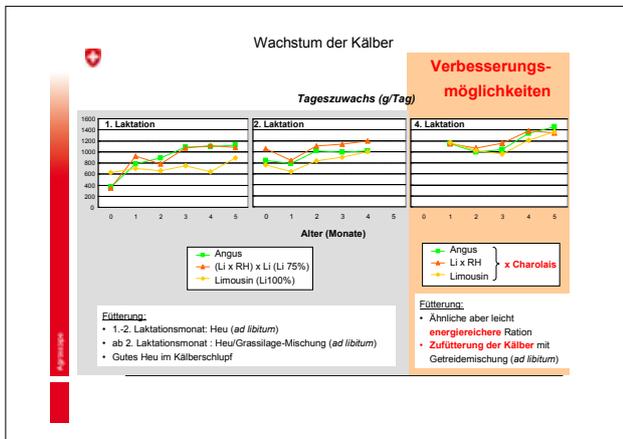


Abbildung 3: Tageszunahmen von Mutterkuhkälbern bei zwei unterschiedlichen Fütterungsverfahren

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass bei ausschließlicher Grünlandfütterung (Weide, Heu, Grassilage) die Milchleistung der Mutterkuh für das Wachstum des Kalbes entscheidend ist. Der Mutterkuhtyp (F1 oder LI) hat allerdings abgesehen von der Ausmastdauer wenig Einfluss auf die Tageszunahmen der Mastremonten nach dem Absetzen (Abbildung 4).

Im zweiten Teil des Vortrages wird auf die Eignung der oben genannten Mastremonten-Genetik für die Erzeugung von leichten (260 - 280 kg Schlachtgewicht) und schweren (300 - 330 kg Schlachtgewicht) Schlachtkörpern eingegangen.

Die abgesetzten LI und LI75 Mastremonten wurden mit intensiver Ausmast (Grundfütterration aus 75 % Maissilage und 25 % Grassilage, 4 kg Kraftfutter pro Tier und Tag) auf leichte Schlachtkörpergewichte (450 kg Lebendgewicht, 260 - 280 kg Schlachtgewicht) gemästet. Die Ausmastdauer war bei den LI mit rund 120 Tagen um 1/3 länger als bei den LI75. Die durchschnittlichen Tageszunahmen während der Ausmast lagen bei 1.400 g (LI75) und 1.300 g (LI). Die durchschnittlichen Tageszunahmen von der Geburt bis zu Schlachtung lagen bei den LI bei knapp 1.000 g und bei den LI75 bei knapp 1.100 g. Bei den Nettozunahmen (=Schlachtgewicht dividiert durch Schlachtalter) unterschieden sich die

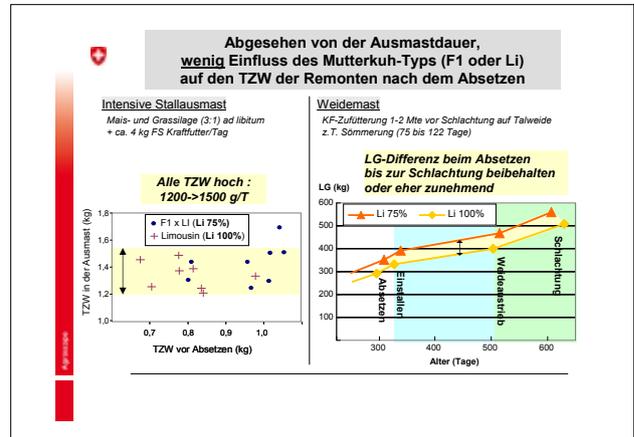


Abbildung 4: Einfluss des Fütterungsregime (intensive Stallmast vs. Weidenausmast) nach dem Absetzen auf die Tageszunahmen

beiden Rassen allerdings nicht voneinander. Die LI Rinder erreichten eine um 3 % höhere Ausschlächtung als die LI75 Rinder (60 vs. 57 %). Während beim Absetzen mit 10 Monaten noch deutliche Unterschiede in der Fleischigkeit zwischen LI und LI75 zugunsten der LI bestanden, waren die Unterschiede nach der Ausmast deutlich reduziert, 100 % (LI) bzw. 90 % (LI75) erreichten die Fleischigkeitsklasse 5. Die AN Mastremonten wurden in der Ausmast mit einer Grundfütterration aus 75 % Grassilage und 25 % Heu gefüttert. Ab der 13. Wochen bekamen die Mastremonten 2 kg Gerste pro Tier und Tag. Die AN hatten bereits beim Absetzen aufgrund ihrer Frühreife einen deutlich höheren Ausmastgrad als die LI75 und LI. Die Ausmastdauer belief sich bei den AN auf knapp 150 Tage, die Tageszunahmen während der Ausmast auf 1.000 g und die Schlachtausbeute auf 54 %. Bei den AN erreichten nur knapp 50 % die Fleischigkeitsklasse 5.

Folgende sechs Fleischrinderrassen (Ochsen) wurden auf schwere Schlachtkörper intensiv gemästet: Angus (AN), Charolais (CH), Blonde d'Aquitaine (BL), Simmental (SI), Limousin (LI) und Piemonteser (PI). Die Ochsen wurden in zwei Serien gemästet. Die Grundfütterration beider Serien setzte sich zu 2/3 aus Maissilage und 1/3 Grassilage zusammen. In der ersten Serie bestanden 22 % der Ration aus Kraftfutter, in der zweiten Serie variierte die Kraftfutteraufnahme zwischen 0,5 und 3,5 kg je nach Raufutter-Aufnahme. In der ersten Serie wurden die Ochsen bei Erreichen eines intramuskulären Fettgehalts (IMF) von 3 - 4 % im Rostbraten geschlachtet, in der zweiten Serie bei Erreichen der Fettklasse 3. In der Serie 2 lag der Kraftfutteranteil der Ration mit 30 bis 45 % der Gesamtration deutlich über den Kraftfuttergaben in Serie 1. Prinzipiell wurden die Ochsen der zweiten Serie mit höherem Schlachtalter und höherem Schlachtgewicht geschlachtet, woraus geschlossen werden kann, dass Tiere die als optimal geltende Fettklasse 3 früher und mit geringerem Gewicht erreichen als den für eine gute Fleisch- und Genussqualität als optimal geltenden intramuskulären Fettgehalt von 3 - 4 %.

Abbildung 5 vergleicht die Mastleistung der sechs Ochsenrassen. Bei Futterverzehr, Tageszuwachs und Futtermittelverwertung zeigen AN, SI und CH die besten Ergebnisse, bei Fleischigkeit und Schlachtausbeute heben sich CH, LI und

Fleischrassen: Vergleich der Mastleistungen



Parameter	AN	SI	CH	LI	BL	PI
Verzehrsvermögen	+++	++	++	++	++	+
Tageszuwachs	+++	+++	+++	++	++	+
Futterverwertung	+++	+++	+++	++	++	+
Frühreife	+++	++	++	++	+	+
Fleischigkeit	+	+	+++	+++	+++	+++
Schlachtausbeute	+	+	++	+++	+++	+++

Abbildung 5: Vergleich der Mastleistung von 6 Ochsenrassen

PI deutlich hervor. AN benötigt die niedrigste Fütterungsintensität, gefolgt von SI. LI und CH benötigen für eine optimale Mast- und Schlachtleistung mittelintensive Rationen, PI und BL brauchen eine sehr hohe Fütterungsintensität. AN sind am frühesten und BL und PI am spätesten. Nach den Ergebnissen dieses Versuches in Serie 1 (IMF 3 - 4 %) erscheint LI als spätreif, wenngleich LI eher als mittel-frühreife Rasse bekannt ist. Das könnte man darauf zurückführen, dass zuerst das Auflagen- und intermuskuläre Fett gebildet werden und dann erst das IMF. LI setzen bereits früh Auflagenfett an, aber erst sehr spät IMF. Des weiteren ist zu beachten, dass es bei LI genau wie bei allen anderen Rassen früh- und spätreife Linien gibt.

Abbildung 6 gibt einen Überblick über optimale Energiekonzentrationen und Rationstypen bei unterschiedlicher Genetik, Frühreife, Geschlecht und Schlachtkörpergewicht.

Empfehlungen zur intensiven Ausmast von Remonten aus der Mutterkuhhaltung (nach dem Absetzen):

- Energetische Konzentration der Ration
- Rationstypen
- Geschlecht der Tiere

		Schlachtetiergewicht (SG)	
		< 280 kg SG	≥ 300 kg SG
Frühreif (Angus)	Energie-Konz. [MJ NEV/kg TS]	< 6,5	~ 6,5
	Rationstyp	Grassilage / Heu (+ Kraftfutter)	(Mais-) u. Grassilage / Heu (+ Kraftfutter)
	Geschlecht	(Rinder)-Ochsen-Muni	Muni
Mittel - spätreif (Limousin)	Energie-Konz. [MJ NEV/kg TS]	> 7,5	> 7,0
	Rationstyp	Mais- und (Gras-)silage + Kraftfutter	Mais- und Grassilage + Kraftfutter
	Geschlecht	Rinder-Ochsen	Ochsen-Muni
Spätreif (Fleischlaster)			8,0
			Mais- und (Gras-)silage + KF Ochsen - Muni

Abbildung 6: Empfehlungen zur intensiven Mast von Mastremonten aus der Mutterkuhhaltung nach dem Absetzen

In Abbildung 7 sind die Empfehlungen zur Ausmast von Angus bei mittelintensiver Stallfütterung bzw. extensiver Weidemast zusammengefasst.

Abbildung 8 zeigt eine Übersichtstabelle über die Eignung verschiedenen Rinderrassen oder Typen für verschiedene Produktionsformen. Entscheidend ist es, je nach gewünschtem Endprodukt (schlachteife Absetzer, Mastremonten, leichtes bzw. schweres Mastendgewicht) die Fütterungsintensität anzupassen.

Ergebnisse der verschiedenen Ausmastverfahren von Angus nach dem Absetzen

Fütterungsintensität	Mittel-intensiv (< 15 Monate) Stallmast		Extensiv (18-24 Monate) Weidemast	
	Schwere Schlachtkörper	Leichte Schlachtkörper	Ochsen und Rinder	Ochsen und Rinder
Geschlecht	Muni	Muni	Ochsen und Rinder	Ochsen und Rinder
Grundration	Mischung Maisilage-Grassilage (2:1)	Mischung Übergangs-Heu (2:1)	Mischung Grassilage-Extensiv Heu (2:1)	Mischung Übergangs-Heu (2:1)
Kraftfutter (KF)	Kein KF, ausser 0,5 kg/T Weizenkleie (mit MinVt-Ergänzung)	1/5 - 2 letzte Monate: ca. 2 kg/T Gerste	2 letzte Monate (auf Weide): ca. 2 kg/T Gerste	Winter: ca. 5-6 Talwede + KF ca. 7
KF-Verzehr total	0 kg	105 kg FS	120 kg FS	
MJ NEV/kg TS Ration	ca. 6,5	Ohne KF: 6,1 Mit KF: 6,6	Winter: ca. 5,4 Sommer: ca. 5-6 Talwede + KF ca. 7	
Alter zu Beginn (Mie)	9,1	9,7	9,9	
Alter Absetzen - Schlachtung	ca. 5 Monate	ca. 5 Monate	ca. 1 Jahr	
LG Beginn (kg)	311	312	318	
LG Ende (kg)	536	460	520	
TZW (kg/T)	1,4	Ohne KF: 0,9 Mit KF: 1,1	Winter u. Abweide: ca. 0,6 Talwede + KF: ca. 1,0	
SG (kg)	302	249	288	
Fettklasse 3 (%)	67	50	70	
Fettklasse 4 (%)	33	50	30	

Abbildung 7: Empfehlungen zur mittel-intensiven bzw. extensiven Mast von Angus-Mastremonten aus der Mutterkuhhaltung nach dem Absetzen

Empfehlungen

Produkt aus der Mutterkuhhaltung	Kalb	Schlachteife Absetzer	Mastremonten	
			+	-
Benötigte Fütterungsintensität vor dem Absetzen	+++	++	+	-
Ausmast	-	-	Intensiv	Extensiv
Schlachtgewicht	< 150 kg	= 200 kg	250-280 kg	> 300 kg
Genetisches Profil	AN	✓	(✓) Zu frühreif	(✗) Zu frühreif
	LI x FI	(✓)	✓	✓
	LI	(✗) Zu spätreif	✓	✓

Abbildung 8: Eignung der verschiedenen Rassen, bzw. Rindertypen für unterschiedliche Produktionsformen

Die Kombination Fleckvieh x Limousin ist für fast alle Mastendprodukte geeignet. Reinerassige Angus sind für eine intensive Mast auf schwere Schlachtgewichte ungeeignet, da sie sehr frühreif sind.

Weiterführende Literatur

CHASSOT, A., 2008: Mastleistung von Angus und Eringer Mastremonten. Agrarforschung 15, 492-497.

CHASSOT, A., 2008: Mutterkuh-Typ und Mastleistung von Limousin-Remonten. Agrarforschung 15, 530-535.

CHASSOT, A. und P.A. DUFÉY, 2006: Ausmast von Ochsen nach Alpeng. Ausmastdauer und Mastleistung. Agrarforschung 13, 470-475.

CHASSOT, A. und J. TROXLER, 2006: Extensive Ochsenmast mit Alpeng. Agrarforschung, 13, 374-379.

CHASSOT, A. und P.A. DUFÉY, 2008: Fütterungsintensität in der Ausmast von Ochsen nach Alpeng. Agrarforschung 15, 372-377.

CHASSOT, A. und N. GRESSÉ, 2008: Grazing behaviour and grass intake of four types of suckler cows at pasture. Book of Abstracts, 22nd General Meeting EGF 147-147.

- DUFEY, P.A. und A. CHAMBAZ, 2001: Schlachtkörperqualität von sechs Fleischrinderrassen. Agrarforschung 9, 334-339.
- DUFEY, P.A., A. CHAMBAZ, I. MOREL und A. CHASSOT, 2002: Mastleistung von Ochsen sechs verschiedener Fleischrassen. Agrarforschung 9, 1-8.
- DUFEY, P.A., 2002: Fleischrinderrassen im Vergleich. Rap aktuell Nr. 6.
- MARTINEZ, M. und A. CHASSOT, 2006: Grazing behaviour of four types of suckler cows and their calves on mountain pastures. Grassland Science in Europe 11, 2006, 466-468.

Weidemast von Kalbinnen – Mastleistung, Schlachtleistung und Fleischqualität

Heifer fattening on pasture – slaughter performance, carcass and meat quality

Margit Velik^{1*}, Eva-Maria Friedrich², Johann Häusler¹, Roland Kitzer¹, Josef Kaufmann¹,
Andrea Adelwöhrer¹ und Andreas Steinwider¹

Zusammenfassung

Der Versuch sah den Vergleich zweier Fütterungsregime bei gleicher Tierkategorie (Kalbinnen Fleckvieh x Charolais) vor. Die Fütterungsregime waren (1) Stallmast mit Gras- und Maissilage und moderaten Kraftfuttermitteln beziehungsweise (2) Kurzrasenweide mit Stallendmast (gleiche Futtermittelration wie Stallgruppe). Untersucht wurden Unterschiede in der Mast- und Schlachtleistung sowie in der Fleischqualität. Die Mast erfolgte im Gewichtsbereich 300 bis 550 kg Lebendmasse.

Die täglichen Zunahmen lagen in beiden Gruppen mit durchschnittlich 1.050 g auf hohem Niveau. Bei den Weidekalbinnen schwankten die Gewichtszunahmen deutlich stärker als bei den Stalltieren. Die Grundfutteraufnahme war in der Weidegruppe signifikant höher als in der Stallgruppe (Futteraufnahme der Weidegruppe wurde nur im Stall erhoben). Generell zeigten sich in den Schlachtleistungsmerkmalen keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Fütterungsregime (durchschnittlich 57 % Ausschachtung, Fleischklasse U, Fettklasse 3, 46 % wertvolle Teilstücke). Zur Bestimmung der Fleischqualität wurde der Rostbraten (*Musculus longissimus dorsi*) beprobt. Im Wasserbindungsvermögen des Fleisches (Tropf-, Koch- und Grillsaftverlust) zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen und der Reifung (7, 14 und 21 Tage Fleischreifung im Vakuumbeutel). Bei der Fleischfarbe und der Zartheit (Scherkraft) gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fütterungsverfahren. Die Fleischreifung hatte keinen Einfluss auf die Fleischfarbe, jedoch auf die Zartheit des gegrillten Fleisches. So war das sieben Tage gereifte Fleisch signifikant zäher als das 14- bzw. 21-tägig gereifte Fleisch. Das Fett der Weidetiere war intensiver gelb gefärbt als jenes der Stalltiere. Im Nährstoffgehalt (Wassergehalt, Eiweiß, intramuskuläres Fett) des Fleisches gab es keine statistisch nachweisbaren Unterschiede. Die Gehalte an MUFA und Ω -3-Fettsäuren waren in der Weidegruppe tendenziell höher. Bei den SFA und PUFA lagen keine Unterschiede zwischen den Fütterungsverfahren vor.

Schlagwörter: Weidemast von Kalbinnen, Rindfleisch, Schlachtkörperqualität, Fleischzartheit, Fettsäuren

Summary

In the present study, heifers (Simmental x Charolais) were fattened in two feeding regime: (1) indoor fattening with grass silage, maize silage and moderate concentrate amounts (2) continuous grazing (6-8 mm sward height) and indoor finishing period (same diet as indoor group). Aim of the trial was to examine differences in fattening performance, carcass and meat quality. Heifers were fattened from 300 to 550 kg live weight.

Daily gains were high at 1,050 g in both treatments. Daily gains of outdoor heifers had a higher variability compared with indoor heifers. Forage intake was significantly higher in the pasture group compared to the indoor group (feed intake of pasture group was only examined during indoor finishing period). In general, feeding regime had no effect on carcass performance (on average 57% killing out proportion, conformation score U, fatness score 3, 46% valuable sections). For meat quality analyses, samples of the roast beef (*M. longissimus dorsi*) were analysed. Water holding capacity (drip, cooking and grilling loss) was not significantly affected, neither by feeding regime nor meat ageing (7, 14 and 21 days, respectively in vacuum bags). Moreover, feeding regime had no effect on meat colour and beef tenderness (shear force). Meat ageing had no effect on meat colour, however, beef was significantly tougher at 7 days ageing as compared to 14 and 21 days. Fat colour of pasture beef was significantly yellower than from indoor beef. No differences were observed in meat composition (water content, protein and intramuscular fat). Contents of MUFA and Ω -3 fatty acids were tendentially higher in the pasture group. SFA and PUFA were not affected by feeding regime.

Keywords: heifer fattening on pasture, beef, carcass quality, beef tenderness, fatty acids

¹ LFZ Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Stabstelle für Analytik, Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, A-8952 Irdning

² BOKU – Universität für Bodenkultur, Diplomandin, Institut für Nutztierwissenschaften, A-1180 Wien

* Ansprechpartner: Dr. Margit Velik, email: margit.velik@raumberg-gumpenstein.at

1. Einleitung und Fragestellung

In Österreich beläuft sich der jährliche Pro-Kopf-Verbrauch an Fleisch auf 98 kg, wovon mehr als die Hälfte Schweinefleisch ausmacht. Der Konsum von Geflügelfleisch und Rindfleisch liegt jeweils bei durchschnittlich 18,4 kg (AMA 2009). In Österreich werden neben der vorherrschenden Stiermast – rund die Hälfte aller Rinderschlachtungen sind Stiere – jährlich circa 91.000 Kalbinnen und 26.000 Ochsen geschlachtet (AMA 2009). Obwohl Stiere in der Mast- und Schlachtleistung Ochsen und Kalbinnen überlegen sind, gibt es dennoch Gründe diese beiden Tierkategorien zu mästen: (1) Ochsen und Kalbinnen sind für extensive Mastsysteme (z.B. Weidemast) im Gegensatz zu Stieren gut geeignet, (2) extensive Mastsysteme bedeuten einen geringeren Arbeitsaufwand, was insbesondere für Nebenerwerbsbetriebe mit begrenzten Zeitressourcen interessant ist (3) Futtermitteln aus Weidefutter und geringem Kraftfutteranteil sind kostengünstiger als mittelintensive/intensive Silagefütterung im Stall (4) Weidehaltung trägt zum Erhalt der Kulturlandschaft und zum Fortbestehen des österreichischen Tourismus bei.

Es wurde in zahlreichen Studien belegt, dass ein enger Zusammenhang zwischen Produktionssystem, Fütterung, Genetik, Mastendgewicht, Schlachalter und der Mastleistung, Schlachtleistung und Fleischqualität von Rindern besteht. Ochsen und Kalbinnen eignen sich grundsätzlich sehr gut zur Erzeugung von Qualitäts-Rindfleisch. Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit der Frage, ob es bei Mastkalbinnen, die entweder mit mittelintensiver Stallfütterung oder Weidemast mit Endmast im Stall Unterschiede in der Mastleistung (Gewichtszuwachs, Futtermittelnutzung), Schlachtleistung (Ausschlachtung, Schlachtkörperzusammensetzung, Fett- und Fleischanteil etc.) und Fleischqualität (Fleischzartheit, Fettgehalt, Wasserbindungsvermögen, Fettsäurenmuster etc.) gibt. Zusätzlich wird in der Arbeit der Einfluss der Fleischreifung in den beiden genannten Fütterungssystemen auf Merkmale der Fleischqualität untersucht.

2. Tiere, Material und Methoden

2.1. Versuchsplan

Am LFZ Raumberg-Gumpenstein wurde ein Kalbinnen-Mastversuch mit 20 Tieren der Rasse Fleckvieh x Charolais durchgeführt. Die Tiere wurden Anfang April 2008 mit einem Lebendgewicht von 250 bis 350 kg zugekauft. Die Kalbinnen wurden in zwei Gruppen zu je 10 Tieren geteilt (Stall- und Weidegruppe). Die Stallgruppe erhielt eine Ration aus 30 % Maissilage und 70 % Grassilage bezogen auf die Trockenmasse sowie 2 kg Energiekraftfutter Frischmasse und wurde in einem Tretmistlaufstall in Buchten zu je fünf Tieren gehalten. Die Weidegruppe wurde von Anfang Mai bis Ende Oktober auf Kurzrasenweide ohne Beifütterung gehalten; anschließend wurde sie im Stall mit der gleichen Ration wie die Stallgruppe gefüttert (Tabelle 1). Ergänzend wurde beiden Gruppen eine Mineralstoffmischung und Viehsalz gefüttert. Die Tiere wurden im Gewichtsbereich 540 bis 560 kg Lebendmasse im Zeitraum September 2008

Tabelle 1: Versuchsplan

Gruppe	Stall	Weide
Kategorie	Kalbinnen	Kalbinnen
Genetik	Fleckvieh x Charolais	Fleckvieh x Charolais
Tierzahl	10	9 (ein Ausfall durch Blitzschlag)
Fütterung:		
Grundfutter	30 % Maissilage 70 % Grassilage Grassilage <i>ad libitum</i>	Kurzrasenweide von Mai bis Oktober, Endmast Stallration
Energiekraftfutter*	2 kg FM	-
Ergänzungsfutter	Mineralfuttermittel 30 g Viehsalz 30 g	Mineralfuttermittel Viehsalz

*bestehend aus 30 % Weizen, 30 % Gerste, 25 % Mais, 15 % Rapsextraktionsschrot

bis April 2009 geschlachtet. Eine Kalbin der Weidegruppe schied auf Grund eines Blitzschlags vorzeitig aus dem Versuch aus. Zwei Kalbinnen der Weidegruppe erreichten bereits während der Weideperiode das Mastendgewicht.

2.2. Datenerhebung

Die Tiere wurden einmal pro Woche gewogen, um die Gewichtszunahmen zu ermitteln. Bei der Stallgruppe wurde über die gesamte Versuchsdauer und bei der Weidegruppe während der Stallendmast die tierindividuelle Futter- und Nährstoffaufnahme mittels CALAN-Gates erhoben. Die Futtermittelnutzung wurde wöchentlich mit einem Rationsprogramm angepasst. Die Trockenmasse des Energiekraftfutters wurde wöchentlich, die Trockenmasse der Grundfutterkomponenten und des Futterrestes der Grassilage wurde jeden Tag (Montag - Freitag) bestimmt. Jedes Monat wurde vom Energiekraftfutter und den Grundfuttermitteln jeweils eine gepoolte Futterprobe gezogen, die dann auf ihre Inhaltsstoffe untersucht wurde. Die Schlachtkörper wurden sieben Tage nach der Schlachtung nach dem DLG-Schnittmuster (1985) zerlegt. Zur Bestimmung der Fleischqualität wurden von jedem Tier während der Zerlegung Proben des Rostbratens (*Musculus longissimus dorsi*) gezogen und auf folgende Eigenschaften untersucht: Fleisch- und Fettfarbe, Rückenmuskelgröße, Inhaltsstoffe (Wassergehalt, Protein, intramuskuläres Fett, Fettsäuren), Wasserbindungsvermögen mittels Tropfsaft-, Kochsaft- und Grillsaftverlust, Zartheit mittels Scherkraftmessung. Die genaue Methodik der Fleischqualitätsuntersuchungen kann in VELIK et al. (2010) nachgelesen werden.

2.3. Statistische Auswertung

Der Versuch wurde mit dem Statistikprogramm SAS (2003) ausgewertet. Die Mastleistungs-Merkmale sowie die Fleischqualitätsmerkmale Zartheit, Fleisch- und Fettfarbe und Grillsaftverlust wurden mit der MIXED Procedure für wiederholte Messungen nach KAPS und LAMBERSON (2004) ausgewertet. Fixe Effekte waren die Gruppe (Weide und Stall) und die wiederholte Messung (Versuchswoche bzw. Gewichtsbereich [300 - 350 kg, 350 - 400 kg, 400 - 450 kg, 450 - 500 kg, > 500 kg] bzw. Reifedauer (7, 14 bzw. 21 Tage)]. Als Kovarianzstruktur wurde die Compound Symmetry (CS) verwendet, welche berücksichtigt, dass die

Tiere zufällig in eine Gruppe kamen sowie die Kovarianz zwischen den wiederholten Messungen an einem Tier. Die Wechselwirkung zwischen den fixen Effekten wurde getestet, war jedoch für kein Merkmal signifikant. Für die Schlachtleistungs-Parameter sowie die restlichen Fleischqualitäts-Merkmale wurde die GLM Procedure mit Gruppe als fixem Effekt and Lebendgewicht zu Versuchsbeginn als kontinuierliche Variable gewählt. Fleisch- und Fettklasse wurden mit dem Wilcoxon Test (nicht parametrisches Testverfahren) ausgewertet.

3. Ergebnisse und Diskussion

In dem vorliegenden Tagungsbeitrag werden nur die wichtigsten Versuchsergebnisse zusammengefasst. Eine detaillierte Ergebnisbeschreibung und Ergebnisinterpretation findet sich im Projekt-Abschlussbericht „Schlächtkörper- und Fleischqualität von Mastrindern im Grünland (Weide vs. Silagefütterung)“, der auf der Homepage des LFZ Raumberg-Gumpenstein frei verfügbar ist (VELIK et al. 2010).

In den Ergebnistabellen sind die Least Square means (LSmeans) der jeweiligen Merkmale sowie die Residualstandardabweichungen (s_e) und die P-Werte angeführt. Unterschiede wurden bei einem P-Wert von $< 0,05$ als signifikant und bei einem P-Wert von $> 0,05$ und $< 0,10$ als tendenziell angenommen. Für den paarweisen Vergleich wurde der adjustierte Tukey-Range-Test verwendet. Für Merkmale, die mit der GLM Procedure ausgewertet wurden, ist im Text jeweils auch das Bestimmtheitsmaß (R^2) angeführt.

3.1. Mastleistung

Die durchschnittliche Lebendmasse der Kalbinnen zu Versuchsbeginn betrug 285 kg. Sowohl die Weide- als auch die Stallgruppe erreichten mit durchschnittlich 1.050 g sehr gute Tageszunahmen. Hervorzuheben ist, dass die Weidegruppe diese Zunahmen auch während der Weideperiode, wo sie nur auf Kurzrasenweide ohne Beifütterung gehalten wurde, erreichte (Tabelle 2).

Mehrere Studien belegen, dass in der mittelintensiven bis intensiven Kalbinnenmast je nach Genetik durchschnittliche Tageszunahmen von 850 bis 1.150 kg möglich sind (SCHWARZ et al. 1992, STEEN 1995, STEINWIDDER et al. 2002, STEINWIDDER et al. 2007). Die Zunahmen des vorliegenden Versuches bewegten sich somit auf sehr hohem Niveau. SCHWARZ et al. (1998) mästeten Kalbinnen (Fleckvieh bzw. Fleckvieh x Angus) mit drei verschiedenen Fütterungsverfahren: (1) Stallmast mit Maissilage und einem kg Kraftfutter, (2) Weidemast, die von einer

Winterfütterungsperiode mit Grassilage, Heu und Stroh unterbrochen wurde, (3) wie Fütterungsverfahren (2) mit dreimonatiger Stallendmast wie in (1). Gruppe 1 erreichte mit 1.070 g ähnliche durchschnittliche Tageszunahmen wie im vorliegenden Versuch. Gruppe 2 erreichte während der Weidemast und Winterstallfütterung durchschnittliche Zunahmen von 620 g. Gruppe 3 erreichte bedingt durch kompensatorisches Wachstum während der Stallendmast Tageszunahmen von rund 1.330 g. Bei HESSLE et al. (2007) lagen die Tageszunahmen von Charolais bzw. Angus Kalbinnen in der Weideperiode nur bei rund 450 g, in der Endmast im Stall zwischen 900 und 1.150 g. Die Ergebnisse zeigen, dass auf ungünstigen Standorten und bei schlechtem Weidemanagement sowie bei sehr extensiver Fütterung das Wachstumspotential der Tiere nicht voll ausgeschöpft werden kann. Durch eine höhere Energiezufuhr in der Endmast kommt es häufig zu kompensatorischem Wachstum, wodurch Tiere Wachstumsdefizite aus extensiveren Mastabschnitten teilweise aufholen können.

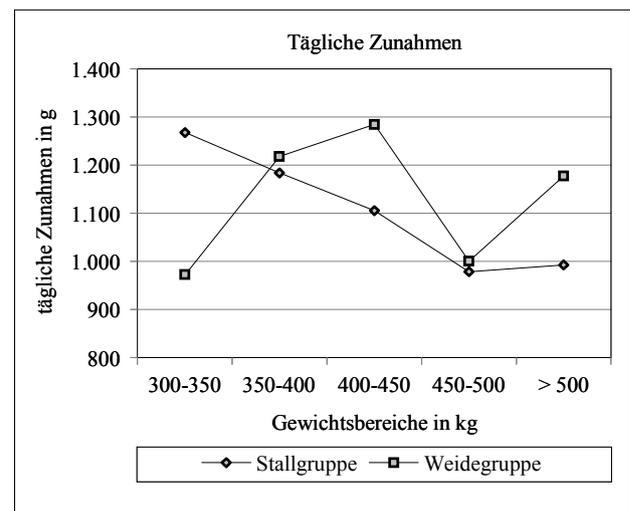


Abbildung 1: Wachstumsverlauf der Stall- und Weidegruppe

Betrachtet man den Wachstumsverlauf der beiden Gruppen (Abbildung 1) erkennt man, dass die Stallgruppe die höchsten Zunahmen im Gewichtsbereich 300 bis 350 kg Lebendgewicht erreichte und die Zunahmen danach abfallend waren. Dies deckt sich gut mit Ergebnissen von SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1990), STEINWIDDER et al. (2002) und STEINWIDDER et al. (2007). Die täglichen Zunahmen der Weidegruppe waren stärkeren Schwankungen unterlegen (insbesondere bei Umstellung von Stall auf Weide und im Herbst wieder von Weide in Stall).

Bei der Interpretation der Ergebnisse zur Futter- und Nährstoffaufnahme ist kritisch zu beachten, dass (1) von den Weidekalbinnen die Futteraufnahme erst ab der Einstellung Ende Oktober erhoben wurde und (2) die Weidekalbinnen im Oktober mit unterschiedlichen Lebendgewichten eingestallt wurden und daher unterschiedlich lange im Stall gemästet wurden. Die durchschnittliche Lebendmassen der Stall- und Weidekalbinnen lagen zum Zeitpunkt der Einstellung bei 475 kg; bei der Weidegruppe befand sich allerdings die Mehrzahl der Tiere im Gewichtsbereich 450 - 500 kg

Tabelle 2: Einfluss der Fütterung auf Tageszunahmen und Schlachttalter

Merkmal		LSmeans		s_e	P-Werte
		Stall	Weide		
Tiere	Anzahl	10	9		
Tageszunahmen, gesamt	g	1.074	1.068	298,1	0,943
Weideperiode (Mai - Oktober)	g	1.062	1.074	298,6	0,874
Stallperiode (November - April)	g	1.089	1.015	247,1	0,517
Schlachttalter	Tage	500	517	40,2	0,355

... unterschiedliche Hochbuchstaben in der Zeile bedeuten signifikante Unterschiede

(4 von 7 Kalbinnen), bei der Stallgruppe im Gewichtsbe-
reich > 500 kg (5 von 9 Kalbinnen).

Die wichtigsten Inhaltsstoffe der eingesetzten Futtermittel
sind in *Tabelle 3* dargestellt.

Die Aufwuchshöhe einer Kurzrasenweide sollte 6,0 - 8,0
cm betragen bzw. im Spätsommer und Herbst 7,0 - 10,0 cm
(HÄUSLER et al. 2008, MÜNGER und JANS 2001, THO-
MET und HAGDORN 2000). Im vorliegenden Versuch
betrug die Aufwuchshöhe der Kurzrasenweide zwischen
4,0 und 6,5 cm. Das Flächenangebot lag bei Weideanstrieb

Tabelle 3: Inhaltsstoffe der Stall-Futtermittel

Merkmal		Gras- silage	Mais- silage	Kraft- futter
Trockenmasse	g/kg FM	405	329	884
Energiegehalt	MJME/kg TM	9,4	10,6	13,3
XP (Rohprotein)	g /kg TM	138	90	146
XA (Rohasche)	g /kg TM	99	55	28
NDF (Neutrale Detergentienfaser)	g /kg TM	500	471	174
ADF (Saure Detergentienfaser)	g /kg TM	328	270	62
nXP (nutzbares XP)	g /kg TM	124	131	175
RNB (Ruminale N-Bilanz)	g	2,2	-6,6	-4,7

*Weidefutter wurde nicht analysiert

*Tabelle 4: Einfluss der Fütterung auf die Futter- und Nährstoffaufnahme
in der Stallperiode* (Oktober 2008 bis April 2009, ab 27. Versuchswoche)

Merkmal		LSmeans		s _e	P-Werte
		Stall	Weide		
Tiere		9	7		
Lebendmasse in 27. Versuchswoche		479	469	37,9	0,603
Gesamtfutter	kg	8,3 ^b	9,4 ^a	0,50	0,023
Grundfutter	kg	6,6 ^b	7,7 ^a	0,49	0,021
Grassilage	kg	4,6 ^b	5,5 ^a	0,39	0,008
Kraftfutteranteil der Ration	%	21 ^a	19 ^b	1,3	0,019
Energie	MJME	88,6 ^b	98,6 ^a	4,87	0,026
XP (Rohprotein)	g	1.050 ^b	1.176 ^a	62,2	0,018
NDF (neutrale Detergentienfaser)	g	3.467 ^b	3.980 ^a	246,4	0,023
nXP (nutzbares XP)	g	1.146 ^b	1.276 ^a	63,0	0,025
RNB (Ruminale N-Bilanz)	g	-15,3	-15,9	0,94	0,535
Verhältnis XP:ME	g	11,8 ^b	11,9 ^a	0,07	0,037
Futteraufnahme/kg Zuwachs	kg	8,5	9,8	2,48	0,118
Rohproteinbedarf/kg Zuwachs	g	1.070	1.231	309,2	0,127
Energiebedarf/kg Zuwachs	MJME	90,1	103,4	26,04	0,143

... unterschiedliche Hochbuchstaben in der Zeile bedeuten signifikante Unterschiede

Tabelle 5: Einfluss der Fütterung auf die Schlachtleistung

Merkmal		LSmeans		s _e	P-Werte
		Stall	Weide		
Tiere	Anzahl	10	9		
Schlachalter	Tage	500	517	40,2	0,355
Schlachtkörper	kg	309	308	10,5	0,851
Ausschlachtung _{kalt}	%	56,6	55,7	1,93	0,374
Nettozunahmen ¹	g	620	600	44,5	0,324
Fleischigkeitsklasse	Punkte (5=E)	4,0	3,9	-	0,359
Fettgewebeklasse	Punkte (1=sehr gering)	3,3	3,0	-	0,151
Wertvolle Teilstücke ²	% v. SKG	45,6	46,0	1,54	0,599
Beiried+Rostbraten	kg	15,1	15,0	0,96	0,841
Nierenfett	kg	12,0	10,3	2,42	0,151

¹Nettozunahmen = Schlachtgewicht / Schlachalter * 1.000

²wertvolle Teilstücke = Filet, Beiried+Rostbraten, Schlegel und hinterer Wadschinken

... unterschiedliche Hochzahlen innerhalb einer Zeile bedeuten signifikante Unterschiede

im Mai bei rund 0,1 ha und im Herbst bei rund 0,3 ha pro
Mastkalbin.

Die Weidegruppe hatte im Vergleich zur Stallgruppe in
der Stallperiode (ab Versuchswoche 27) eine signifikant
höhere Grassilage Aufnahme (5,5 kg TM vs. 4,6 kg TM
in der Stallgruppe) und daraus resultierend auch eine si-
gnifikant höhere Gesamtfutteraufnahme (9,4 kg TM vs.
8,3 kg TM in der Stallgruppe) (*Tabelle 4*). Auch KEANE
und MOLONEY (2009) stellten bei Ochsen, die zuvor auf
der Weide gemästet wurden, eine höhere Futteraufnahme
in der anschließenden Stallperiode fest. Generell ist eine
steigende Futteraufnahme bei höherem Gewicht
und gleichbleibenden Zunahmen einerseits mit
dem höheren Erhaltungsbedarf bei höherer Le-
bendmasse (GFE 1995) und andererseits mit der
zunehmenden Fetteinlagerung der Tiere, die mehr
Energie benötigt als der Ansatz von Muskelmasse,
zu erklären (STEINWIDDER et al. 2002, STEIN-
WIDDER et al. 2007). Durch die signifikant höhere
Gesamtfutteraufnahme der Weidegruppe ergaben
sich auch signifikante Unterschiede in der Nähr-
stoffaufnahme. Die Weidegruppe hatte signifikant
höhere Aufnahmen an XP, XL, NDF, ADF und
nXP. Bei der ruminale Stickstoffbilanz (RNB)
zeigten sich in der Stallperiode mit durchschnittlich
-15,5 g keine signifikanten Unterschiede zwischen
den Gruppen. Beim Vergleich der Verwertungseffi-
zienz (Futter-, Energie- bzw. Proteinaufnahme pro
kg Lebendmassezuwachs) in der Stallperiode zeigte
sich eine numerisch schlechtere Verwertungseffi-
zienz der Weidegruppe, die allerdings statistisch nicht
signifikant war.

3.2. Schlachtleistung

Die Stallgruppe erreichte das Schlachalter ($R^2=28$
%) mit durchschnittlich 16,5 Monaten, die Wei-
degruppe mit 17,0 Monaten. Dieser Unterschied
war jedoch statistisch nicht signifikant. Bei den
Merkmalen Schlachtkörpergewicht_{kalt} ($R^2=21$ %)
und Ausschlachtung_{kalt} ($R^2=13$ %) gab es keine
signifikanten Unterschiede zwischen den Fütte-
rungsregime, was auch von DANNENBERGER
et al. (2006) bestätigt wurde. Die Nettozunahmen
betragen durchschnittlich 610 g. In einem Versuch
von KÖGEL et al. (2000) wurden Kalbinnen aus
verschiedenen Kreuzungen relativ intensiv gemäs-
tet. Die höchsten Nettozunahmen verzeichneten
die Charolais x Fleckvieh-Kalbinnen mit 520 g.
FRICKH et al. (2002) mästeten Kalbinnen bei
unterschiedlicher Fütterungsintensität und fanden
Nettotageszunahmen zwischen 470 und 590 g. Bei
den subjektiv beurteilten Merkmalen Fleischigkeit
(durchschnittlich 4 Punkte) und Fettklasse (durch-
schnittlich 3,1 Punkte) sowie dem Anteil wertvoller
Teilstücke ($R^2=16$ %) und allen anderen Schlacht-
körper-Teilstücken gab es keinen signifikanten
Unterschied zwischen den Gruppen (*Tabelle 5*).

Signifikante Unterschiede zwischen den Fütterungs-
regime gab es im Gewicht von Leber ($R^2=52$ %) und

von Herz, Lunge, Zwerchfell ($R^2=32\%$); die Weidegruppe wies hier höhere Gewichte auf, was auch von DANNENBERGER et al. (2006) festgestellt wurde. Das Nierenfettgewicht ($R^2=24\%$) betrug bei der Stallgruppe 12,0 kg und bei der Weidegruppe 10,3 kg, dieser Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant. Bei den beiden Kalbinnen, die ohne Stallendmast direkt von der Weide geschlachtet wurden, betragen die Nierenfettgewichte 9,3 und 7,3 kg.

3.3. Fleischqualität

Wasserbindungsvermögen

Die Parameter Tropf-, Koch- und Grillsaft geben Auskunft über die Eigenschaften Fleisch zu lagern und zuzubereiten. Im Wasserbindungsvermögen des Fleisches zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen. Der Tropfsaftverlust ($R^2=7\%$) lag in beiden Gruppen bei durchschnittlich 2,5 %. Der Kochsaftverlust ($R^2=30\%$) betrug durchschnittlich 26 %. FRICKH et al. (2005) geben als Referenzwert für außergewöhnlich gute Fleischqualität einen Kochsaftverlust von unter 30 % und einen Tropfsaftverlust nach 3-tägiger Lagerung von maximal 3,0 - 4,5 % an. Beide Gruppen lagen unterhalb dieser Referenzwerte. Auf den Grillsaftverlust hatte weder das Fütterungsregime noch die Reifedauer (7, 14 bzw. 21 tägige Reifung im Vakuumsack) einen signifikanten Einfluss. Der Grillsaftverlust_{warm} lag bei 18,5 % und der Grillsaftverlust_{kalt} bei 26,5 %. Somit lag der Grillsaftverlust_{warm} unter dem von FRICKH et al. (2005) als obere Grenze angegebenen Wert von 22 %.

Fleisch- und Fettfarbe

Die Farbe des Fleisches beeinflusst den Konsumenten bei seiner Kaufentscheidung stark, da es oft die einzige Möglichkeit ist, das Fleisch sensorisch zu bewerten. FRICKH et al. (2005) geben für die Helligkeit (L^*) von Rindfleisch einen Richtwert von 34 - 40 an. Das Fleisch beider Gruppen entsprach sowohl am frischen Anschnitt als auch nach 60-minütiger Oxidation diesem Richtwert. Das Fütterungsregime hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Fleischfarbe (Helligkeit, Rotton, Gelbton). In der Literatur finden sich viele Hinweise, dass Rindfleisch von Weidetieren dunkler als Fleisch von im Stall gemästeter Rinder ist (DANNENBERGER et al. 2006, DUFRASNE et al. 1995, KEANE und ALLEN 1998, NÜRNBERG 2005, SCHWARZ et al. 1998). Grund hierfür könnten die häufig gefundenen geringeren Tageszunahmen und die damit verbundene längere Mastdauer und das höhere Schlachalter sein. Die Reifedauer hatte allerdings einen signifikanten Einfluss auf die Fleischfarbe; mit fortschreitender Reifung wurde das Fleisch heller und der Rot- und Gelbton intensiver (dunkler) (Tabelle 6).

Das Fütterungsregime hatte einen signifikanten Einfluss auf den Gelbton des Fettes; das Fleisch der Weidekalbinnen war signifikant gelber als jenes der Stalltiere, was von mehreren Autoren ebenfalls belegt wurde (SCHWARZ et al. 1998, FRICKH et al. 2002 und FRICKH et al. 2003, KREUZER 2007). Die Helligkeit des Fettes blieb vom Fütterungssystem und der Reifedauer unbeeinflusst. Eine Verlängerung der Reifezeit auf 21 Tage führte zu einer

signifikanten Intensivierung der Gelbfärbung sowie der Rotfärbung (Tabelle 7).

Tabelle 6: Einfluss der Reifedauer auf die Fleischfarbe

Fleischfarbe am frischen Anschnitt			
Merkmal	LSmeans Reifedauer	s_e	P-Werte
L_{10}^* -Helligkeit		3,54	0,017
7 Tage	36,4 ^B		
14 Tage	37,8 ^{AB}		
21 Tage	39,9 ^A		
a_{10}^* -Rotton		1,79	0,026
7 Tage	10,0 ^B		
14 Tage	10,5 ^{AB}		
21 Tage	11,6 ^A		
b_{10}^* -Gelbton		1,81	0,005
7 Tage	6,2 ^B		
14 Tage	6,7 ^{AB}		
21 Tage	7,7 ^A		

... unterschiedliche Hochbuchstaben innerhalb einer Spalte und innerhalb eines Merkmals bedeuten signifikante Unterschiede

Tabelle 7: Einfluss von Fütterung und Reifung auf die Fettfarbe

Fettfarbe am frischen Anschnitt				
Merkmal	LSmeans		s_e	P-Werte
	Stall	Weide		
L_{10}^* -Helligkeit	71,5	70,6	3,60	0,421
a_{10}^* -Rotton	1,0 ^b	2,1 ^a	0,66	0,005
b_{10}^* -Gelbton	7,7 ^b	9,9 ^a	0,78	< 0,001

Merkmal	LSmeans Reifedauer	s_e	P-Werte
b_{10}^* -Gelbton		0,78	< 0,001
7 Tage	8,2 ^B		
14 Tage	8,7 ^B		
21 Tage	9,6 ^A		

... unterschiedliche Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen; innerhalb einer Spalte und innerhalb eines Merkmals bedeuten sie signifikante Unterschiede zwischen den Reifestadien

Zartheit (Scherkraft)

Zwischen den beiden Fütterungsregime gab es keinen signifikanten Unterschied in der Fleischzartheit (Tabelle 8). Ebenfalls keinen Einfluss zwischen Weide basierten Fütterungssystemen und Stallmast-Systemen fanden DUFRASNE et al. (1995), KEANE und ALLEN (1998), SCHWARZ et al. (1998) und SAMI et al. (2004). NÜRNBERG et al. (2005) und DANNENBERGER et al. (2006) stellten fest, dass Rindfleisch von extensiv bzw. Weide basierten Fütterungssystemen zäher ist, wohingegen DAWSON und STEEN (1998) und REALINI et al. (2004) Weidetieren sogar ein zarteres Fleisch bescheinigten. Die Reifedauer hatte im vorliegenden Versuch einen deutlichen Einfluss auf die Zartheit des gegrillten Fleisches. Die sieben Tage gereifte Fleischprobe wies einen signifikant höheren Scherkraftwert auf als die 14 und 21 Tage gereiften Fleischproben. Die Verlängerung der Reifezeit von 14 auf 21 Tage führte zu

keiner signifikanten Verbesserung der Zartheit, aber zu einer geringeren Variabilität zwischen den Proben.

Tabelle 8: Einfluss von Fütterung und Reifung auf die Zartheit

Merkmal	LSmeans		s _e	P-Werte
	Stall	Weide		
Scherkraft _{roh}	2,4	2,6	0,525	0,49
Scherkraft _{gegrillt}	3,2	3,5	0,484	0,53

Merkmal	LSmeans		s _e	P-Werte
	Reifedauer			
Scherkraft _{roh}			0,49	0,055
7 Tage	2,3 ^B			
14 Tage	2,5 ^{AB}			
21 Tage	2,7 ^A			
Scherkraft _{gegrillt}			0,53	0,001
7 Tage	4,4 ^A			
14 Tage	3,1 ^B			
21 Tage	2,6 ^B			

... unterschiedliche Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen; innerhalb einer Spalte und innerhalb eines Merkmals bedeuten sie signifikante Unterschiede zwischen den Reifestadien

Inhaltsstoffe und Fettsäuren

Das Fütterungsregime hatte keinen Einfluss auf die Inhaltsstoffe Wassergehalt, Protein und intramuskuläres Fett sowie auf die Größe des Rückenmuskels (Tabelle 9). Numerisch zeigte Weidefleisch einen um 0,6 Prozentpunkte niedrigeren intramuskulären Fettgehalt ($R^2=32\%$). FRICKH et al. (2005) geben als Referenzwert für den intramuskulären Fettgehalt einen Wert von 2,5 bis 4,5 % an. Ein geringerer Fettgehalt bei extensiver Fütterung im Vergleich zu intensiver Fütterung wurde von mehreren Autoren gefunden (ENDER et al. 1998, SAMI et al. 2004, NÜRNBERG et al. 2005, DANNENBERGER et al. 2006).

Tabelle 9: Einfluss der Fütterung auf die Fleischinhaltsstoffe

Merkmal	LSmeans		s _e	P-Werte	
	Stall	Weide			
Nährstoffgehalt					
Trockenmasse	g	263	254	11,9	0,139
Rohprotein	g	218	217	3,3	0,580
Intramuskulärer Fettgehalt	%	3,5	2,9	1,33	0,360
Muskelfläche	cm ²	76,2	77,4	21,07	0,901

... unterschiedliche Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile bedeuten signifikante Unterschiede

Fett ist ein wichtiger Bestandteil unserer Ernährung (DGE et al. 2008). Besonderes Augenmerk muss auf die für den Körper essentiellen Fettsäuren (Ω -3- und Ω -6, PUFA, CLA-Fettsäuren) gelegt werden. Diese kann der Körper nicht selbst synthetisieren und sie müssen daher mit der Nahrung aufgenommen werden. Ölsäure (C-18:1 cis9), Palmitinsäure (C-16:0) und Stearinsäure (C-18:0) machen in Rindfleisch mengenmäßig die wichtigsten Fettsäuren aus. Die Ölsäure zählt zu den einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA), während die Palmitin- und Stearinsäure zu den – bei zu hoher Aufnahme für die Gesundheit ungünstigen – gesättigten Fettsäuren (SFA) zählen. Mehrere Autoren belegen, dass durch grünlandbasierte Fütterung im Gegensatz zu

Maissilage und Kraftfutter reichen Futtermitteln der Gehalt an PUFA, CLA und Omega-3 Fettsäuren erhöht wird und der Gehalt an SFA sinkt (REALINI et al. 2004, SAMI et al. 2004, NÜRNBERG et al. 2005, DANNENBERGER et al. 2006). Im vorliegenden Versuch wurden weder die SFA ($R^2=10\%$) noch die PUFA ($R^2=37\%$) durch das Fütterungssystem beeinflusst. Die Summe der MUFA ($R^2=29\%$) war bei der Stallgruppe (46,0 g) tendenziell höher als bei der Weidegruppe (43,6 g) (Tabelle 10).

Tabelle 10: Einfluss der Fütterung auf das Fettsäuremuster

Merkmal (in g/100 g Fettsäuremethylester)	LSmeans		s _e	P-Werte
	Stall	Weide		
Σ Fettsäuren				
SFA (gesättigte FS)	48,8	49,8	1,97	0,302
MUFA (einfach ungesättigte FS)	46,0	43,6	2,49	0,059
PUFA (mehrfach ungesättigte FS)	5,2	6,6	2,01	0,157
CLAs (konjugierte Linolsäuren)	0,53	0,65	0,143	0,107
Ω -3-Fettsäuren ¹⁾	1,4	2,0	0,59	0,058
Ω -6-Fettsäuren ²⁾	3,3	4,0	1,42	0,297
Σ Ω -6/ Ω -3 Fettsäuren	2,5	2,0	0,43	0,058
C-16:0 (Palmitinsäure)	28,0	28,8	1,32	0,189
C-18:0 (Stearinsäure)	15,6	15,3	1,14	0,504
Σ C-18:1 trans	3,82	3,30	0,716	0,144
C-18:1 c 9 (Ölsäure)	35,0	32,9	2,20	0,058
C-18:3 c 9, 12, 15 (ALA)	0,72	0,97	0,302	0,103
C-20:5 (EPA)	0,14 ^b	0,26 ^a	0,110	0,039
C-22:5 c 7, 10, 13, 16, 19 (DPA)	0,46	0,66	0,210	0,063
C-22:6 (DHA)	0,06	0,06	0,016	0,589

... unterschiedliche Hochbuchstaben in der Zeile bedeuten signifikante Unterschiede

¹⁾ Σ ALA, EPA, DPA, DHA

²⁾ Σ Linolsäure (C-18:2 c 2, 12), Arachidonsäure (C-20:4)

Die Konzentration der Ω -3-Fettsäuren ($R^2=43\%$) der Weidekalbinnen war um 30 % tendenziell höher als bei den im Stall gemästeten Kalbinnen (Weide = 2,0 g, Stall = 1,4 g). Ausschlaggebend dafür war die tendenziell um 29,9 % höhere Konzentration der DPA ($R^2=33\%$) und die um 46,2 % signifikant höhere Konzentration der EPA ($R^2=31\%$). Die höhere Konzentration der Ω -3-Fettsäuren beeinflusste das Verhältnis von Ω -3/ Ω -6 ($R^2=21\%$) günstig. Das Verhältnis von Ω -3- zu Ω -6-Fettsäuren soll in der menschlichen Ernährung kleiner 5:1 sein (DGE et al. 2008). Die Summe der konjugierten Linolsäuren (CLAs) war im vorliegenden Versuch zwischen den beiden Gruppen nicht signifikant verschieden. Numerisch hatte die Weidegruppe eine höhere Konzentration (Stall 0,5 g, Weide 0,6 g).

4. Schlussfolgerungen

- Bei der Kalbinnenmast auf Kurzrasenweide sind die gleichen Tageszunahmen und das gleiche Schlachalter wie bei mittelintensiver Stallmast (Grassilage, Maissilage, Kraftfutter) zu erzielen. Voraussetzung dafür ist ein optimales Weidemanagement. Die Weidemast führt allerdings bedingt durch Futterumstellung von Stall auf Weide und vice versa sowie aufgrund des schwankenden Weideangebotes zu stärkeren Schwankungen der Tageszunahmen. Zu Beginn der Weidesaison sowie bei Weideknappheit im Herbst ist häufig eine Heuzufütterung sinnvoll.

- Durch die Haltung auf Kurzrasenweide während der Vegetationsperiode (Anfang Mai bis Ende Oktober) sind keine Einbußen in der Schlachtleistung (Ausschlachtung, Fleischigkeit) zu erwarten. Weidemastkalbinnen erreichen genauso die Fleischigkeitsklasse U (sehr gute Muskelfülle). Eine ein- bis zweimonatige Endmast im Stall mit mittelintensiven Rationen sollte allerdings stattfinden, da die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit darauf hinweisen, dass die Schlachtkörper von Kalbinnen, die direkt von der Kurzrasenweide geschlachtet werden, eine ungenügende Fettabdeckung haben.
- Die Kalbinnenmast der Kreuzung Fleckvieh x Charolais auf über 550 kg Lebendgewicht ist bei mittelintensiver Fütterung energetisch und bezüglich der Schlachtkörperqualität nicht sinnvoll, da die Tiere bereits stark verfetten.
- Es kann davon ausgegangen werden, dass die Fleischreifung für die Zartheit des Rindfleisches wichtiger ist als das Fütterungsverfahren. Kalbinnenfleisch sollte 14 Tage reifen, bevor es in den Handel zum Konsumenten kommt.
- Die Fleischinhaltsstoffe (Wassergehalt, Protein, Fett) von geweideten Kalbinnen entsprechen jenen von im Stall gemästeter Kalbinnen. Eine Stallendmast dürfte sich insbesondere auf den intramuskulären Fettgehalt positiv auswirken. Bei Rindfleisch sollte der intramuskuläre Fettgehalt idealerweise zwischen 2,5 und 4,5 % liegen.
- Das in der Literatur mehrfach beschriebene ernährungsphysiologisch günstige Verhältnis der Ω -6- zu Ω -3-Fettsäuren bei geweideten Tieren wird mit den vorliegenden Ergebnissen bestätigt. Allerdings weist auch das Fleisch von Kalbinnen, die mit grassilagebetonten Futtermitteln gemästet werden, ein ähnlich günstiges Ω -6- zu Ω -3-Fettsäuren-Verhältnis auf.
- Die Gelbfärbung des Fettes ist bei den Weidetieren intensiver. Allerdings ist zu klären, inwieweit diese Unterschiede vom Konsumenten wahrgenommen werden.
- Eine regelmäßige Kontrolle (insbesondere Wurmbefall und Lungenentzündung) der Weidetiere ist wichtig. Vor Weideauftrieb im Frühjahr ist eine Impfung gegen Rauschbrand unbedingt erforderlich.
- Weidehaltung führt zu geringeren Futtermittelkosten bei zusätzlicher Arbeitsentlastung.

5. Literaturverzeichnis

- AMA (Agrarmarkt Austria), 2009: www.ama.at (9.2.2010).
- DANNENBERGER, D., K. NÜRNBERG, G. NÜRNBERG und K. ENDER, 2006: Carcass and meat quality of pasture vs. concentrate fed German Simmental and German Holstein bulls. *Archiv für Tierzucht* 49, 315-328.
- DAWSON, L.E.R. und R.W.J. STEEN, 1998: A comparison of pasture grazing and storage feeding in terms of performance and carcass and meat quality of beef cattle. *Proceedings of the Workshop: Effect of extensification on animal performance, carcass composition and product quality.* (eds. Fiems, L.O. und De Campeneere) 16.-17. May 1997, Melle-Gontrode, Belgium, 218-228.
- DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung), (ÖGE) Österreichische Gesellschaft für Ernährung, (SGE) Schweizerische Gesellschaft für Ernährung, (SVE) Schweizerische Vereinigung für Ernährung, 2008: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, 1. Auflage, Neuer Umschau Buchverlag, Neustadt an der Weinstraße.
- DLG, 1985: Schnittführung für die Zerlegung der Schlachtkörper von Rind, Kalb, Schwein und Schaf, Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, Frankfurt/Main.
- DUFRASNE, I., M. GIELEN, P. LIMBOURG, C. Van EENAEME und L. ISTASSE, 1995: Effects of a grazing period on performance of finishing bulls: comparison with an indoor finishing system. *Animal Science* 60, 75-80.
- ENDER, K., H.J. PAPSTEIN, K. NÜRNBERG und J. WEGNER, 1998: Muscle and fat related characteristics of grazing steers and lambs in extensive systems. *Proceedings of the Workshop: Effect of extensification on animal performance, carcass composition and product quality* (eds. Fiems, L.O. and De Campeneere) 16.-17. May 1997, Melle-Gontrode, Belgium, 229-233.
- FRICKH, J.J., R. BAUMUNG, K. LUGER und A. STEINWIDDER, 2002: Einfluss der Kategorie (Stiere, Ochsen, Kalbinnen) und des Kraftfutterniveaus (Fütterungsintensität) auf der Basis von Gras- und Maissilage auf die Schlachtleistung und Fleischqualität. 29. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein.
- FRICKH, J.J., A. STEINWIDDER und R. BAUMUNG, 2003: Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Mastendmasse auf die Fleischqualität von Fleckvieh-Tieren. *Züchtungskunde* 75(1), 16-30.
- FRICKH, J.J., G. IBI und K. ELIXHAUSER, 2005: Untersuchung des Pinzgauer Rindes auf Fleischqualität im Rahmen einer stationären Fleischleistungsprüfung. Abschlussbericht des Forschungsprojektes 2005 im Auftrag des BMLF.
- GFE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie), 1995: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 6 – Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffaufnahme der Mastrinder. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- HÄUSLER, J., M. VELIK, D. EINGANG und J. WILDLING, 2008: Ergebnisse zur Weideaufzucht von Kalbinnen. 4. Österreichische Fachtagung für biologische Landwirtschaft, LFZ Raumberg-Gumpenstein.
- HESSLE, A., E. NADEAU und S. JOHANSSON, 2007: Beef heifer production as affected by indoor feed intensity and slaughter age when grazing semi-natural grasslands in summer. *Livestock Science* 111(1-2), 124-135.
- KAPS, M. und W.R. LAMBERSON, 2004: *Biostatistics for Animal Science.* CABI Publishing, Oxford.
- KEANE, M. G. und P. ALLEN, 1998: Effects of production system intensity on performance, carcass composition and meat quality of beef cattle. *Livestock Production Science* 56(3), 203-214.
- KEANE, M.G. und A.P. MOLONEY, 2009: A comparison of finishing systems and duration for spring-born Aberdeen Angus x Holstein-Friesian and Belgian Blue x Holstein-Friesian steers. *Livestock Science* 124 (1-3), 223-232.
- KÖGEL, J., M. PICKL, J. ROTT, W. HOLLWICH, R. SARREITER und N. MEHLER, 2000: Kreuzungsversuch mit Charolais, Blond d'Aquitaine und Limousin auf Fleckvieh-Kühe. 2. Mitteilung: Schlachtertrag und Schlachtkörperqualität. *Züchtungskunde* 73, 201-216.
- KREUZER, M., 2007: Gesundheitswert und Beschaffenheit von Milch und Fleisch aus dem Grünlandgebiet. 13. Alpenländisches Experten-

- forum 2007, Höhere Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Irdning, 7-13.
- MÜNGER, A. und F. JANS, 2001: Umtriebs- und Kurzrasenweide für Milchkühe im Vergleich. *Agrarforschung* 8, 464-469.
- NÜRNBERG, K., D. DANNENBERGER, G. NUERNBERG, K. ENDER, J. VOIGT, N.D. SCOLAN, J.D. WOOD, G.R. NUTE und R.I. RICHARDSON, 2005: Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livestock Production Science* 94(1-2), 137-147.
- REALINI, C.E., S.K. DUCKETT, G.W. BRITO, M. DALLA RIZZA und D. De MATTOS, 2004: Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science* 66(3), 567-577.
- SAMI, A.S., C. AUGUSTINI und F.J. SCHWARZ, 2004: Effect of feeding intensity and time on feed on intramuscular fatty acid composition of Simmental bulls. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 88, 179-187.
- SAS, 2003: Service Pack 4, Version 9.1.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SCHWARZ, F.J. und M. KIRCHGESSNER, 1990: Vergleichende Untersuchungen zur Mastleistung von Jungbullen, Ochsen und Färsen der Rasse Fleckvieh. *Züchtungskunde* 62(5), 384-396.
- SCHWARZ, F.J., C. AUGUSTINI und M. KIRCHGESSNER, 1998: Gewichtsentwicklung sowie Schlachtkörper- und Fleischqualität von Fleckvieh- und Angus x Fleckvieh-Färsen bei unterschiedlichen Fütterungsverfahren. *Züchtungskunde* 70(1), 61-74.
- SCHWARZ, F.J., M. KIRCHGESSNER, C. AUGUSTINI und W. BRANSCHIED, 1992: Wachstumsspezifische Veränderung der Schlachtkörperqualität von Mastrindern der Rasse Deutsches Fleckvieh. 1. Wachstumsverlauf von Jungbullen, Ochsen und Färsen bei unterschiedlicher Fütterungsintensität. Sonderdruck aus „Fleischwirtschaft“, 72. Jahrgang, Deutscher Fachverlag GmbH.
- STEEN, R.W.J., 1995: The effect of plane of nutrition and slaughter weight on growth and food efficiency in bulls, steers and heifers of three breed crosses. *Livestock Production Science* 42, 1-11.
- STEINWIDDER, A., J. FRICK, K. LUGER, T. GUGGENBERGER, A. SCHAUER, J. HUBER und L. GRUBER, 2002: Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Mastendmasse auf Futteraufnahme und Mastleistung bei Fleckvieh-Tieren. *Züchtungskunde* 74(2), 104-120.
- STEINWIDDER, A., T. GUGGENBERGER, A. SCHAUER, A. RÖMER, G. IBI und J. FRICKH, 2007: Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Genetik auf die Mastleistung von Jungrindern aus der Mutterkuhhaltung. *Züchtungskunde* 79(2), 128-141.
- THOMET, P. und M. HADORN, 2000: Leistungsvergleich zwischen Kurzrasen- und Umtriebsweide mit Ochsen. *Agrarforschung* 7(10), 472-477.
- VELIK, M., E.M. FRIEDRICH, J. HÄUSLER, R. KITZER, D. EINGANG, J. KAUFMANN und A. STEINWIDDER, 2010: Schlachtkörper- und Fleischqualität von Kalbinnen im Grünland (Weide vs. Silagefütterung). Abschlussbericht des Projektes 100369 im Auftrag des BMLFUW.

Vernetzung von AK Beratung und Vermarktung am Beispiel Mutterkuhhaltung in Tirol

Integration of team consulting and marketing by the example "suckler cow system" in Tirol

Michael Wurzrainer^{1*}

Tirol ist eines jener Bundesländer, die sich aus österreichischer Sicht erst seit kurzer Zeit mit dem Thema Mutterkuhhaltung in der Beratung und der Vermarktung beschäftigen. Die ersten Versuche mit der Mutterkuhhaltung in Tirol machten die Züchter der heutigen Generationsrassen, dann kamen die „Exoten“ und erst seit 10 bis 15 Jahren beschäftigen sich in Tirol Betriebe intensiv mit der Rindfleischproduktion.

2004 wurde seitens der Landwirte doch großer Beratungsbedarf zum Thema Mutterkuhhaltung gemeldet. Dabei ging es hauptsächlich um die Angelegenheiten der Vermarktung bei den bereits produzierenden Betrieben einerseits, andererseits um Fragen der Umstellung bei Neueinsteigern. Um diese Wünsche bestmöglich zu befriedigen, wurde damals die Beratungsarbeit (JOK für Neueinsteiger und der AK für produzierende Betriebe) gleichzeitig mit der Vermarktungsarbeit (Bündelung der Ware über die TVM) begonnen. Mittlerweile kann man doch in dieser kurzen Zeit von einer kleinen Erfolgsgeschichte sprechen. Einzig und allein durch das Zusammenarbeiten der beteiligten Organisationen und deren Mitarbeiter ist es gelungen, Reibungsverluste zu vermeiden und effizient für die Bauern zu arbeiten. So kam für diese Vorgangsweise Unterstützung von der LK, der Politik, den Zuchtverbänden, dem LFI und der Agrarmarketing Tirol. Letztere spielt heute durch das Marketing rund um den Tiroler Jahrling eine große Rolle.

Der Tiroler Jahrling ist ein Jungrind aus der Mutterkuhhaltung. Vermarktet werden die Tiere von und über die Tiroler Vieh Marketing, die genossenschaftliche Viehvermarktungsorganisation in Tirol. Als Abnehmer steht der in Tirol sehr mächtige LEH M-Preis als fairer Partner gegenüber. Im Zusammenspiel zwischen Beratung, Vermarktung und Abnehmer konnten die Mengen von null auf 850 Jungrinder in 4 Jahren gesteigert werden. Der Arbeitskreis Mutterkuh ist heute voll in der Tiroler Vieh Marketing integriert. Es werden die Betriebe für Vermarktungsfragen und Beratungsfragen von der gleichen Person betreut, was eindeutige Vorteile mit sich bringt.

Für die Zukunft ist ein weiterer Ausbau der Beratung und auch Vermarktung geplant. Es soll dieses Konstrukt auch für andere Projekte herangezogen werden.

Abkürzungen: JOK: Jungrind Ochs Kalbin, Bundesbildungsprojekt rund um die extensive Rindfleischproduktion,

AK: Arbeitskreis, Beratungsinstrument mit Datenaufzeichnung der Betriebe, TVM: Tiroler Vieh Marketing

Tirol is one of the Austrian provinces, which is dealing with consulting and marketing for suckler cow systems for a rather short period compared with other provinces. In Tirol, first attempts regarding professional suckler cow systems have been undertaken by organisations of gene-conservation breeds. Nowadays, suckler beef is intensively produced for 10 to 15 years in Tirol.

In 2004, the consulting demand for suckler cow breeding was quite high, especially concerning marketing for the already producing suckler cow farms and the reorganization for newcomers. To satisfy the requests as good as possible, consulting teams and a marketing company called Tiroler Vieh Marketing were founded. The development of these consulting teams and the Tiroler Vieh Marketing was – although the period since foundation is rather short – very successful. The success is based on the cooperation of the involved organisations and their employees.

The supporters are the Tyrol agricultural chamber, politicians, breeding federations, the LFI and the Agrarmarketing Tirol. The latter plays a major role regarding the Tiroler Jahrling, which is a suckler beef kept with the suckler cow herd until a slaughter age of less than one year. It is brought to market by the Tiroler Vieh Marketing. The recipient of the beef is M-Preis, a powerful retailer and fair partner. By this system the amount of young cows was raised from zero to 850 in four years. The "Arbeitskreis Mutterkuh" which is the consulting team for suckler cow farmers is fully integrated in the Tiroler Vieh Marketing. The consultant and marketing manager for the beef is the same person, which has a number of advantages.

For the future a positive development of consulting and marketing is planned. This system can be adapted for other projects as well.

¹ Tiroler Vieh Marketing, Brixner Straße 1, A-6020 Innsbruck

* Ansprechpartner: Ing. Michael Wurzrainer, email: michael.wurzrainer@lk-tirol.at

Mutterkuhhaltung im Berggebiet – Praxisbericht

Holding suckler cows in mountain areas – practical experience report

Hansjörg Landmann^{1*}

Hansjörg Landmann ist 43 Jahre alt und nunmehr seit 15 Jahren Mutterkuhhalter. Er ist verheiratet und hat drei Kinder.

Der „Ensmannhof“ in Oberndorf bei Kitzbühel ist ein biologisch wirtschaftender Ein-Mann-Betrieb mit Grünland, Wald und einer Alm auf 1.100 m Seehöhe. 1995 sah der Betriebsleiter keine Zukunft in der Milchwirtschaft und stellte auf Mutterkuhhaltung um. Die Gründe dafür waren hauptsächlich die Alpung, das Kontingent und die Wachstumsmöglichkeit, aber auch die kürzere Arbeitszeit und die damit verbundene höhere Lebensqualität. 1997 baute er einen neuen Stall mit Außenklima und Tretmist.

Um die hoch gesteckten Qualitätsziele zu erreichen, gibt es drei Haupteinflussfaktoren: Die Rasse, die Fütterung und das Management.

Die Mutterrasse muss zum Standort passen, wobei Zweinutzungsrasen für die Jungrindproduktion ideal sind. Die Vatterrasse sollte eine möglichst frühreife Fleischerasse sein.

Die Fütterung erfolgt leistungsangepasst, wobei nur Ballen (Heu und Silo) gefüttert werden. Nach dem Abkalben und in der Trockenstehzeit ist sie extensiv.

Die Vermarktung erfolgt direkt oder über die Qualitätsprogramme der Tiroler Vieh Marketing.

Hansjörg Landmann is 43 years old and suckler cow holder for 15 years. He is married and has 3 children.

The “Ensmann” farm in Oberndorf near Kitzbühel ist a biological one-man-business with grassland, forest and an alp on a sea level of 1,100 m. In 1995, he has not seen any future in the production of milk. This was why he changed his farm to suckler cows. The reasons for that change were mainly the alp, the milk quota and the possibility for growth. Moreover, he expected a higher level of life quality because of lower working hours. 1997 he built a new stable with surrounding climate and step dung.

To reach the highly chosen quality goals, there are three main influence factors: the breed (genetics), the feeding and the management.

The breed of the suckler cow has to fit the location. Dual purpose breeds are ideal for producing suckler calves. The race of the bull should be an early maturing meat breed.

The feeding regime has to fit the performance of the cow. Only balls of hay and silage are fed. In the dry period of the suckler cows and after calving, feeding is quite extensive.

Suckler beef is sold by direct marketing or through the quality programs of the Tiroler Vieh Marketing.

¹ Römerweg 31A, A-6372 Oberndorf in Tirol

* Ansprechpartner: Hansjörg Landmann

Heumilch-Produktion – Eine echte Chance?

Karl Neuhofer^{1*}

Zusammenfassung

Motive für Heuwirtschaft

- Höhere Futtermittelverwertung (Milchsäure bremst Fresslust)
- Höhere Eiweißstabilität (mehr pansenstabiles Eiweiß)
- Geringerer Eiweißabbau zu NPN bzw. Ammoniak (bewirkt bessere Futtermittelverwertung)
- Mehr Energie (Zucker)
- Kein Silogeruch (Fremdenverkehr)
- Geringere Gefahr der Futtermittelverschmutzung
- Keine Nacherwärmung
- Weniger Gewicht bei der Futtermittelmanipulation
- Heu – positives Image
- Vermarktung Heumilch/Heumilchkäse im Prämiumsegment



Abbildung 1: Bergregionen und Tourismus – Der Duft von frischem Heu ist unvergleichlich.

Ziele der ARGE-Heumilch

Die ARGE-Heumilch Österreich ist ein Zusammenschluss von über 8.500 Heumilchbauern, sowie 60 Verarbeitern und Vermarktern von Heumilch/Heumilchkäse. Klares Ziel dieser Initiative ist die Erhaltung dieser einzigartigen Heumilchproduktion in den Grünlandregionen Westösterreichs. Beinahe die gesamte Heumilch wird in den Grünland-Bergregionen ermolken und leistet damit einen wertvollen Beitrag für die Aufrechterhaltung der Milchproduktion im Berggebiet. Der Anteil der Heumilch in Österreich beträgt rund 400 Millionen kg oder 15 % der Milch in Österreich, davon ca. 120 Millionen kg Bio-Heumilch. In der EU gibt es ca. 3 % Heumilch.

Umweltleistung im alpinen Grünland durch Heuwirtschaft

Weidewirtschaft, Alpwirtschaft und Eingrasen in Kombination mit Heuernte gewährleisten eine über das ganze Jahr wechselnde Nutzung der Grünlandflächen. Auf Grund der Nutzungselastizität bei der Heuwirtschaft, laut Praxis 1 bis 2 Nutzungen weniger pro Jahr, ergeben sich große Vorteile im Bereich Pflanzenvielfalt und Biodiversität in den Grünlandbeständen. Damit kann ein wesentlicher Beitrag zum österreichischen Umweltprogramm (ÖPUL) geleistet werden, welches es mit der Maßnahme „Silageverzicht“ abzusichern gilt. Besonders in den vielen Tourismus-Regionen in den Bergen ist dies ein wesentlicher Beitrag (Abbildung 1).

Hohe Qualitätskriterien – Definition der Heumilch

Heumilch ist Milch, die von Landwirten produziert wird, welche sich den Kriterien der ÖPUL-Maßnahme „Silageverzicht“ und „Verzicht auf ertragssteigernde Betriebsmittel auf Acker- und Grünlandflächen“ sowie der Einhaltung des „Regulativs für Heumilch“ verpflichtet haben. Almmilch ist Heumilch, wenn die Alm an der ÖPUL-Maßnahme „Alpung und Behirtung“ teilnimmt und das Heumilchregulativ eingehalten wird. Bio-Heumilch erfordert zusätzlich die Einhaltung der EU-Bioverordnung 834/2007 idgF. Die Einhaltung der landwirtschaftlichen Produktionsbestimmungen „Haltung von Kühen zur Milchgewinnung“ der AMA Marketing GesmbH, ist eine weitere Voraussetzung. Zur Absicherung und Einhaltung dieser Qualitätskriterien steht ein akkreditiertes Kontrollsystem vom Heumilchbauern, Heumilchverarbeiter bis hin zum Vermarkter von Heumilchprodukten. Gemeinsames Erkennungszeichen für alle Heumilchprodukte ist das „AMA Gütesiegel in Kombination mit dem Heumilchlogo“.

Voraussetzungen für nachhaltige Entwicklung in der Heumilchproduktion

1. Beste Grundfutterqualitäten zur wirtschaftlichen Milchproduktion. Vorteile im Bereich Futtermittelverwertung und Tiergesundheit voll ausschöpfen.

Der Qualität des Grundfutters muss unser größtes Augenmerk gelten. Die Basis für die Heumilchproduktion in den Grünland-Bergregionen ist die Weidehaltung, Alpung und Eingrasen für die Sommerfütterung. Für die Winterfütterung

¹ ARGE-Heumilch Österreich, Haidach 4, A-5204 Straßwalchen

* Ansprechpartner: Karl Neuhofer, email: familie.neuhofer@aon.at

sollte bestes Belüftungsheu angeboten werden. Kraftfutter wird als Ergänzung, Ausgleich und zur Gesunderhaltung der Milchkuh eingesetzt. Standortangepasste Nutzung und richtiger Schnitzeitpunkt sind dabei Voraussetzung.

Schonende Vortrocknung mit der Sonne, in Kombination mit Unterdachttrocknung ermöglichen Energiegehalte um 6 MJ NEL/kg Heu-Trockenmasse. Aus verschiedenen wissenschaftlichen Arbeiten ist eine wesentlich höhere Grundfutteraufnahme von warmluftgetrocknetem Heu gegenüber Grassilage bekannt (Abbildung 2).

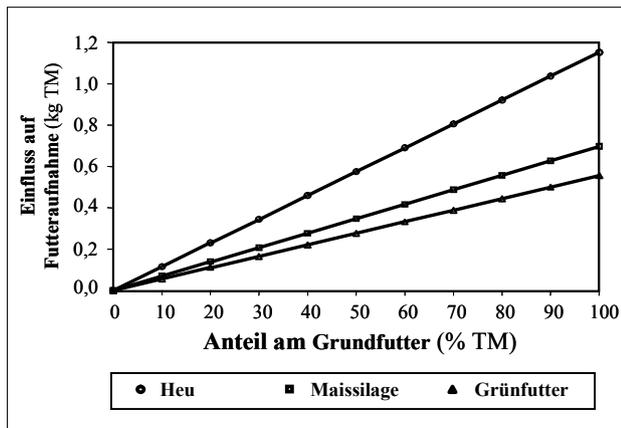


Abbildung 2: Einfluss der Grobfutterart auf die Futteraufnahme (GRUBER et al. 2004)

Belüftungsheu hat eine höhere Eiweißstabilität als Silage, welche sich weiters positiv auf die Grundfutterleistung auswirkt. Grundfutterleistungen in der Höhe von 5.500 bis 6.000 kg Milch/Kuh werden in der Praxis durchaus erzielt. Die Konservierungsverluste sind daher unter 10 % zu halten.

2. Mögliche Nachteile in der Futterkonservierung gegenüber Silageproduktion minimieren.

Die enorme Weiterentwicklung im Bereich Heutrocknung ermöglicht mittlerweile Spitzenqualitäten als Grundfutter für die Heumilchkühe, wobei man sehr wiederkäuergerechte Rationen erstellen kann. Heutrocknungssysteme in Kombination mit Solarluftanwärmung, Biomasseheizung, und vor allem Luftentfeuchtertechnik schaffen die Voraussetzung für immer mehr Schlagkraft bei der Heuernte. Vor allem mit Luftentfeuchteranlagen können in kurzen Schönwetterperioden große Mengen Heu geerntet werden. Dadurch sinkt die Wetterabhängigkeit enorm. Heuwirtschaft zu betreiben ist keine Frage der Betriebsgröße. Die Dimension einer Heutrocknungsanlage sollte so ausgelegt sein, dass ein Grünlandbetrieb mit max. 2 bis 3 Mähvorgängen pro Schnitt die Heuernte erledigt hat. Die Vorteile der Silageproduktion im Ackerbaug Gebiet, mit Feldfutterbau in Kombination mit Silomais, kommen in den Grünlandregionen mit Dauergrünland nicht in diesem Ausmaß zum Tragen.

3. Ökonomische Bewertung der Fütterungssysteme (aus meiner Sicht).

Die überwiegende Menge Heumilch wird in Form von Weidewirtschaft oder Eingrasverfahren erzeugt. Dies ist

noch immer die kostengünstigste Form der Milcherzeugung. In Kombination mit Heufütterung im Winter ist dies im Jahresdurchschnitt ein durchaus konkurrenzfähiges Fütterungssystem gegenüber z.B. Ganzjahressilage mit Rundballen.

Oberstes Ziel für unseren Bio-Grünlandbetrieb in Straßwalchen ist es, unkompliziert Bio-Heumilch zu erzeugen. Mit einem Eingrasladewagen mit Querförderband wird das Gras täglich frisch am Futtertisch vorgelegt. Frisches Gras beim optimalen Schnitzeitpunkt liefert höchste Energiewerte sowie Rohprotein da die Konservierungsverluste entfallen. Für die Heuentnahme zur Winterfütterung steht ein Heukran zur Verfügung. Die tägliche Arbeitszeit für die Grundfuttervorlage in der Winterfütterungsperiode beträgt für 65 Milchkuh und 50 Stück weibliche Nachzucht rund 10 bis 15 Min. Kraftfutter wird über Transponder-Abwurfütterung zugeteilt. Der Heukran dient also zur Einlagerung des Futters im Sommer und zugleich zur Heuvorlage im Winter.

Für Heubetriebe besteht dadurch die Möglichkeit, ausschließlich in die Heukette zu investieren. Hingegen produzieren Silagebetriebe neben der Grassilage zunehmend auch einen Teil Heu zum Füttern, dadurch muss zum Teil in eine zweite Erntekette bzw. Konservierungsverfahren investiert werden.

4. Vermarktungschancen von Heumilchprodukten im Prämiumsegment voll nutzen.

Heumilch gilt auf Grund der wertvollen Aromastoffe als begehrte Trinkmilch. Der große Vorzug dieser silagefrei erzeugten Rohmilch kommt aber in der Weiterverarbeitung zu Heumilchkäse besonders zum tragen. Heumilchkäse sind Rohmilchkäse und haben daher ein sehr ausgeprägtes Aroma. Heumilchkäse sind Lactosefrei und deshalb gut verträglich. Der größte Vorteil dabei: Heumilch-Hartkäse werden ohne Zusatzstoffe und Konservierungsmittel hergestellt.

Von der ARGE Heumilch Österreich ist eine Informationsoffensive in Gange, welche auf die Vorzüge dieser besonderen Milch hinweist. Das Besondere dabei: Die 8.500 Heumilchbauern übernehmen Verantwortung und beteiligen sich mit 0,2 Cent / erzeugten kg Heumilch / Jahr bei dieser Initiative. Die Stärken liegen im gemeinsamen Auftritt der Heumilchbauern mit den Verarbeitern und Vermarktern von Heumilch (miteinander und nicht gegeneinander). Der Lebensmittel-Einzelhandel reagiert durchaus sehr positiv auf die Marketinginitiative Heumilch.

Beispiele: zzU Bio-Heumilch, Sparvital Bergbauern Heumilch, Heumilchkäse in seiner Vielfalt bei allen Handelsketten usw. Mittlerweile gibt es 400 gelistete Heumilchprodukte mit dem gleichen AMA-Gütesiegel aus Heumilch.

Literatur

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 Milchkuhen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreich und der Schweiz. 116. VDLUFA-Kongress, Rostock, D, Kongressband 2004, 484-504.

Qualitätsheu durch energieeffiziente Technik

Gotthard Wirleitner^{1*}

Zusammenfassung

Entsprechend der derzeitigen wirtschaftlichen Lage bietet sich in Grünlandgebieten für bäuerliche Betriebsgrößen eine kostenbewusste, aber auch schlagkräftige Erzeugung von hochwertigem wirtschaftseigenen Futter an. Dabei ist ein moderater Einsatz von Energie von der Kostenseite, aber auch von der Belastung des Stromnetzes wichtig. Die besondere Qualität von hochwertigem Heu wirkt sich im Erlös für Heumilch und Heumilchprodukte aus. Daneben ergeben sich Vorteile durch den weitgehenden Ersatz von Kraftfutter, durch Einschränkung von Ernteverlusten und des Pilzbefalls bei der Heubereitung und durch höhere Grundfutteraufnahme.

Entscheidende Maßnahmen für eine effiziente Heutrocknung liegen einerseits in der Beachtung physikalischer Vorgänge wie etwa dem Feuchtigkeitsgleichgewicht zwischen der relativen Luftfeuchte und der Feuchtigkeit eines Trockengutes, des Weiteren in einer strömungsgünstigen Gestaltung der Trocknungsboxen oder der Auswahl passender Ventilatoren. In den letzten Jahren konnten die spezifischen Energiekosten durch Solarenergienutzung und besseren Einsatz von Wärmepumpen stark gesenkt werden. Solare Luftkollektoren erreichen weitaus höhere Wirkungsgrade als übliche Brauchwasserkollektoren, Luftentfeuchter-Wärmepumpen haben im Vergleich mit herkömmlichem Wärmepumpeneinsatz höhere Leistungszahlen. Besonders erfolgversprechend erscheint die Kombination von Fotovoltaik mit Solar-Luftkollektoren und eine automatische Steuerung von Ventilator sowie Entfeuchter samt Umschaltung von Frischluft- auf Umluftbetrieb.

Nach einer aktuellen Berechnung liegen die Gesamtkosten einer Heubereitung mit Einsatz von Luftentfeuchter und Solar-Dachabsaugung teilweise unter den Kosten für eine vergleichbare Gärfutter-Variante.

Schlagwörter: Heu, Heubelüftung, Heutrocknung, Solarenergie, Luftkollektoren, Luftentfeuchter, Fotovoltaik, Netzbelastung

Summary

According to the current economic situation a cost-conscious and powerful production of high value own forage is advised for small and medium grassland-farms. In order to keep costs low and in aspect to limitations of the electrical power grid a moderate energy input is important. The special quality of premium hay provides higher revenues from milk and dairy products. Further advantages are the replacement of concentrates, the reduction of crop losses, the prevention of fungal infestation and a higher forage intake.

The observance of physical processes like the equilibrium moisture between air and hay is essential for effective hay-drying, as well as aerodynamic shaped hay-boxes or the selection of suitable fans. Recently, energy costs could be reduced substantially by application of solar energy and improved application of heat pump-dehumidifiers. Solar-air collectors are far superior to conventional processing-water collectors. Dehumidifiers are working under better coefficients of performance than conventional heat pumps.

Especially effective is the combined application of photovoltaics with thermal air-collectors and the application of an automated control system for fan, dehumidifier and to switch between operating modes fresh air and closed circuit air.

Recent calculations have shown that the total costs of hay production using thermal solar collectors and a dehumidifier can be lower than total costs based on ensilage.

Keywords: hay, hay-drying, hay aeration, solar energy, thermal air-collectors, dehumidifier, photovoltaics, power grid-load

Einleitung – Die aktuelle Situation

Steigende Preise für Energie und Futtermittel bestimmen heute bei einem niedrigen Milchpreis die wirtschaftliche Lage in den Grünlandgebieten. Zukunftsforscher wie etwa HORX (2005) verweisen darauf, dass in der Zukunft jene Betriebe verschwinden werden, die so wirtschaften, wie es

die Masse derzeit macht. Dabei geben langfristig steigende Nahrungsmittelpreise oder der Trend nach Qualitätsprodukten gerade in der Landwirtschaft durchaus Anlass zu einem Optimismus. Die technische Entwicklung in der bäuerlichen Landwirtschaft wird demnach durch einen sparsamen Umgang mit Energie, aber gleichzeitig auch mit Rücksicht auf die Arbeitskosten und Ressourcen an Arbeit

¹ Initiative Heubelüftung, Am Pfaffenbühel 8, A-5201 Seekirchen

* Ansprechpartner: Prof.i.R. Dipl.-Ing. Gotthard Wirleitner, email: g.wirleitner@aon.at

durch Schlagkraft gekennzeichnet sein. Hohe Produktqualität ist die Alternative zu billiger Massenproduktion. Das steigende Gesundheitsbewusstsein der Konsumenten unterstützt diese Richtung.

Aus einem guten Grünlandbestand, einer schonenden Vortrocknung am Boden und einer nachfolgenden wirksamen Unterdachttrocknung ist in günstigen Lagen eine Energiekonzentration in der Größenordnung von 6 MJ NEL/kg Heu-Trockenmasse erreichbar. Die Trockenmasseaufnahme je Tier liegt über derjenigen von Silagefutter, weil Gär säuren die Fresslust begrenzen. Die Schlagkraft der Heuernte kann sich heute durchaus mit der Gärfutter-Variante messen. Nach der Empfehlung des „Heu-Pioniers“ Karl Neuhofer soll die gesamte Erntefläche je Schnitt in 2 bis 3 Tagen bewältigt werden. Nach Berechnungen von HERZOG (Landwirtschaftskammer Salzburg, 2008) ist eine derartige Heu-Variante gegenüber der Gärfutterbereitung unter Berücksichtigung aller Kosten bei vorhandenen Gebäuden eindeutig im Vorteil, bei erforderlichen Neubauten ist der Unterschied gering.

Maßnahmen zur Sicherung der Qualität

Schlecht getrocknetes Heu riecht muffig und ist braun oder grau verfärbt. Bronchialasthma oder die „Farmerlunge“ sind bekannte, vor allem durch Kontakt mit pilzbefallenem Heu verursachte Erkrankungen.

Die relative Luftfeuchtigkeit ist nach HEISS und EICHNER (2002) ein entscheidendes Indiz für das Auftreten von Pilzen, Hefen und Bakterien in Trockengütern (Abbildung 1). Erst ab etwa 60 % relativer Luftfeuchtigkeit ist die Vermehrungstätigkeit von Pilzen, Hefen und Bakterien unproblematisch. Enzymatische Veränderungen und Veratmung im Trockengut gibt es aber auch unterhalb dieser Grenze.

Entscheidend für eine gute Heuqualität ist das Einbringen des Welkheus vor dem Einsetzen umfangreicher Bröckelverluste, also möglichst mit einem Trockensubstanzgehalt unterhalb von 70 bis 65 % (Abbildung 2). Wichtig ist aber auch ein wirksames Trocknen auf einen Trockensubstanzgehalt von mindestens 87 % innerhalb von 70 bis 80 Stunden – nie über 4 Tage hinaus. Restfeuchte kann die Ursache einer Erwärmung bis hin zur Selbstentzündung

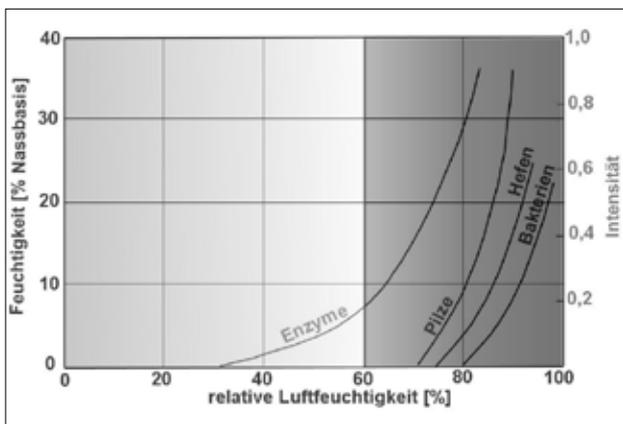


Abbildung 1: Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf Mikroorganismenaktivität (nach HEISS und EICHNER 2002)



Abbildung 2: Grobschätzung des Trockenmassegehalts: links Frischgut, bei 40 % welke Blätter, bei 60 % zeigt die Wringprobe und bei 65 % zeigt die Nagelprobe keinen Saftaustritt mehr, bei 70 % lassen sich Blätter zerreiben

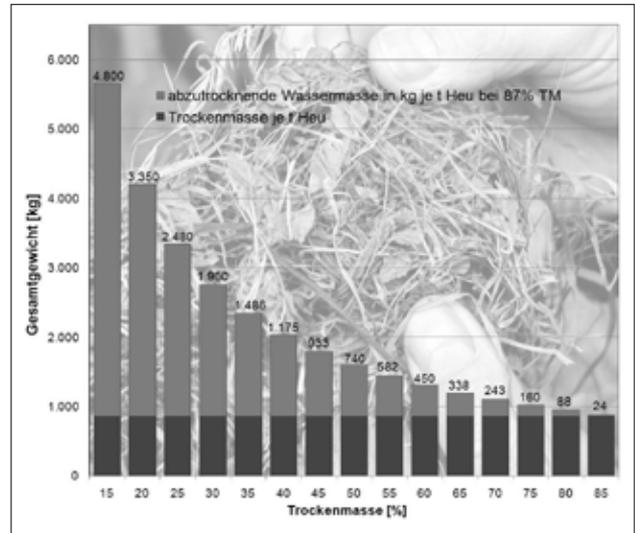


Abbildung 3: Die Menge des abzutrocknenden Wassers hängt stark vom Anfangs-Trockenmassegehalt ab

des Heus werden. Wegen der langsameren Trocknung von Stängelanteilen ist ein mehrfaches kurzes Nachbelüften nach der eigentlichen Trocknung zweckmäßig. Wichtig erscheint eine Sicherung des Trocknungsverlaufes auch bei Schlechtwetter durch Luftanwärmung oder Entfeuchtung. Der Einbau einer Dachabsaugung zur Luftanwärmung sollte zum Regelfall werden.

Bei der Trocknung von frisch gemähtem Wiesengras mit knapp 20 % Trockenmasse (TM) müssen je t Trockenheu von 87 % TM 3,35 t Wasser abgeführt werden (Abbildung 3). Bei Welkheu von 60 % TM beträgt die abzutrocknende Wassermenge noch 450 kg je t. Grob gerechnet steht je 10 bis 15 % weniger TM eine Verdoppelung der Menge des abzutrocknenden Wassers oder der dazu erforderlichen Energie gegenüber. Von der Kostenseite hat daher die Vortrocknung am Boden große Bedeutung. Eine kurze Vortrocknungszeit ist dagegen wegen der Bröckelverluste, aber auch zur Begrenzung des Wetterrisikos von Vorteil. Das Einbringen von „Eintagesheu“ kann manchmal aus Witterungsgründen sinnvoll sein.

Das Feuchtigkeitsgleichgewicht beachten!

Bei porenhaltigen organischen, aber auch nichtorganischen Materialien besteht ein Gleichgewicht zwischen deren Wassergehalt und der relativen Luftfeuchtigkeit. Deshalb kann Heu mit Außenluft bei Regenwetter nicht bis zur Lagerfähigkeit getrocknet werden. Zum Trocknen von Heu auf Lagerfähigkeit von rund 87 % Trockenmasse ist bei 20°C beispielsweise eine maximale Luftfeuchtigkeit von

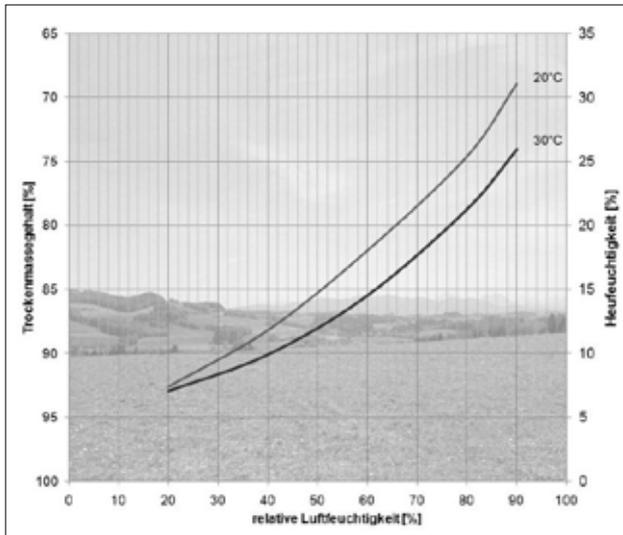


Abbildung 4: Sorptionsisothermen von Wiesenheu (Daten nach SEGLER 1958)

höchstens 50 % Voraussetzung (Abbildung 4). Bei 80 % relativer Luftfeuchtigkeit ist nur eine Trocknung bis etwa 76 % Trockenmasse möglich. Ist die Luft feuchter, so wird trotz Belüftung nicht mehr getrocknet, das Heu kann sogar in geringem Umfang wieder Wasser aufnehmen.

Das Belüften führt also nur dann zu einer Trocknung, wenn eine relative Luftfeuchtigkeit unterhalb der Gleichgewichtskurve herrscht. Aus Sicherheitsgründen muss jedoch belüftet werden, wenn die Temperatur im Heu durch Selbsterwärmung über 35°C steigt.

Wegen des Feuchtigkeitsgleichgewichts trocknet das Heu nicht gleichmäßig, sondern schichtweise. Die bis zum Feuchtigkeitsgleichgewicht getrocknete Schicht wandert im Laufe der Zeit in Strömungsrichtung der Luft weiter. Bei niedriger Außentemperatur kann die feuchte Trocknungsluft an der Heustockoberfläche kondensieren und eine Schimmelbildung verursachen. Eine derartige Kondensationszone kann sich besonders auch bei Warmlufttrocknung einstellen.

Die Planung der Trocknungsboxen

Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, dass die Belüftungsboxen jeweils einen ganzen Schnitt des Betriebes fassen können. Kritisch ist meist der erste Schnitt. Nach erfolgreicher Trocknung kann dann das Heu umgelagert oder aus dem Stock heraus zu Ballen gepresst werden. Damit sind die Belüftungsboxen zum Beginn des nächsten Schnittes wieder verfügbar. Nach einer groben Faustregel sollten je ha Chargen-Mähfläche rund 20 bis 30 m² belüftete Fläche zur Verfügung stehen.

Während früher oft strömungsungünstige abgewinkelte Luftführungskanäle und Flachrostanlagen mit geringer Rosthöhe gebaut wurden, so sind jetzt Kastentrockner mit dichten Seitenwänden, einem mindestens 50 cm hohen Bodenrost und kurze, groß dimensionierte Luftzufuhrkanäle empfehlenswert.

Der Kanalübergang unter den Bodenrost soll einen möglichst großen Querschnitt haben. Der Abstand Rost – Sei-

tenwand sollte je nach Größe der Box bei etwa 60 bis 90 cm liegen. Meist wird heute einfach der Bodenrost wandseitig um das genannte Maß mit Verlegeplatten abgedeckt (Abbildung 5).

Es ist zu bedenken, dass für eine einigermaßen gleichmäßige Durchlüftung die Höhe der ersten Heuschicht zumindest einen halben Meter betragen soll. Je nach der erforderlichen Schlagkraft kann es daher sinnvoll sein, große Trocknungsboxen (z.B. über 150 bis 200 m²) zu unterteilen.

Anstelle eines Holz-Lattenrostes werden neuerdings gerne Baustahlmatten mit 100 × 100 mm Maschenweite und etwa 8 mm Drahtstärke (z.B. ÖNORMAQ 82) verwendet. Damit wird der Bodenrost weniger leicht durch Greiferzinken beschädigt. Die Matten werden überlappend ohne Befestigung verlegt. Eine ausreichende Rosthöhe ab etwa 50 cm ist entscheidend für den Druckausgleich und damit für die Gesamtfunktion der Anlage. In die Trocknungsbox ragende, nach hinten fliehende Gebäudeteile wie z.B. Zangenbinder sollen wegen sonst entstehender Leckluft vertikal verschalt werden (Abbildung 6).

Die Auswahl des Ventilators

Erfahrungsgemäß haben Probleme mit Heubelüftungen ihre Ursache oft in zu wenig druckstabilen Ventilatoren. Ein maximaler Druck von etwa 1.600 Pa hat sich bei Boxenbe-

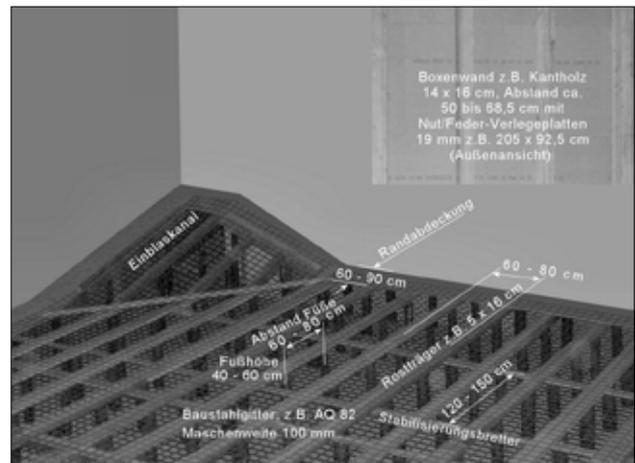


Abbildung 5: Beispiel für die Gestaltung des Bodenrosts. Als Rostträger werden oft auch Kanthölzer mit 10 × 10 cm Querschnitt verwendet

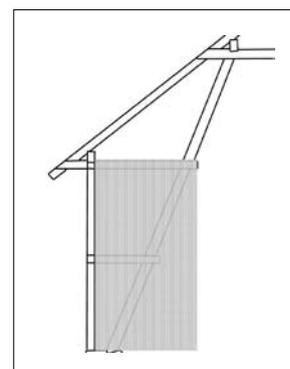


Abbildung 6: Nach unten fliehende Gebäudeteile verkleiden!

lüftung als zweckmäßig erwiesen, um auch den Saugdruck eines Dachkollektors oder den Strömungswiderstand von Wärmetauschern überwinden zu können. Grob kann man von 100 bis 240 Pa Druckverlust je m Heu-Durchströmweg ausgehen. Bei herkömmlicher Rundballenbelüftung sind insgesamt maximale Drücke um 1.500 bis 1.900 Pa zweckmäßig. Gräser- und kräuterreiches oder grobstängeliges Heu (z.B. Luzerne) erfordert einen geringen, ein kleereicher Bestand oder eine kurze Schnittlänge dagegen einen hohen Druck. Günstig hat sich bei Ladewagen eine Anzahl von 7 bis 10 Messern erwiesen.

Der in einer Anlage herrschende statische Druck lässt sich leicht mit Hilfe eines teilweise mit Wasser gefüllten U-Rohres messen (Abbildung 7). Das Rohr wird mit einem Plastikschlauch verbunden, dessen Ende unterhalb des Bodenrostes senkrecht zur Strömungsrichtung der Luft mündet oder besser, dessen Ende mit einem Stopfen verschlossen ist, aber kurz davor drei am Umfang regelmäßig verteilte Bohrungen aufweist. 1 mm Wassersäule entspricht dem Druck von 9,81 (rund 10) Pascal (Pa) oder 0,1 mbar. Den statischen Druck misst man am besten unterhalb des Bodenrostes der Trocknungsbox.

Zur Begrenzung des Strömungswiderstandes, aber auch zur Gewährleistung einer ausreichenden Durchlüftung

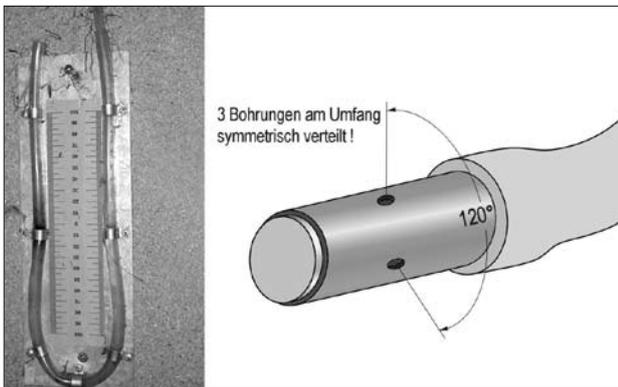


Abbildung 7: Links U-förmiger Schlauch, rechts Schlauchende zur Messung des statischen Druckes unterhalb des Bodenrostes

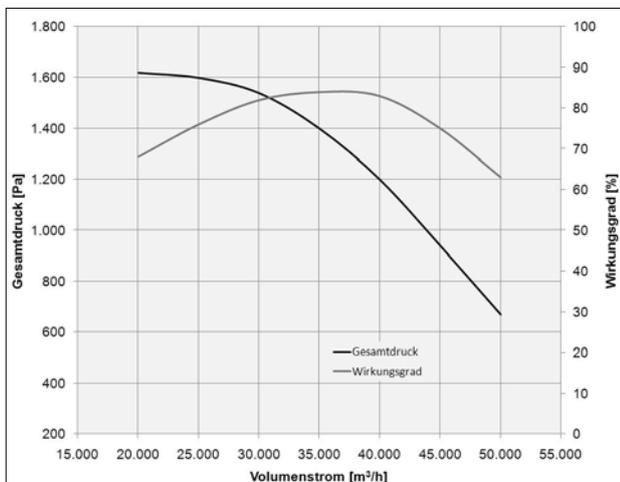


Abbildung 8: Kennlinien eines Ventilators

des Heus muss die Förderleistung („Volumenstrom“) auf die belüftete Fläche abgestimmt werden. Bewährt sind Werte von 0,11 m³ Luft/m² belüfteter Fläche und Sekunde (Bereich 0,07 bis 0,13 m³/m²*s⁻¹). Es ist zu beachten, dass eine Erhöhung des Volumenstromes je Quadratmeter belüfteter Fläche zu einem überproportionalen Anstieg des erforderlichen Ventilatordruckes führt. Eine Verdoppelung des Volumenstromes von 0,1 auf 0,2 m³ Luft/m² erhöht beispielsweise den Gegendruck rund auf das Dreifache!

Oft wird die Nennförderleistung auf der Basis eines, für den Trocknungsbetrieb zu niedrigen Druckes angegeben. Der beste Wirkungsgrad wird meist nicht zugleich mit dem größten Druck erreicht, sondern bei erheblich geringerem Volumenstrom (Abbildung 8). Daher erscheint eine Druckreserve sinnvoll, auch um bei übergroßen Erntemengen das Zusammensacken des Heustocks zu vermeiden. Ventilatoren mit einseitigem Lufteintritt sind allgemein eher druckstabiler als solche mit zweiseitiger Ansaugung („Doppelfluter“). Nicht selten wird die Leistung von Ventilatoren und anderen Elektrogeräten durch die Hausanschluss-Sicherung („Panzersicherung“) begrenzt (Tabelle 1).

Zunehmend werden Belüftungsanlagen mit einem Frequenzumformer ausgerüstet (Abbildung 9). Damit ist es möglich, die Drehzahl des Ventilators und damit Förderleistung und Druck stufenlos zu verändern und an Betriebsbedingungen anzupassen. Eine Drosselung der Förderleistung kann beispielweise bei geringer erster Schichthöhe oder gegen Ende der Trocknung vorteilhaft sein. Auch der Einschaltstromstoß lässt sich mit diesen Umformern verringern. Mit Rücksicht auf eine Luftanwärmung sollten Elektromotoren zum Ventilatorantrieb eine Temperaturstabilität (z.B. bis 65°C) aufweisen.

Tabelle 1: Anschlusswerte für Elektrogeräte bei verschiedenen Sicherungen

Sicherung	möglicher Anschlusswert
25 A	14,4 kW
32 A	18,4 kW
50 A	28,7 kW
63 A	36,2 kW
80 A	43,9 kW

Werte gültig für Leistungsfaktor cos φ = 0,83



Abbildung 9: Frequenzumformer



Abbildung 10: Abladen und Lockern mit dem Dosierladewagen

Bedienung und Beschickung der Anlage

Entscheidend für den Erfolg der Heubelüftung ist eine gleichmäßige, lockere Beschickung der Trocknungsbox. Verdichtete Stellen werden schlecht durchlüftet. Ein Betreten des Heustockes ist daher möglichst zu vermeiden. Besonders günstig wirkt eine Auflockerung des eingefahrenen Welkheus über die Walzen der Dosiervorrichtung eines Erntewagens (Abbildung 10). Teleskopverteiler und Greiferanlagen führen zu vergleichbar hohen Heustockdichten.

Ein häufiger Fehler bei der Heubelüftung ist das Aufbringen einer zu hohen Welkheuschicht. Extreme Schichthöhen bewirken ein rasches Zusammensacken des Heustockes und entsprechende Verdichtungen, die eine gleichmäßige Durchlüftung erschweren. Entscheidend für die mögliche Schichthöhe ist vor allem der Trockenmassegehalt des Feuchtheus. Nach Schweizer Empfehlungen sollte ein Wert („Wasserdeckel“) von 50 kg Wasser je m² Stockfläche nicht überschritten werden. Die Schichthöhe einer Charge sollte zumindest bei Kaltbelüftung 1,5 m nicht übersteigen. Bei leistungsfähigen Anlagen mit Warmbelüftung oder Luftentfeuchtung sind auch 2,5 m Schichthöhe tragbar.

Der Ventilator soll bereits während der Anlagenbeschickung und danach während der ersten 24 Stunden durchlaufen, um ein Zusammensacken des Heustockes zu vermeiden. In weiterer Folge soll dann belüftet werden, wenn die relative Feuchtigkeit der Trocknungsluft unterhalb des Feuchtigkeitsgleichgewichts liegt und die Heustocktemperatur unterhalb von 35°C bleibt. Bei Kaltbelüftung könnte das bedeuten, dass nach einiger Laufzeit bei Regenwetter oder während der Nacht der Ventilator nur im Intervallbetrieb läuft oder bei bereits relativ trockenem Futter abgeschaltet wird. Bei Selbsterwärmung über 35°C ist aus Sicherheitsgründen unbedingt zu belüften.

Automatische Steuerungen erleichtern die Bedienung. Die Funktionsweise der angebotenen Steuergeräte ist unterschiedlich. Einfache Steuerungen messen die Heustocktemperatur und meist auch die relative Luftfeuchtigkeit. Bei hoher Luftfeuchte wird damit auf Intervallbetrieb geschaltet. Steuergeräte für Anlagen mit Luftentfeuchter schalten

diesen bei geringer saugseitiger Luftfeuchtigkeit ab oder ändern die Drehzahl des Kältekompressors stufenlos z.B. anhand des Kältemitteldruckes. In Entwicklung befinden sich automatische Steuergeräte für Entfeuchteranlagen, die einerseits vor einer Überschreitung des vorhandenen elektrischen Anschlusswertes schützen oder zusätzlich eine Umschaltung von Frischluftbetrieb auf Umtrieb und umgekehrt ausführen. Eine Endabschaltung der Anlage ist entweder durch eine Erfassung der Heufeuchtigkeit möglich oder einfacher zeitgesteuert mit einer Intervall-Nachbelüftung. In letzterem Fall lässt sich das Ende der Trocknung grob anhand eines fehlenden Temperaturanstiegs bei abgeschaltetem Lüfter feststellen. Bei trockenungsfähiger Luft kann man die Heufeuchtigkeit durch den Temperaturunterschied der Trocknungsluft vor und nach dem Trockengut oder durch eine Änderung der absoluten Luftfeuchtigkeit im Heu oder knapp darüber ermitteln. Eine Direktmessung der Heufeuchtigkeit über Sensoren ist wegen deren Messfehler, der Notwendigkeit mehrerer Mess-Stellen und wegen der Beschädigungsgefahr der Sensoren problematisch.

Das bewusst unterbrochene Belüften von feuchtem Heu mit dazwischenliegenden Selbsterwärmungsphasen führt durch Veratmung von Nährstoffen zu einem Qualitätsverlust. Im Extremfall wird das Heu braun, es wird zwar teilweise gerne gefressen, bringt aber wenig Milchleistung. Der bewertete Nährstoffverlust übersteigt den Energieaufwand für eine Luftanwärmung in der Höhe der Selbsterwärmung. Das mehrmalige Einbringen kleiner Halbheumengen etwa im Abstand eines Tages noch vor der Durchtrocknung des Heustocks verringert die Trocknungskosten gegenüber der Trocknung einer einzigen großen Partie.

Die Trocknungsfähigkeit der Luft

Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit bestimmen die Trocknungsfähigkeit der Luft (Abbildung 11). Auf die tatsächliche Wasseraufnahme der Luft hat aber auch die Feuchtigkeit des Trockengutes einen Einfluss. Nach Erreichen der Gleichge-

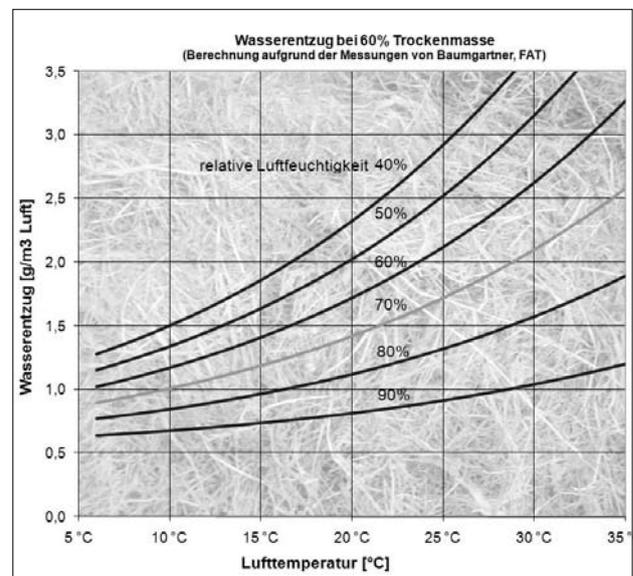


Abbildung 11: Wasserentzug in g/m³ Luft bei 60 % TM

wichtsfeuchte kommt die Trocknung ganz zum Erliegen, bereits vorher verringert sich die Trocknungsgeschwindigkeit.

Wegen der mit der Trocknung einhergehenden Abkühlung der Luft ist die mögliche Wasserhaltefähigkeit der Luft weit geringer, als bei konstanter Temperatur. Die Ursache ist der Entzug der Verdampfungswärme des Wassers (0,68 kWh je kg Wasser). 1°C Abkühlung entspricht rund 0,47 g/m³ Wasseraufnahme.

Wegen des Wärmeentzugs aus der Luft ist der spezifische Energieaufwand für die Heubelüftung meist erheblich kleiner als die erforderliche Verdampfungswärme. Bei Kaltbelüftung streut der Energieaufwand um 0,25 kWh/kg Wasser.

Wenn sich im Lauf eines Trocknungsvorgangs das Feuchtigkeitsgefälle des Trocknungsgutes gegenüber der Luft entsprechend dem Gleichgewichtszustand vermindert, dann nimmt auch die Luft immer weniger Wasser auf. Insgesamt wird also auch das unter Berücksichtigung der Abkühlung mögliche („adiabatische“) Sättigungsdefizit der Luft nicht ausgeschöpft. In der Praxis kann mit einer Ausnutzung des Sättigungsdefizits von etwa 50 bis 70 % gerechnet werden. Das wiederholte Beschicken einer Trocknungsanlage mit kleinen Füllmengen innerhalb weniger Tage kann den Ausnutzungsgrad verbessern.

Eine Anwärmung der Luft oder eine Entfeuchtung mit einer Wärmepumpe erhöht die Wasseraufnahmefähigkeit der Trocknungsluft beträchtlich. Bei Kaltbelüftung und üblichen Luftfeuchtwerten nimmt 1 m³ Luft ungefähr 0,8 bis 1,1 g Wasser auf. Der spezifische Energieaufwand liegt bei ständiger Warmbelüftung um 1 bis 1,4 kWh je kg abzutrocknendes Wasser.

Warmbelüftung mit Heizanlagen

Zur Verbesserung der Trocknungsfähigkeit bieten sich oft vorhandene Gebäudeheizungen oder mobile ölbefeuerte Heizgeräte an. Bei Warmwasserheizungen wird die Wärme über handelsübliche Wärmetauscher an die Trocknungsluft übergeben.

Für die Luftanwärmung sind allerdings beträchtliche Heizleistungen notwendig: Die Erwärmung von 1 Kubikmeter Luft um 1 Grad erfordert eine Energie von rund 1,2 kJ = 0,33 Wh (Wattstunden). Je 1 m³/s Luftförderleistung und 10 Grad Anwärmung beträgt die notwendige Heizleistung rund 12 kW. Bei 10 m³/s und einer üblichen Anwärmung um 7 Grad ergeben sich z.B. etwa 85 kW Heizleistung (Abbildung 12)! Die Heizleistung für zwei Gebäude-Wohneinheiten liegt aber meist nur bei 30 bis 40 kW, so dass die mögliche Anwärmung der Belüftungsluft begrenzt ist. Bei Biogasanlagen kann die Abwärme der Stromaggregate ideal zur Luftanwärmung genutzt werden, wenn die Distanz von Anlage und Heustock überbrückbar ist. Wärmetauscher sollten so dimensioniert werden, dass die Luftgeschwindigkeit bezogen auf die Tauscherfläche 3 bis 4 m/s beträgt. Damit sind 0,7 bis 0,9 m² Fläche je 10.000 m³/h erforderlich.

In der Praxis wird zur Begrenzung der Heizkosten ein Warmluftofen oft nur zugeschaltet, wenn die Trocknungsfähigkeit der Außenluft nicht ausreicht. Praxisnah

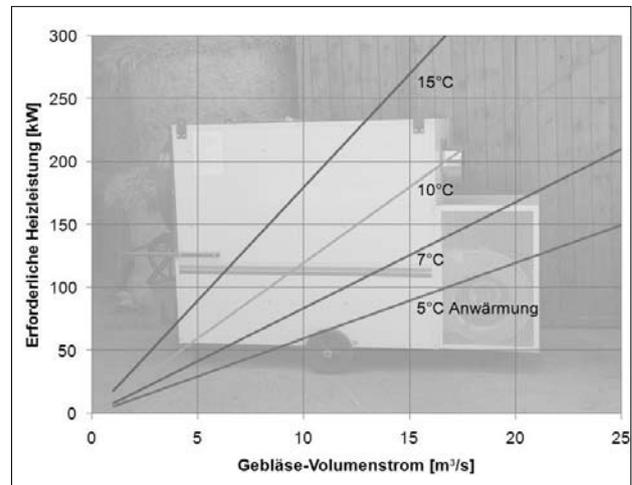


Abbildung 12: Erforderliche Heizleistung in Abhängigkeit der Luftförderleistung und Anwärmung der Luft

sind 40 % Zuschaltung im Verhältnis zur Ventilatorlaufzeit. Bei Doppelflutern ist darauf zu achten, dass die Warmluft beidseitig gleichmäßig zum Ventilator fließt. Andernfalls ist im Heustock ein unterschiedlicher Trocknungserfolg zu erwarten. Ein Betonboden unter dem Rost sollte wärmedämmend werden.

Warmbelüftung mit Sonnenkollektoren

Einfache, in bestehende Dachkonstruktionen integrierte Luftkollektoren erreichen wegen der geringen Anwärmung der Außenluft weit bessere Wirkungsgrade, als übliche Brauchwasserkollektoren.

Typisch sind Wirkungsgrade von 30 bis 50 %, bei transparenter Abdeckung sogar über 60 %. Ohne Abdeckung liegen Blechdächer bei Wirkungsgraden bis zu 50 %. Bei einer Dachdeckung mit Faserzement-Wellplatten beträgt der Wirkungsgrad um 40 %, bei Ziegeldeckung um 35 %.

Empfehlenswert ist eine Dachkollektorfläche in der Größe von der doppelten bis dreifachen belüfteten Fläche. Günstig sind flache Dachneigungen, eine Abweichung von der idealen Südausrichtung bringt im Sommer überraschend wenig Leistungseinbuße (Tabelle 2).

Bei Pfettendächern wird beim Bau der Dachabsaugung die Pfettenunterseite luftdicht verschalt, die Luft strömt

Tabelle 2: Ausnutzungsgrad der Sonneneinstrahlung in Abhängigkeit von Dachneigung und Südausrichtung. 20° Südausrichtung = 100 % (NYDEGGER 1991)

Exposition (Abweichung von Süden) Grad	Dachneigung				
	10°	20°	30°	40°	50°
0 (Süd)	98	100	99	96	89
30	97	99	98	94	88
60	95	94	92	89	83
90 (West/Ost)	91	88	84	79	72
120	88	81	73	65	57
150	86	76	65	52	39
180 (Nord)	85	74	62	47	32

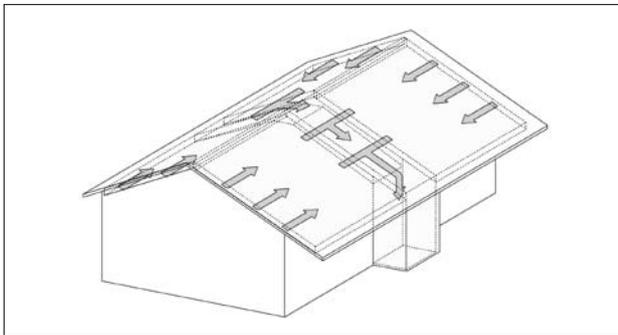


Abbildung 13: Sonnenkollektor im Pfettendach mit vier Kollektorfeldern auf zwei Dachflanken und einem mittigen Sammelkanal (Agroscope Reckenholz-Tänikon ART)

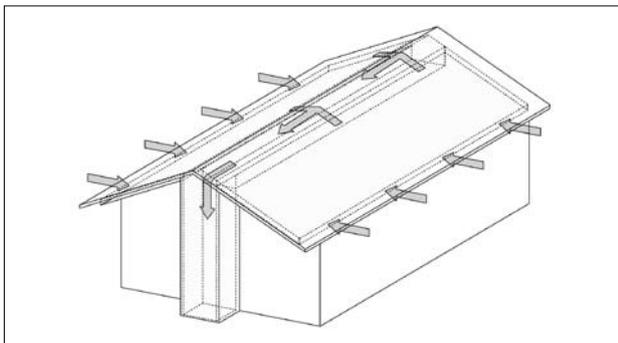


Abbildung 14: Skizze einer Sonnenkollektoranlage im Sparrendach mit zwei Kollektorfeldern (Agroscope Reckenholz-Tänikon ART)

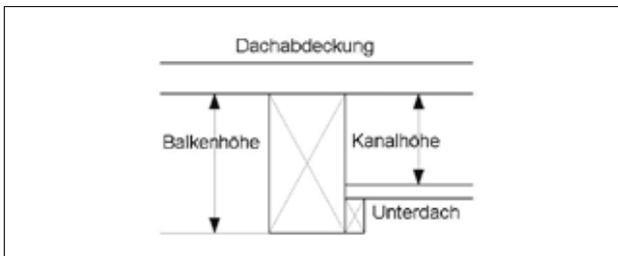


Abbildung 15: Die Kollektorkanäle werden meist aus den Pfetten- oder Sparrenzwischenräumen, der Dachabdeckung und einer Unterverschalung gebildet. Die Kanalhöhe bestimmt die Luftgeschwindigkeit im Kollektor (Agroscope Reckenholz-Tänikon ART)

zwischen den Pfetten giebelparallel (Abbildung 13). Beim Sparrendach bringt man die Unterschaltung meist zwischen den Sparren an, die Luft strömt entlang der Sparrenzwischenräume nach oben oder unten (Abbildung 14). Hier kann die ideale Luftgeschwindigkeit im Kollektor von etwa 4 bis 6 m/s leicht durch die Wahl der Kanalhöhe eingestellt werden (Abbildung 15). Beim Pfettendach ist dies meist nur durch die Lage des Sammelkanals möglich.

Vorteilhaft ist die Unterteilung in gleich große Kollektorfelder, weil damit die Höhe der Kollektorkanäle gleich groß bleiben kann und unterschiedliche Anwärmungen vermieden werden. Der Druckverlust sollte in allen Fällen möglichst im Bereich unter 100 Pa liegen. In Sammelkanälen sollte dazu die Luftgeschwindigkeit unter 4 m/s

bleiben. Der gesamte Saugdruckverlust sollte in allen Fällen im Bereich möglichst unter 100 Pa liegen. Bei einer nach außen zu öffnenden Tür der Lüfterkammer kann man auf einfache Weise den Saugdruck überprüfen: Die zum Öffnen nötige Kraft an der Türschnalle sollte 10 bis 12 kg nicht übersteigen.

Insgesamt ist bei Nutzung der Solartechnik eine solide Planung wichtig. Dazu steht auch entsprechende Software zur Verfügung.

Fotovoltaik mit Hybridkollektoren

Eine ideale Kombination von thermischen Luftkollektoren läßt sich mit Solarzellen zur Stromerzeugung erreichen. Solarzellen setzen in der Praxis rund 10 bis 15 % der Sonnenenergie in Elektrizität um. Durch eine Kühlung der Solarpaneel-Unterseite kann deren Wirkungsgrad je °C um fast 0,5 % gesteigert werden. Dabei bleibt der thermische Wirkungsgrad der Kollektoren praktisch unverändert.

Entweder werden Solarpaneele auf bestehende Dächer aufgesetzt, spezielle Paneele können aber auch die Dachdeckung ersetzen. Derzeit noch hohe Kosten und fehlende oder geringe öffentliche Förderungen behindern in Österreich diese optimale Technik. Momentan kann man mit 2 bis 4 Euro/Wp, bei grob 10 m² je kWp = 2.000 bis 4.000 Euro/kWp oder 200 bis 400 Euro/m² rechnen (Wp = Watt peak, also Spitzenleistung).

Wärmepumpen

Für Trocknungszwecke werden Wärmepumpen meist als Luftentfeuchter betrieben. Dabei wird in einem ersten Wärmetauscher (Verdampfer) der Luft Wärme entzogen. Nach Unterschreiten des Taupunktes kondensiert daraufhin ein Teil der Luftfeuchtigkeit. In einem nachgeschalteten Wärmetauscher (Kondensator) wird die vorher entzogene Wärme samt der Abwärme des Antriebsaggregats und der Kondensationswärme wieder zugeführt. Die Luft ist daher etwas wärmer, als die dem Verdampfer zugeführte Luft. Entscheidend ist die Verringerung der relativen und auch der absoluten Luftfeuchtigkeit. Damit ist wie auch durch Luftanwärmung eine wirkungsvolle Trocknung möglich.

Durch Zwischenkühler nach dem Verdampfer wird bei einigen Entfeuchtern deren Kondensationsleistung verbessert. Eine weitere entscheidende Verbesserung bringt ein stufenlos regelbarer Kompressorantrieb über Frequenzumformer, als Regelgröße kann der Kältemitteldruck dienen. Auf diese Weise kann sich der Entfeuchter auf Änderungen des Luftdurchsatzes anpassen, ungünstige Betriebszustände lassen sich einschränken und ebenso kann eine Vereisung des Verdampfers bei geringen Außentemperaturen vermieden werden. Die Kondensleistung von Luftentfeuchtern ist extrem stark von Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit abhängig (Abbildung 16). Bei Luftfeuchtigkeiten unterhalb von 40 % und zudem geringer Temperatur beträgt die Kondensleistung nur einen kleinen Bruchteil des maximalen Wertes.

Damit ist der Erfolg mit Luftentfeuchtern eng mit den Betriebsbedingungen verknüpft. So erklären sich auch unterschiedliche Praxisbeurteilungen. Wichtig ist auch die

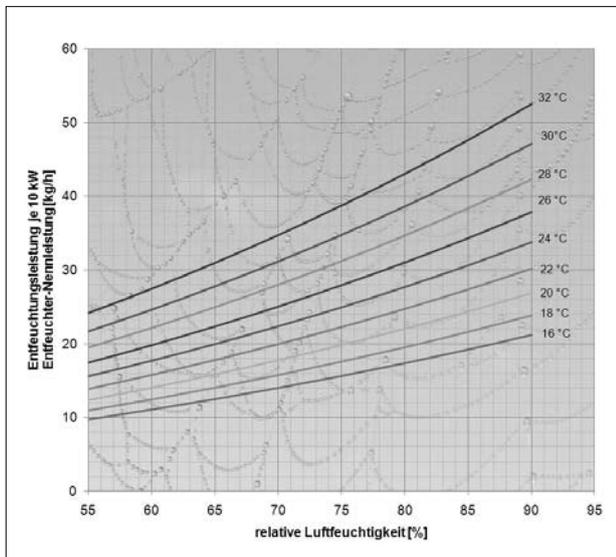


Abbildung 16: Die Entfeuchtungsleistung ist stark von der Luftfeuchtigkeit und der Temperatur abhängig! Unterhalb von 50 % rel. Luftfeuchtigkeit ist die Wirkung gering.

Abstimmung des Luftdurchsatzes damit im Verdampfer der Taupunkt und damit eine Kondensation erreicht werden kann.

Grundsätzlich kann entweder Frischluft entfeuchtet und angewärmt werden, oder es wird die Trocknungsluft im mehr oder weniger geschlossenen Kreislauf geführt. Bei günstigem Wetter ist die Frischluftvariante im Vorteil. Nachtsüber oder bei Schlechtwetter ist jedoch die Umluftvariante günstig, weil damit die Voraussetzungen für die Leistungsfähigkeit des Entfeuchters gegeben sind. Im Umluftbetrieb baut sich je nach Gebäude-Wärmedämmung und Entfeuchterleistung eine Lufttemperatur von oft 30 bis 45°C auf, zugleich herrscht hohe relative Luftfeuchtigkeit. Verdampfervereisungen sind dabei ausgeschlossen. Nachteilig ist jedoch, dass die Trocknungsleistung hauptsächlich von der Entfeuchtungsleistung des Aggregats abhängt. Bei ständigem Umluftbetrieb ist daher im Vergleich zur Ventilatorleistung oft die doppelte Kompressorleistung des Entfeuchters sinnvoll, im Frischluftbetrieb kann dazu 50 bis 100 % der Ventilatorleistung reichen. In der Praxis hat sich gezeigt, dass für das Aufschaukeln der Temperatur im Umluftverfahren die durch eine Dachabsaugung bewirkte bessere Wärmedämmung sehr von Vorteil ist. Das gilt besonders wieder bei bescheidenen elektrischen Anschlusswerten der Anlage.

Insgesamt erscheint daher eine Kombination von Frischluft- und Umluftbetrieb zweckmäßig. Das läßt sich auf einfache Weise mit einer Umschaltklappe erreichen (Abbildung 17). Mit einer neuen Anlagensteuerung kann die Bedienung dieser Umschaltklappe automatisiert werden. Typischerweise empfiehlt sich das Umschalten im Bereich von 20 bis 25°C.

Eventuelle Wärmetauscher von Heizanlagen oder Abwärme sollen grundsätzlich immer nach einem Entfeuchter angeordnet werden. Bei geringen Entfeuchterleistungen wird manchmal Bypassluft zwischen Verdampfer und Kondensator

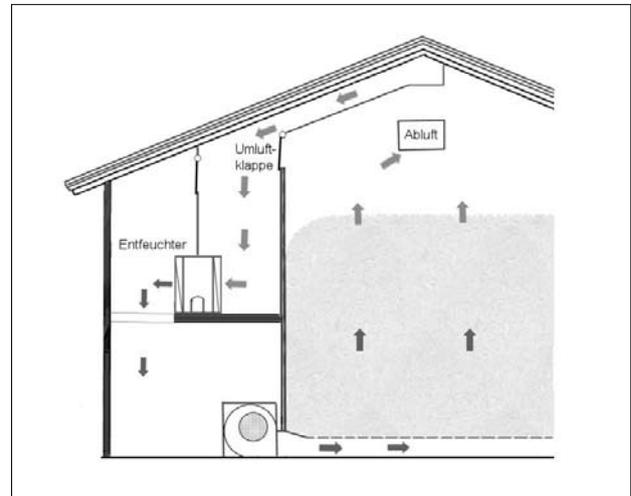


Abbildung 17: Anlagenschema mit Luftentfeuchter und Dachabsaugung (Variante Entfeuchtung im Hauptstrom)

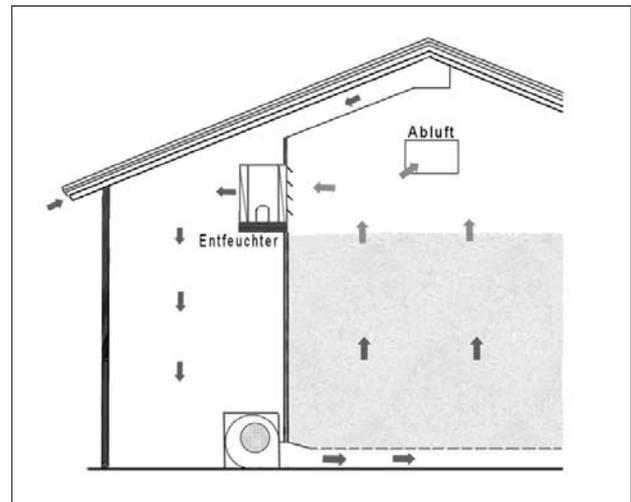


Abbildung 18: Anlagenschema mit Luftentfeuchter im Nebenstrom und Dachabsaugung

sator zugemischt, damit der Taupunkt erreicht werden kann. Es ist aber auch möglich, den Entfeuchter im Nebenstrom zu betreiben, so dass nur ein Teil der Trocknungsluft entfeuchtet wird (Abbildung 18).

Wegen des geringen Temperaturunterschieds zwischen Verdampfer und Kondensator ist bei Entfeuchtern die sogenannte Leistungszahl meist höher, als bei konventionellen Wärmepumpen zur Gebäudeheizung oder Warmwasserbereitung. Die Leistungszahl gibt dabei an, wieviel mal mehr Energie bzw. Leistung am Kondensator gegenüber der Kompressor-Antriebsenergie (bzw. -Leistung) entsteht. Die typische Leistungszahl von Wärmepumpen für Heizzwecke liegt um den Wert 3, bei Luftentfeuchtern jedoch sogar bei 4 bis 6.

Die Streubreite des spezifischen Energiebedarfs für Luftentfeuchter dürfte heute bei gezieltem Einsatz im Bereich von 0,20 bis 0,45 kWh/kg Wasser liegen. Unterhalb von 40 bis 50 % relativer Luftfeuchtigkeit schaltet man den Entfeuchter aus Kostengründen besser ab. Dies wird teilweise automatisch durch einen Hygrostaten erreicht.

In *Tabelle 3* ist der Energiebedarf je t Heu auf eine Trocknung von 63 % auf 87 % TM bezogen! Bei Mischverfahren mit Entfeuchter oder Heizofen wurde ein mittlerer Anteil von etwa 40 % Zuschaltung berechnet. Ein höherer Laufzeitanteil, aber auch ungünstige Bedingungen können zu einer Verdoppelung der Richtwerte führen (*Abbildung 19*)!

Kosten

Bemerkenswert ist ein von HERZOG (2008) erstellter Kostenvergleich für einen Betrieb mit 35 ha Grünland (davon 10 ha Weide). Danach verursacht die Heu-Variante gegenüber der Silowirtschaft deutlich höhere Investitions- und auch Gesamtkosten (*Tabelle 4*). Bei Berücksichtigung des Mehrverzehr von Heu und aktueller Förderungen sowie des Qualitätszuschlages für Heumilch ist jedoch die Heu-Variante bei vorhandenem Bergeraum deutlich der Gärfuttervariante mit Fahrsilo oder Rundballensilage überlegen. Bei Einrechnung der Kosten für den Bau eines Bergeraumes ist die Heu-Variante nur geringfügig teurer. Eine Rundballen-Ganzjahressilage bringt höhere Kosten als die Heuwirtschaft, wenn deren Vorteile bewertet werden.

Bei mehreren Betrieben mit Luftentfeuchter aus dem Salzburger Flachgau wurden variable Trocknungskosten in der Größenordnung von 0,5 bis 1,7 Cent/kg Heu angegeben. Das deckt sich durchaus auch mit theoretischen Berechnungen. Im Vergleich dazu liegt der Qualitätszuschlag für „Heumilch“ bei bis zu 3 Cent/kg Milch (*Abbildung 20*).

Insgesamt ist also das große Interesse der Bauern an schlagkräftigen und zugleich sparsamen Heubelüftungsanlagen auch wirtschaftlich gerechtfertigt. Zudem sind in Zukunft durch eine verbesserte Steuerungstechnik und verstärktem Einsatz von Solarenergie weitere Energieeinsparungen zu erwarten.

Tabelle 3: Energiebedarf für die Trocknung von Heu bei unterschiedlichen Verfahren

Verfahren	Energiebedarf [kWh/kg Wasser]	Energiebedarf [kWh/t Heu]
Kaltbelüftung	0,25	95 (75 bis 115)
Kaltbel.+ Solarkollektor	0,17	65 (40 bis 90)
Kaltbel. + Entfeuchter	0,27	105 (60 bis 130)
Solkoll.+ Entfeuchter	0,20	90 (70 bis 120)
Kaltbel. + Heizofen	0,80	231 ÖI + 75 kWh

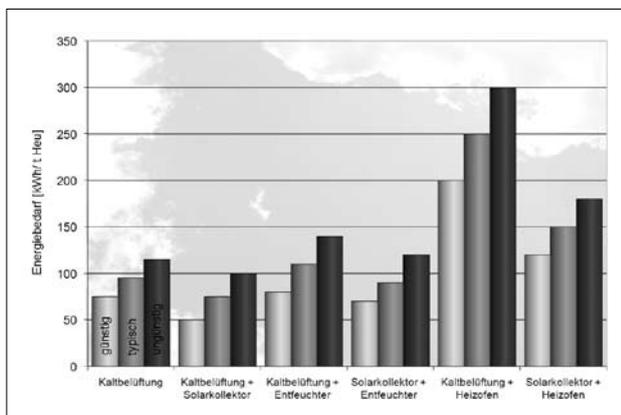


Abbildung 19: Spezifischer Energiebedarf verschiedener Verfahren

Tabelle 4: Gesamtkosten für einen Modellbetrieb mit 25 ha Grünland (Berechnung von HERZOG 2008)

Heu		Fahrsilo		Rundballensilage	
mit Halle	ohne Halle	Ganzjahressilage	Winterfütterung 200 d	Ganzjahressilage	Winterfütterung 200 d
40.802 Euro	26.708 Euro	31.400 Euro	29.264 Euro	33.441 Euro	34.208 Euro

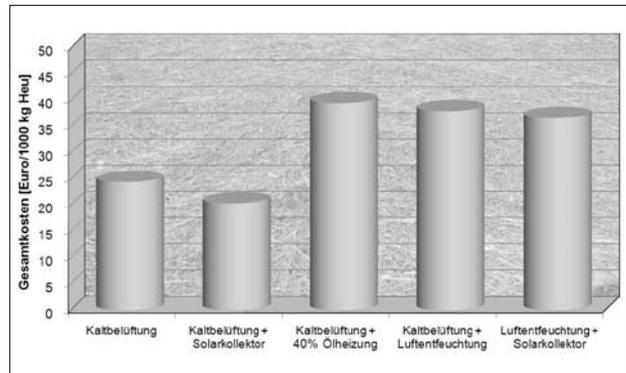


Abbildung 20: Gesamtkosten je 1000 kg Heu bei Trocknung von 60 % auf 87 % TM (Preisbasis Jänner 2009, Stromtarif 13 Cent/kWh, Ölpreis 0,6 Euro/l, ohne Kosten der Heuwerbung und ohne Gebäudekosten, jedoch mit Kosten für Dachabsaugung)

Literaturverzeichnis

HEISS, R. und K. EICHNER, 2002: Haltbarmachen von Lebensmitteln: Chemische, physikalische und mikrobiologische Grundlagen der Verfahren. Springer Verlag, 384 S.

HERZOG, H., 2008: Kostenvergleich Heuvariante mit Entfeuchter, Fahrsilo, Rundballensilage (Excel-Kalkulation), Landwirtschaftskammer Salzburg, <http://www.bmlfuw.gv.at/article/articleview/76942/1/4996/> [letzter Zugriff am 08.01.2010]

HORX, M., 2005: Wie wir leben werden – Unsere Zukunft beginnt jetzt. Campus Verlag, 397 S.

NYDEGGER, F., 1991: Sonnenkollektoren für die Heubelüftung. Plänen und Realisieren. FAT-Berichte 407, Schriftenreihe Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 20 S.

SEGLER, G., 1968: Fortschritte in der Heubelüftungstechnik, Landtechnik

Weiterführende Literatur

BAUMGARTNER, J., 1991: Die Heubelüftung von A bis Z. FAT-Berichte 406, Schriftenreihe Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 32 S.

HOLPP, M., 2004: Trocknung von Rundballen. Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit. FAT-Berichte 616, Schriftenreihe Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 12 S.

„Initiative Heubelüftung“, Webadresse: <http://www.agroscope.admin.ch/bau-tier-arbeit/01034/index.html?lang=de>

MALTRY, W. und E. PÖTKE, 1963: Landwirtschaftliche Trocknungstechnik. VEB Verlag Technik Berlin, 524 S.

NYDEGGER, F. und G. WIRLEITNER unter Mitarbeit von J. GALLER, A. PÖLLINGER, L. Van CAENEGEM, H. WEINGARTMANN und H. WITTMANN, 2009: Qualitätshu durch effektive und kostengüns-

tige Belüftung. Publikation der Österreichischen Arbeitsgemeinschaft für Grünlandwirtschaft, 12 S. Onlineversion verfügbar unter der Webadresse: <http://www.heumilch.at/download/qualitaetsheu.pdf>. Aus dieser Publikation wurden Bilder und Textpassagen für diese Schrift verwendet!

PÖLLINGER, A., 2005: Die Rundballentrocknung. Heutrocknungsseminar, Vortragsmanuskript
WEINGARTMANN, H., 1988: Solarenergie bei Unterdachrocknung von Welkheu. Landtechnische Schriftenreihe des Österreichischen Kuratoriums für Landtechnik ÖKL, H. 149

Heumilch – Eine besondere Qualität?

Andreas Geisler¹* und Wolfgang Ginzinger

Zusammenfassung

Die besondere Qualität von Heumilch ist durch wissenschaftliche Arbeiten bestätigt. Heumilch enthält im Vergleich zur Standardmilch mit Grassilage nur sehr wenige Clostridien sporen und hat keine Geruchs- oder Geschmacksfehler durch Silage mit Fehlgärungen. Im Vergleich zur Standardmilch mit Maissilage hat die grasbasierte Heumilch einen höheren Gehalt an Omega-3 Fettsäuren.

Schlagwörter: Milchqualität, Heufütterung, Hartkäse-reitauglichkeit, Geruchs-/Geschmacksfehler, Omega-3 Fettsäuren

Einleitung

Der Ursprung der Heumilch ist die silofreie hartkäsetaugliche Milch. Diese war eine besondere Qualität für die Herstellung von Hartkäse aus Rohmilch wie z.B. Emmentaler und Bergkäse. Die Qualitätsvorteile wurden durch einen Hartkäsetauglichkeitszuschlag in der Höhe von bis zu 4 Cent netto pro kg Milch abgegolten (MILCHWIRTSCHAFTS-FONDS 1993).

Im Heumilchregulativ (ARGE HEUMILCH 2009) ist die Heumilch definiert:

„Heumilch ist Milch, die von Landwirten produziert wird, welche sich den Kriterien der ÖPUL Maßnahmen "Silageverzicht" und "Verzicht auf ertragssteigernde Betriebsmittel auf Ackerfutter- und Grünlandflächen" oder "2.2 Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen" sowie der Einhaltung des Regulativs für Heumilch verpflichtet haben. Almmilch ist Heumilch, wenn die Alm an der ÖPUL-Maßnahme "Alpung und Behirtung" teilnimmt und das Regulativ für Heumilch eingehalten wird.“

Die wichtigste Bestimmung des Heumilchregulativs ist das Verbot der Verfütterung von Silage, sowohl von Gras- als auch von Maissilage. Daraus ergeben sich die drei wissenschaftlich bestätigten Vorteile der Heumilch:

1. Käsereischädliche Clostridien sporen unter 200 / Liter
2. Keine Geruchs- und Geschmacksfehler durch Silage
3. Mehr Omega-3 Fettsäuren in der grasbasierten Heumilch

Käsereischädliche Clostridien sporen unter 200 / Liter

Im Heu können sich die anaeroben – ohne Luft vermehrenden – Clostridien nicht vermehren. In der Silage ist eine

Vermehrung der Clostridien möglich und bei Grassilagen kommt es relativ häufig zu einer Buttersäuregärung (WIEDNER 2002). Die Clostridien bilden sehr widerstandsfähige Sporen. Grassilagen mit Buttersäuregärung haben einen hohen Gehalt an Clostridien sporen. Die Clostridien sporen der Silage werden im Verdauungstrakt angereichert. Die Übertragung in die Milch erfolgt über Verschmutzungen der Euteroberfläche mit Kot oder Silage (GINZINGER et al. 2001). Die hitzeresistenten Clostridien sporen überstehen die Pasteurisierung, keimen im Käse aus und verursachen eine Buttersäuregärung im Käse. Die Folge sind eine fehlerhafte Lochung, Risse und Geschmacksfehler des Käses.

Bei Schnitt- und Hartkäse liegt die technologische Störgrenze bei 200 käsereischädlichen Clostridien sporen pro Liter Milch. Die Heumilch liegt unter diesem Wert. So hatten von 188 silofreien Heumilchproben 96,4 % weniger als 150 Clostridien sporen pro Liter Milch (GINZINGER et al. 1995). Daher kann Heumilch direkt ohne Behandlung und Zusätze verkäst werden. Für viele internationale Käsespezialitäten wie Original Emmentaler, Original Bergkäse, Parmesan oder französische Käse-Spezialitäten ist daher Heumilch vorgeschrieben.

In Standardmilch mit Silagefütterung liegen die Werte zwischen 1.000 und 100.000 käsereischädlichen Clostridien sporen pro Liter Milch (GINZINGER et al. 2001, LEISEN 2002). Bei Schnitt- und Hartkäse aus Standardmilch mit Silagefütterung müssen die Clostridien sporen durch eine Zentrifugalentkeimung oder Mikrofiltration entfernt werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Verhinderung des Auskeimens der Sporen durch Konservierungsmittel – wie Nitrat oder Lysozym.

Heumilch ist somit eine besondere Qualität für die Produktion von Käse.

Keine Geruchs- und Geschmacksfehler durch Silage

Geruchs- und Geschmackssubstanzen des Futters können über die Verdauung oder die Atemluft in die Milch übergehen. Bei Silagen können durch Fehlgärungen zusätzliche Geruchs- und Geschmackssubstanzen entstehen. An der BAM Rotholz wurde in zwei Untersuchungsserien der Geschmack von Heumilch und Standardmilch mit Silagefütterung geprüft.

Im Rahmen des Forschungsprojektes "Einfluss der Silage auf die Milchqualität" wurde der Geschmack von Milch mit und ohne Silagefütterung untersucht (GINZINGER und TSCHAGER 1993). Bei 77 % der Milchproben mit Heufütterung wurde kein Fehlgeschmack festgestellt. Bei

¹ ARGE Heumilch Österreich, Grabenweg 68, A-6020 Innsbruck

* Ansprechpartner: DI Andreas Geisler, email: andreas.geisler@heumilch.at

den Milchproben mit Silagefütterung betrug der Anteil ohne Fehlgeschmack dagegen nur 29 %. Auch bei den Milchproben aus den Tanks der Milchsammelwagen war ein eindeutiger Unterschied gegeben. Bei 94 % der Proben der silofreien Heumilch wurde kein Fehlgeschmack festgestellt. Bei der Silagemilch betrug hingegen der fehlerfreie Anteil nur 45 %. Auch bei einem späteren Projekt wurde der Geschmack von Silomilch und silofreier Heumilch untersucht (TSCHAGER et al. 1994). Bei den Silomilch-Proben hatten 18,9 % einen deutlichen Geschmacksfehler.

Auch MOUNCHILI et al. (2005) fanden Geschmacksfehler in der Milch bei der Verfütterung von Grassilage. Der Fehler war umso ausgeprägter, je kürzer die Zeit zwischen Verfütterung und Melken war. SCHAEREN et al. (2005) fanden keine Unterschiede beim Geschmack von Silomilch und silofreier Milch. Durch die strengen Regulierungen und Kontrollen in der Schweiz wurde die Übertragung von Geschmacksfehlern bei der Verfütterung von Silage verhindert.

Heumilch hat eine besondere Geschmacksqualität, da keine Fehler durch Silagen mit Fehlgerüchen auftreten können.

Mehr Omega-3 Fettsäuren in der Heumilch

Omega-3 Fettsäuren schützen besonders vor Herz-Kreislauferkrankungen. Daher sollte die Aufnahme dieser Fettsäuren erhöht werden. In der Milch kommt als Omega-3 Fettsäure vor allem die α -Linolensäure (ALA) vor.

Schon vor über 10 Jahren wurde an der BAM Rotholz der Einfluss von Fütterung und Höhenlage auf das Fettsäurespektrum der Milch untersucht (TSCHAGER et al. 1994, TSCHAGER et al. 2001, SCHREIBER 2002). Der Gehalt an ALA war bei der silofreien Heumilch signifikant höher als bei der Standardmilch mit Silagefütterung. Nur ein Teil der Milch in Mitteleuropa wird im Grünland auf der Basis von Gras produziert, der größere Teil wird mit Maissilage und Kraftfutter hergestellt.

In den letzten Jahren beschäftigten sich viele Arbeiten (EHRlich 2006, MOKKENTIN 2006, WESTERMAYR 2006, ALP 2007, WEISS 2007) mit den Auswirkungen dieser zwei sehr verschiedenen Fütterungssysteme auf das Fettsäurespektrum der Milch. Alle Berichte stimmen darin überein, dass durch die Verfütterung von Maissilage der Gehalt an Omega-3 Fettsäuren sinkt.

Heumilch hat daher im Vergleich zur Standardmilch mit Maissilage eine besondere ernährungsphysiologische Qualität. Zurzeit läuft ein Projekt über das Fettsäurespektrum von Heumilchprodukten.

Die Verfütterung von Gras als Heu oder Silage wirkt sich nur geringfügig auf das Fettsäurespektrum der Milch aus (SHINGFIELD et al. 2005, COLLOMB et al. 2008).

Literatur

- ALP FORSCHUNGSANSTALT AGROSCOPE LIEBEFELD-POSIEUX, 2007: Der besondere Wert graslandbasierter Milch. <http://www.agroscope.admin.ch/aktuell/02720/03910/03928/index.html?lang=de>
- ARGE HEUMILCH, 2009: Heumilchregulativ. <http://www.heumilch.at/die-arge/heumilchregulativ>
- COLLOMB, M., W. BISIG, U. BÜTIKOFER, R. SIEBER, M. BREGY und L. ETTER, 2008: Influence of supplementing hay with grass silage on the fatty acid composition of mountain milk. *ALP science* 526.
- EHRlich, M., 2006: Fettsäurezusammensetzung (CLA, Omega-3 Fettsäuren) und Isotopensignatur (C) der Milch ökologischer und konventioneller Betriebe und Molkereien. Masterarbeit Universität Kassel. <http://orgprints.org/10446/>
- GINZINGER, W. und E. TSCHAGER, 1993: Einfluss der Fütterung auf die Qualität von Milch und Milchprodukten. *Österr. Braunvieh* 23, 4-6.
- GINZINGER, W., B. KUPFNER, E. TSCHAGER und P. ZANGERL, 1995: Trockenschnitte als Futtermittel für hartkäsetaugliche Milch. *Milchwirtschaftliche Berichte* 125, 184-186.
- GINZINGER, W., F. ELISKASES-LECHNER und F. OSL, 2001: Einfluss der Silage auf die Milch. *ALVA Jahrestagung 2001*, 29.-31.05.2001, Wolfpassing, 161-162.
- LEISEN, E., 2002: Einfluss von Futterqualität und Hygienebedingungen auf die Clostridienbelastung in der Milch von Öko-Betrieben in Nordwestdeutschland. <http://orgprints.org/00002071>
- MILCHWIRTSCHAFTSFONDS, 1993: Hartkäsetauglichkeitszuschlag. *Verlautbarungen des Milchwirtschaftsfonds* 37, 131.
- MOKKENTIN, J., 2006: Biomilch – Nachweismethoden im Labor. *Forschungsreport* 2, 18-20. <http://www.bmelv-forschung.de/fileadmin/sites/FR-Texte/2006/FR0206-18-Biomilch.pdf>
- MOUNCHILI, A., J.J. WICHTEL, J.O. BOSSET, I.R. DOHOO, M. IMHOF, D. ALTIERI, S. MALLI und H. STRYHN, 2005: HS-SPME gas chromatographic characterization of volatile compounds in milk tainted with off-flavour. *Internat. Dairy J.* 15, 1203-1215.
- SCHAEREN, W., J. MAUER und W. LUGINBÜHL, 2005: Kaum Unterschiede zwischen silo- und silofreier Milch. *Agrarforschung* 12, 34-39.
- SCHREIBER, M., 2002: Gehalt an konjugierten Linolsäuren (CLA) in österreichischer Trinkmilch unterschiedlicher Provenienz. Diplomarbeit an der BAM Rotholz. <http://www.bam-rotholz.at/dokumente/Gehalt%20CLA%20Trinkmilch.pdf>
- SHINGFIELD, K.J., P. SALO-VÄÄNÄEN, E. PAHKALA, V. TOIVEN, S. JAAKKOLA, V. PIIRONEN und P. HUHTANEN, 2005: Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on the fatty acid composition and vitamin content of cows' milk. *J. Dairy Res.* 72, 349-361.
- TSCHAGER, E., P. ZANGERL, H. SEBASTIANI, W. KNEIFEL, E.C. LANG und H. LEGNER, 1994: Organoleptische, technologische und ernährungsphysiologische Eigenschaften von Almmilch. *Milchwirtschaftliche Berichte* 120, 152-157.
- TSCHAGER, E., W. GINZINGER und K. DILLINGER, 2001: Fettsäurespektrum des Milchfettes in Abhängigkeit von Fütterung und Haltung. *ALVA Jahrestagung 2001*, 29.-31.05.2001, Wolfpassing, 163-165.
- WEISS, D., 2007: Milch aus Gras – Milch mit Mehrwert für Verbraucher und Bauern. *Tagungsband: Der besondere Wert graslandbasierter Milch*. <http://www.agroscope.admin.ch/aktuell/02720/03910/03928/index.html?lang=de>
- WESTERMAYR, T., 2006: Fettsäurezusammensetzung in der Molkereimilch und in Alpmilch. *Deutsche Molkerei Zeitung dmz* 6, 35-37.
- WIEDNER, G., 2002: Silagequalität in der Praxis. *Bericht*, 8. Alpenländisches Expertenforum „Zeitgemäße Futterkonservierung“. *BAL Gumpenstein*, 57-62.

Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Nährstoffverluste, Futterwert, Milchproduktion und Milchqualität – Projektvorstellung

Influence of conservation method of grassland forage on nutrient losses, feeding value, milk production and milk quality

Marcus Urdl¹*, Alfred Pöllinger¹, Reinhard Resch¹ und Andreas Adler²

Zusammenfassung

Aufgrund der starken Verbreitung der Silowirtschaft, ist sowohl die Verfütterung von hohen Rationsanteilen Heu auf Milchviehbetrieben als auch Forschung zum Futterwert von Heu hintan getreten. Heumilch und Heumilchprodukte sind ein wichtiges Segment am heimischen Lebensmittelmarkt. Der von Molkereien teilweise übliche „Heumilchzuschlag“ kann die gespannte Kostensituation von Grünlandbetrieben verbessern. Neben den klassischen Methoden der Heutrocknung durch die Sonne, nimmt die maschinelle Trocknung einen immer höheren Stellenwert ein. Herkömmliche Anlagenkonzepte zur Heutrocknung stoßen durch die ständig steigenden Anforderungen an die Durchsatzleistung an scheinbare Grenzen (z.B. elektrische Anschlusswerte, Boxengrößen). Durch technische Neuerungen wie beispielsweise den Einsatz von frequenzgesteuerten Ventilatoren oder Entfeuchter-Wärmepumpen mit stufenlosem Kompressorantrieb sowie automatisierter Steuerungstechnik können Kosteneinsparungen (Energieverbrauch) bei gleichzeitiger Verbesserung der Futterqualität erzielt werden. Im Rahmen eines Forschungsprojektes zur Konservierung von Wiesenfutter wird solch eine moderne Heutrocknungsanlage umfassend mit den Verfahren Kaltbelüftung, Bodentrocknung und Silierung verglichen.

Schlagwörter: Heu – Heubelüftung – Bröckelverluste – Konservierungsverlauf – Energieverbrauch – Futterwert – Futterhygiene – Futteraufnahme – Milchleistung – Milchqualität – Wirtschaftlichkeit

Summary

Feeding high proportions of hay to dairy cows and research regarding the feeding value of hay has declined due to the strong implementation of ensilage. The market segment of milk and dairy products from cows fed without silage (grass-based diets, “hay milk”) is of major importance in the Austrian food industry. The commonly paid surcharge for “hay milk” can enhance the tense expense situation of grassland farms. In addition to traditional methods of solar hay drying, automatic hay aeration systems gain in importance. Conventional systems seem to reach limits due to continuously increasing requirements in terms of drying capacity (connected load, dimensions of hay boxes). Technical innovations (e.g. frequency-regulated fans, dehumidifier-heat pumps with infinitely variable drive of the compressor) as well as automated control technology can improve energy consumption and concurrently improve forage quality. In the context of a comprehensive research project focussing on herbage conservation methods, such a modern hay drying system will be compared to a drying system without heated or dried air, field drying and ensilage.

Keywords: Hay – hay aeration – mechanical losses – conservation progress – energy costs – feeding value – feed hygiene – feed intake – milk yield – milk quality – economy

1. Einleitung

Die vergangenen Jahre haben eindrucksvoll gezeigt, dass der Milchpreis trotz der noch vorhandenen Kontingentierung starken Schwankungen unterworfen ist und vor allem durch die geplante Marktöffnung noch stärker unter

Druck geraten wird. Milchviehbetriebe, die ihre Milch an Hartkäse-Molkereien liefern, sind von diesen Schwankungen weitaus weniger stark betroffen. Die professionelle silofreie Milcherzeugung wird in Zukunft ihre Marktbedeutung beibehalten, wenn nicht sogar ausweiten. Im Jahr 2008 haben über 10.000 Betriebe an der ÖPUL-Maßnahme

¹ LFZ Raumberg-Gumpenstein, Abteilung für Tierernährung, Abteilung für Innenwirtschaft, Referat für Futterkonservierung und Futterbewertung, A-8952 Irdning

² AGES – Zentrum für Analytik und Mikrobiologie, A-4021 Linz

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Marcus Urdl, email: marcus.urdl@raumberg-gumpenstein.at

„Silageverzicht“ teilgenommen. Der Heumilchanteil an der Milchlieferung 2008 betrug insgesamt 9 % bzw. 242.116 t. In Salzburg, Tirol und Vorarlberg lag der Anteil von Heumilch an der jeweiligen (gesamten) Anlieferung mit 31, 17 bzw. 34 % deutlich höher. Dies entspricht nahezu 100 % der angelieferten Biomilch in diesen Bundesländern. Die restlichen 37.481 t Heumilch wurden in der Steiermark und Oberösterreich angeliefert (BMLFUW 2009). Die § 7-Kommission hat dem BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft die Umsetzung besonderer Förderungen von Marketingaktivitäten für Heumilch empfohlen. Dies mit dem Hintergrund, eine Absatzförderung für Milchprodukte besonderer Qualität, die für Österreich typisch sind und eine höhere Wertschöpfung ermöglichen, zu schaffen.

„Futterqualität von Wiesen, Weiden und Feldfutterflächen ist wieder mehr wert!“ (BMLFUW 2009). Die Bedeutung des wirtschaftseigenen Futters rückt aufgrund der dramatischen und sprunghaften Preisentwicklungen bei Kraftfutter und Energie wieder stärker in den Vordergrund. Eine nachhaltige Verbesserung von Ertrag und Qualität des Grundfutters wird in Forschung und Beratung aktiv verfolgt. Gerade in Hartkäse-Regionen hat die Qualität von Heu und Grummet eine sehr große Bedeutung, da schlechte Qualitäten die tierischen Leistungen, die Tiergesundheit und vor allem die Milch- und Fleischqualität negativ beeinflussen können. Längere Schlechtwetterperioden führen durch verspätete Ernte und/oder Problemen durch Futtermittelverschmutzung zu starken Qualitätseinbußen des Grundfutters. Österreichweit durchgeführte Silage- und Heubeprobungen haben gezeigt, dass noch Potenzial in der Grundfutterproduktion steckt.

Ausgehend von diesen Rahmenbedingungen wird am Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein ein umfassendes Projekt zum Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Nährstoffverluste, Futterwert, Milchproduktion und Milchqualität durchgeführt.

2. Stand des Wissens

2.1 Das Futtermittel Heu

Die Futterbestände des Alpenraumes liefern ein heterogenes und von den Inhalt- bzw. Wirkstoffen wertvolles Grundfutter. In Österreich werden pro Jahr rund 6,0 Mio. Tonnen Trockenmasse an Grünfutter geerntet (RESCH 2007, *Abbildung 1*). Der Anteil an eingesetzter Silage in der Gesamtration betrug im Jahr 2005 bereits 48 % (inkl. Mais-silage), während Heu und Grummet auf 27 % zurückgingen. Den Rest von 25 % nimmt das Grünfutter aus Weidehaltung und Stallfütterung ein.

Für die Futterernte am Grünland stehen im Frühjahr nur wenige Erntegelegenheiten zur Verfügung (LUDER 1982, FORMAYER et al. 2000). Wenn kurze Schönwetterperioden nicht genutzt werden können, bedeutet dies meist einen verspäteten Mähtermin und damit verbunden einen Qualitätsverlust für das Futter. Beim ersten Schnitt schwankt der Gehalt an Rohfaser von Wirtschaftsgrünland (Dauerwiese) bei 3 bis 4 Nutzungen pro Jahr in Österreich von 23,8 % (Ähren-/Rispen-schieben) bis zu 29,8 % (Mitte bis Ende der

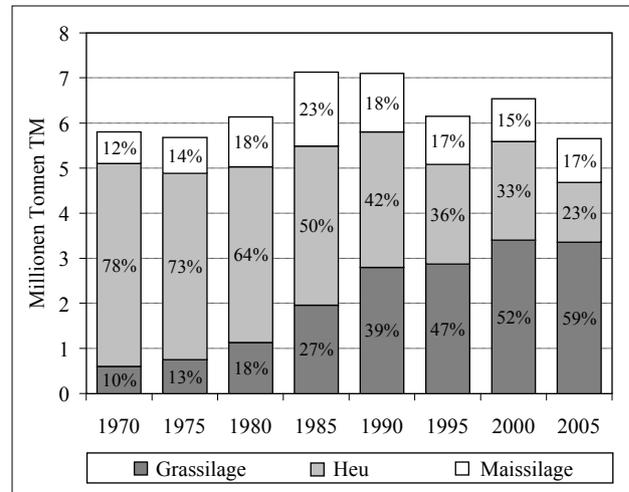


Abbildung 1: Grundfutterkonserven in Österreich in Millionen Tonnen Trockenmasse und Anteil in % (RESCH 2007)

Blüte). Das bedeutet einen Qualitätsverlust des Grundfutters beim ersten Schnitt von ca. 0,6 MJ NEL pro kg Trockenmasse (GRUBER und RESCH 2009).

Qualitativ hochwertiges Heu ist neben besten Grünfuttersilagen trotz einer Renaissance der Weidehaltung immer noch eine der wichtigsten Grundlagen für Leistung, Fruchtbarkeit und Wirtschaftlichkeit in der Wiederkäuerfütterung. Nicht nur aufgrund der steigenden und/oder schwankenden Marktpreise, muss es das Ziel der Wiederkäuerfütterung sein, nur soviel Kraftfutter einzusetzen, wie unbedingt nötig. Um die Nährstoffanforderungen von hoch leistenden Milchkühen zu erfüllen, entsprechen die erreichbaren Energiegehalte von Bodenheu nicht. Damit hohe Futterqualitäten auch von Betrieben mit Silageverzicht geerntet werden können, sind entsprechend groß dimensionierte und leistungsfähige Belüftungsanlagen notwendig. Bei einem guten Grünlandbestand, einer schonenden Vortrocknung am Boden und einem nachfolgenden Einsatz von Belüftungsanlagen können Nährstoffkonzentrationen von guten Grassilagen mit Energiegehalten von weit über 6,0 MJ NEL pro kg Heu-Trockenmasse erreicht werden (RESCH 2008, NYDEGGER et al. 2009, TIEFENTHALLER 2009a). Die Futterernte muss vor dem Einsetzen der massiven Bröckelverluste über 70 % Trockenmassegehalt erfolgen. Dadurch lassen sich erstklassige Heuqualitäten erzielen und vor allem das Wetterrisiko weit herabsetzen. Das Einfahren von „einsonnigem“ Heu wird möglich (NYDEGGER et al. 2009). Durch den teilweise sehr frühen Schnitt von Belüftungsheu ergeben sich niedrige Rohfaserwerte und hohe Zuckergehalte, die bei hohem Kraftfuttereinsatz zu Problemen mit der Wiederkäuergerechtigkeit der Ration führen können (TIEFENTHALLER 2009b).

2.2 Heutrocknungstechnik

Die Technik der Heutrocknung weist eine lange Tradition mit einem reichen Fundus an Wissen auf. Vor allem im deutschsprachigen Raum (Schweiz, Österreich, Bayern) wurden in der Vergangenheit zahlreiche Untersuchungen zur Heutrocknung durchgeführt (BAUMGARTNER 1987, 1989, 1991, 1993, 1994, 1996 und 1997, SCHULZ und

MITTERLEITNER 1987, WEINGARTMANN 1988, 1989, 1990, NYDEGGER 1991, OTT et al. 1995, AMANN und WYSS 2007, Van CAENEGEM et al. 2009). Eine Verbreitung der Technologie Entfeuchtungstrocknung mit Wärmepumpen erfordert jedoch klare, nachvollziehbare Untersuchungsergebnisse (WEINGARTMANN 2002). Auch GINDL (2002) weist auf die Bedeutung einer objektiven Prüfung von solchen Heutrocknungssystemen hin, da bei manchen Fabriken teilweise sehr optimistische und in der Praxis kaum erzielbare Angaben über Stromverbrauch, Leistung und Betriebskosten angegeben werden. *Tabelle 1* zeigt zusammenfassend die Vor- und Nachteile verschiedener Luftanwärmesysteme von Heutrocknungsanlagen.

Auch im ökologischen Landbau steigt das Bewusstsein für die Heu-Konservierung durch eine Trocknung unter Dach (geringere Nährstoffverluste bei Ernte und Lagerung, Nutzung des optimalen Schnittzeitpunktes, qualitativ hochwertiges Endprodukt). Dennoch ist der wirtschaftliche Aspekt der künstlichen Heutrocknung kritisch zu durchleuchten und vor allem im Zusammenhang mit der gesteigerten Grundfutterqualität zu diskutieren (GREIMEL et al. 1998). In mehreren Publikationen wird bei der betriebswirtschaftlichen Analyse der Heutrocknungsverfahren auch die gesteigerte Futterqualität berücksichtigt (WEINGARTMANN und HUBER 1985, HILFIKER 1989, LAVILLE-STUDER 1990, RADAJEWSKI 1994, HOLPP 2004). In diesen

Studien zur Heutrocknung wurden jedoch durchgehend keine weiterführenden Fütterungsversuche mit Milchkühen durchgeführt. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Konservierungsverfahren wurden bisher nur kalkulatorisch berücksichtigt.

2.3 Einfluss des Konservierungsverfahrens auf Futterwertparameter von Heu

Im Rahmen einer Heumeisterschaft (RESCH 2008) wurden insgesamt 217 Heuproben (151 aus Österreich und 66 aus Südtirol) gezogen und chemisch analysiert. Der Anteil der verwendeten Trocknungssysteme stellt sich wie folgt dar (*Tabelle 2*): 31,8 % der Proben wurden mittels Bodentrocknung konserviert, 19,2 % durch Kaltbelüftung und 38,3 % der eingesandten Heuproben wurden mit Warmbelüftungssystemen hergestellt (die restlichen 10,7 % stammten aus Gerüsttrocknung oder Kombinationen der Verfahren).

In *Abbildung 2* ist ein Auszug der Ergebnisse dieser Heumeisterschaft dargestellt. Beim 1. Aufwuchs stieg der Rohproteingehalt von 9 % bei Bodenheu auf knapp 11 % bei warmbelüftetem Heu. Beim 2. und Folgeaufwuchs wurden wesentlich höhere Rohproteingehalte festgestellt (im Schnitt 135 g XP/kg TM). Aufgrund der frühen Erntezeitpunkte von Warmbelüftungsheu und damit verbundenen niedrigen Rohfasergehalten (268 g/kg TM beim 1. und

Tabelle 1: Spezifische Vor- und Nachteile verschiedener Luftanwärmesysteme von Heutrocknungsanlagen (PÖLLINGER 2003)

	Kaltbelüftung	Luftanwärmung mit Ölofen	Solare Luftanwärmung (Unterdachabsaugung)	Luftentfeuchtung und -anwärmung mit Wärmepumpe
Vorteile	baulich einfaches System kostengünstiges System (Lüfter + Trocknungsbox)	baulich einfaches System Unterdachtrocknung witterungsunabhängig Tag- und Nachttrocknung möglich – dadurch kurze Trocknungszeiten	keine/kaum Energiekosten für Anwärmung (Sonnenenergie) günstiger Eigenbau möglich	Unterdachtrocknung witterungsunabhängig (Umluftbetrieb möglich) Tag- und Nachttrocknung möglich geringe Energiekosten bei guter Leistungszahl
Nachteile	lange Trocknungszeiten Unterdachtrocknung witterungsabhängig nur bei geringen Restfeuchtegehalten einsetzbar (max. 30 %)	hohe Energiekosten (nicht erneuerbarer Energieträger) Gefahr der Rekondensation während Trocknungsvorgang	baulich aufwändig (v.a. bei nachträglichem Einbau) Unterdachtrocknung witterungsabhängig (Sonneneinstrahlung direkt oder indirekt notwendig)	hohe Investitionskosten hohe Anschlusswerte Stromversorgung notwendig – Anschlusskosten Vereisungsgefahr am Kondensator bei tiefen Außentemperaturen

Tabelle 2: Anteil der Trocknungssysteme bei unterschiedlicher Wirtschaftsweise im Heuprojekt 2008 (RESCH 2008)

	Betriebe		Bodentrocknung	Kaltbelüftung	Warmbelüftung	Gerüsttrocknung	Kombination
	%	Anzahl					
Biobetrieb	35,5	76	21	1	34	19	1
Ökopunkte (NÖ)	1,4	3	2	-	1	-	-
UBAG	34,6	74	12	25	34	-	3
ohne Förderung	28,5	61	33	15	13	-	-
Summe	100	214	68 (31,8 %)	41 (19,2 %)	82 (38,3 %)	19 (8,9 %)	4 (1,9 %)

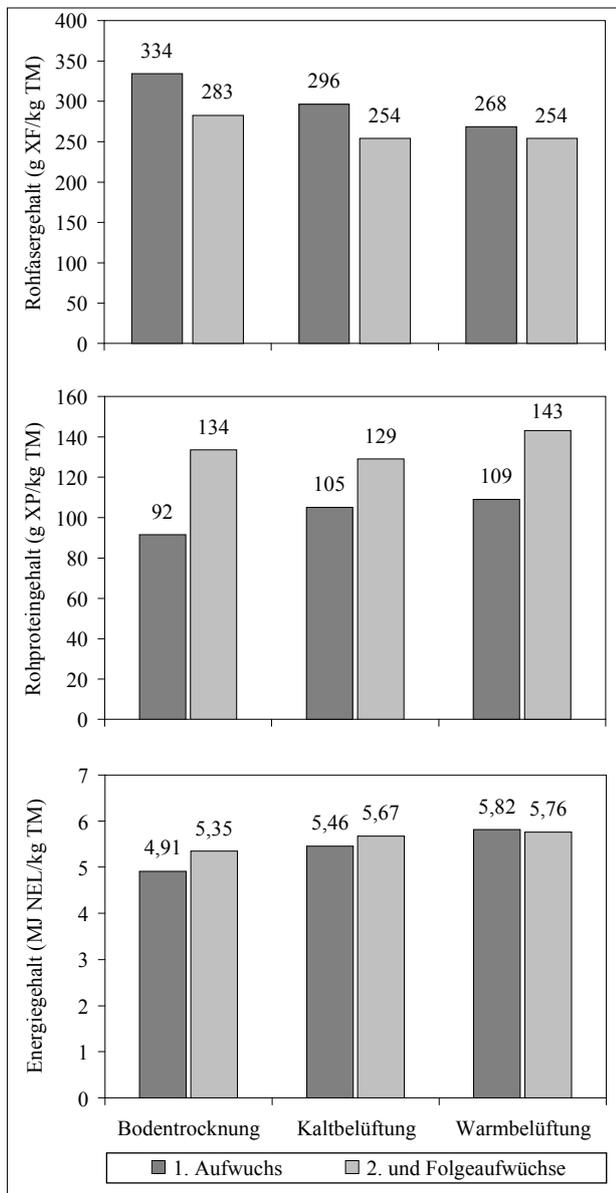


Abbildung 2: Rohfaser-, Rohprotein und Energiegehalt von Heuproben aus einer Heumeisterschaft in Abhängigkeit der Trocknungsart (RESCH 2008)

254 g/kg TM beim 2. und Folgeaufwuchs) lassen sich dementsprechend gute Heuqualitäten herstellen (5,82 bzw. 5,76 MJ NEL/kg TM). Die Energiekonzentrationen von Bodenheu und kaltbelüftetem Heu lagen im Vergleich dazu deutlich niedriger.

Über den Einfluss verschiedener Konservierungsverfahren auf die Grundfutterqualität finden sich in der Literatur mehrere Untersuchungen. Studien aus der Schweiz beschäftigen sich beispielsweise mit dem Aminosäuren- und Mineralstoffgehalt sowie der Verdaulichkeit von unterschiedlich konserviertem Raufutter (ARRIGO 2006 und 2007). Hierzu wurde eine Klee-Grasmischung einer Parzelle über mehrere Jahre bei unterschiedlichen Schnitten und Vegetationsstadien geerntet und anschließend konserviert. Die geprüften Konservierungsverfahren in diesen Untersuchungen waren folgende:

- Tiefgefrieren: In Plastikbeutel verpackte Rationen von 5 kg wurden nach Aufnahme des geschnittenen Futters mit einem Ladewagen (ohne Anwelken) bei -20°C tiefgefroren.
- Entfeuchten: Die Trocknung des nicht angewelkten Grünfutters wurde in Kisten vorgenommen. Die Belüftung erfolgte in einem geschlossenen Kreislauf mit mittels Kondensation entfeuchteter Luft von ca. 30°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von unter 45 %. Dabei handelte es sich um eine Pilotanlage zur Herstellung von Futtermischungen für *in vivo* Verdaulichkeitsbestimmungen unter kontrollierten Bedingungen, welche die Konservierung durch Tiefgefrieren ersetzen sollte.
- Heubelüftung: Angewelktes Futter (durchschnittlicher TM-Gehalt von 59,4 %) wurde in einer Heubelüftungsanlage mit Luft aus solarer Unterdachabsaugung oder mit Hilfe einer Wärmepumpe getrocknet.
- Feldtrocknung: Diese erfolgte mit drei- bis sechsmaligem Wenden und Schwaden.
- Silierung bei 30 % Trockenmasse: Leicht angewelktes Futter (ein- bis zweimaliges Wenden und einmaliges Schwaden) wurde ca. vier Stunden nach dem Schnitt siliert.
- Silierung bei 50 % Trockenmasse: Die Silierung erfolgte im Schnitt 27 Stunden nach der Mahd und zwei- bis viermaligem Wenden sowie einmaligem Schwaden.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Experimente zur Konservierung von Wiesenfutter sind in *Tabelle 3* dargestellt.

Die Aminosäure Lysin, welche bei Milchkühen limitierend wirken kann, reagiert am empfindlichsten innerhalb der geprüften Konservierungsverfahren. Der Abbau (in der TM) gegenüber dem Ausgangsfutter beträgt bei den Trocknungsvarianten Entfeuchten, Heuboden- und Feldtrocknung 19, 28 bzw. 32 %. Bei der Silierung verringerten sich die Lysin-gehalte um etwa 21 %. Insgesamt ließen sich in Bezug auf die Aminosäuregehalte bei dem auf dem Feld getrockneten Futter (Bröckelverluste) und der mit 30 % Trockenmasse hergestellten Silage (enzymatische Abbauprozesse) die größten Abweichungen zum Ausgangsfutter feststellen.

Im Durchschnitt zeigten sich hinsichtlich der Nährstoffverdaulichkeiten keine großen Unterschiede zwischen den geprüften konservierten Futtern. Bei einzelnen Schnitten konnten jedoch signifikante Unterschiede festgestellt werden. Beispielsweise war die Verdaulichkeit der organischen Masse bei bodengetrocknetem Heu spätreifen Stadiums mit 69,8 % deutlich niedriger als jene von tiefgekühltem Futter (75,4 %). Die nicht silierten Futtermischungen wiesen bei gleichem Vegetationsstadium 66,6 bis 68,4 % dOM auf, während bei der Silage 30 % nur eine Verdaulichkeit von 61,2 % festgestellt wurde. In Bezug auf die Rohproteinverdaulichkeit waren die Werte bei der Dehydratation bzw. Entfeuchtung bei spätreif geerntetem Futter signifikant höher als bei den übrigen Konserven. Die Rohfaserverdaulichkeit war bei der mit 30 % TM konservierten Silage in $\frac{3}{4}$ der Fälle höher als bei den anderen Konservierungsvarianten.

Hinsichtlich der Mineralstoffgehalte zeigten sich in dieser Studie mit Ausnahme des Kalziumgehalts keine signifikanten Unterschiede zwischen den Konservierungsverfahren.

Tabelle 3: Einfluss der Konservierung auf Rohprotein- und Aminosäuregehalt sowie Verdaulichkeit und Mineralstoffgehalt von Wiesenfutter (nach ARRIGO 2006 und 2007)

		Grün- futter	Tief- kühlung	Ent- feuchtung	Heu- belüftung	Feld- trocknung	Silage 30 %	Silage 50 %	s _x	P
TM	g/kg	19,8 ^{ac}	20,5 ^c	88,2 ^b	89,0 ^b	87,5 ^b	27,8 ^a	58,0 ^d	2,3	<0,01
XP	g/kg TM	130	129	134	125	120	142	132	14,8	0,97
AA	g/kg TM	111	109	111	103	98	102	108	13,5	0,98
AA ^{ges}	g/kg XP	845 ^a	845 ^a	821 ^a	814 ^a	809 ^a	718 ^b	804 ^a	18,4	<0,01
Lysin	g im XP	53 ^a	54 ^a	46 ^b	44 ^b	42 ^b	41 ^b	44 ^b	1,7	<0,01
Arginin	g im XP	47 ^a	48 ^a	45 ^a	45 ^a	44 ^a	20 ^b	42 ^a	2,0	<0,01
Histidin	g im XP	19 ^a	19 ^a	18 ^{ac}	18 ^{ac}	17 ^c	15 ^b	17 ^{cd}	0,5	<0,01
Methionin	g im XP	17	17	16	16	16	14	16	0,7	0,10
dOM	%		75,3	74,8	74,7	73,5	72,5	73,1	1,5	0,74
dXP	%		61,7	65,8	62,4	59,7	62,0	60,1	1,7	0,17
dXF	%		76,6	75,2	76,3	76,5	77,8	77,5	2,1	0,96
dADF	%		76,2	74,0	75,1	75,2	76,2	75,9	2,1	0,98
dNDF	%		77,8	75,9	77,7	77,8	76,4	77,6	2,1	0,98

Unterschiedliche Hochbuchstaben innerhalb einer Zeile weisen auf signifikante Unterschiede hin

s_x = Standardfehler des Mittelwertes

Das Bodenheu wies aufgrund der höheren mechanischen Beanspruchung und den damit verbundenen Bröckelverlusten niedrigere Ca-Werte auf als maschinell weniger beanspruchte Futterkonserven.

2.4 Futterhygiene von Heu

Ein gewisser Keimbesatz ist für Futtermittel normal. Die Primärflora von Grünlandpflanzen ist vor allem durch unterschiedliche Sukzessionen durchwegs saprophytisch oder schwach parasitisch lebender Mikroorganismen charakterisiert (DICKINSON 1976, CAMPBELL 1985). Ohne eine rasche Trocknung kommt es in feuchtem Futter schnell zu einer massiven Entwicklung der vorhandenen epiphytischen Mikroflora. Entsprechende Nährstoffverluste sind die Folge.

Verschiedene fehlerhafte Maßnahmen bei der Heuwerbung, wie etwa ein falscher Schnitzeitpunkt, falsche Wiesenmischungen, Mähen bei zu niedriger Schnitthöhe oder zu fest gepresste (Groß-)Ballen können zu einer erheblichen Beeinträchtigung der mikrobiologischen Qualität des Erntegutes führen (STRAUSS und SCHOCH 2003). Aus einer bereits verminderten Einlagerungsqualität können bei längerer Lagerdauer noch zusätzliche Qualitätsverluste resultieren (BUCHGRABER 2009). Die Keimbelastung kann drastisch zunehmen, wenn ungünstige Ernte- und schlechte Lagerbedingungen vorliegen. Reduzierte Feuchtigkeitsabfuhr und ungenügende Trocknung gelten als Hauptursachen für hohe Keimgehalte in Heu.

Auf dem Heulager wird die Reliktflora der Feldpilze, die höhere Feuchtigkeitsansprüche stellt, vielfach mehr oder weniger rasch von einer Lagerflora abgelöst. Die Sporen dieser Lagerpilze sind in geringer Zahl ubiquitär im geernteten Futter vorhanden. Welche Lagerpilzflora sich entwickelt, hängt primär vom Feuchtigkeitsgehalt des Heus im Zusammenspiel mit anderen Faktoren, wie etwa der Temperatur oder einer Belüftung ab (REISS 1986).

Ungenügende Trocknung ist eine Hauptursache für hohe Keimgehalte in Heu. Ein höherer Feuchtigkeitsgehalt des Heus ermöglicht auch Bakterien das Wachstum und eine Folge der erhöhten mikrobiellen Stoffwechsellätigkeit ist

ein entsprechender Temperaturanstieg. Bei einer Temperatur von 45°C und darüber setzen sich thermotolerante bzw. thermophile Mikroorganismen durch. Dazu gehören vor allem *Aspergillus fumigatus* und Actinomyceten, deren Sporen nach Inhalation allergische Erkrankungen verursachen und bei entsprechendem Infektionsdruck zu einer Ansiedlung etwa im Atmungsbereich bei Haustieren und zu schweren Mykosen führen können (McDONALD et al. 1991).

Clostridien sind in Futtermitteln grundsätzlich unerwünscht, Clostridien sporen können schließlich durch fäkale Kontaminationen in die Milch gelangen. Kontaminationsfördernd wirken bei Silagefütterung etwa Futterverschmutzung, feuchtes Milieu, geringer Trockenmasse- und Nitratgehalt sowie eine hohe Pufferkapazität des Futters, oder eine hohe Lagertemperatur. Wichtig im Hinblick auf eine Verringerung der Kontamination mit Clostridien ist daher eine saubere Ernte ohne Verschmutzungen, Anwelkung und hoher TM-Gehalt von Siliergut bzw. ein rascher Trocknungsverlauf bei der Heuwerbung oder ein stabiler niedriger pH-Wert in der Silage.

Eine Kontamination des Futters mit *Clostridium perfringens* kann dabei sicher nicht als alleinige Ursache für Clostridienvergiftungen interpretiert werden. Vergiftungen durch diese Bakterien können auch ohne Nachweis im Futter auftreten. Futterhygiene und Fütterungsmanagement kommt dabei als betriebspezifische Faktoren große Bedeutung zu. Heu wird in diesem Zusammenhang zunächst als weniger risikobehaftet eingestuft.

Das Auftreten von Listerien im landwirtschaftlichen Kreislauf ähnelt jenem von Clostridien. Beide Keimgruppen zählen nicht zur originären mikrobiellen Epiphytenflora frischer Grünlandpflanzen. Da sie im Boden jedoch überall in hohen Zahlen verbreitet sind, können sie über die konservierte Pflanze in den Futterkreislauf und somit in den Stall und zum Tier gelangen.

Listerienhaltige Futtermittel führen durchwegs zu einem positiven Listerienachweis im Kot der Tiere (SKOVGAARD und MORGEN 1988). Auch aufgrund einer lokalen Besiedelung ihres Intestinaltraktes können ansonsten symptomfreie gesunde Milchkühe (Dauerausscheider, „carrier“)

Listerien in großer Zahl im Kot ausscheiden (SLADE et al. 1989). Ein Risiko für die Listerienkontamination von Rohmilch stellen listerienhaltige Futtermittel insofern dar, als mit ihnen Listerien in den Stallraum gelangen. Von dort kann durch Sekundärkontaminationen ein eventueller Listerieneintrag in die Rohmilch erfolgen. Zusätzlich muss aber auch ein innerbetrieblicher Infektionszyklus in Betracht gezogen werden, welcher ausgehend von verschmutztem Futter über den ausgeschiedenen Kot und den in weiterer Folge auf die Felder rückgeführten Wirtschaftsdünger führt (PÖTSCH et al. 2001).

Zusammenfassende Arbeiten zur mikrobiologischen Futterqualität stammen von ADLER (2002, 2009).

2.5 Qualität von Heumilch

Molkereien weisen immer häufiger auf den Mehrwert von „grüner Milch“ hin. Im Hinblick auf die Vermarktung und Positionierung von Heumilchprodukten sind objektive Aussagen zur Qualität der produzierten Milch, wie die Milchfettsäurezusammensetzung und die Käseereitauglichkeit notwendig. Die Milchfettsäurezusammensetzung hängt in großem Maße von der Fütterung ab. Bisherige Erkenntnisse zu diesen Themenbereichen behandeln Unterschiede zwischen grundfutter- und kraftfutterbetonten Rationen, grünlandbasierten Rationen und solchen mit steigenden Maissilageanteilen sowie den Einsatz von verschiedenen Kraftfutterzusätzen (Übersichtsarbeiten z.B. DEWHURST et al. 2006, ELGERSMA et al. 2006, VLAEMINCK et al. 2006, GLASSER et al. 2008). Des Weiteren gibt es Studien hinsichtlich des Einflusses der Konservierung, jedoch nur im Sinne eines Vergleichs von Grünfutter mit daraus hergestelltem Heu und Silage (z.B. SCHAEREN et al. 2005, WYSS et al. 2007). Im Hinblick auf die Milchfettsäurezusammensetzung und die Käseereitauglichkeit von Milch bei graslandbasierter Fütterung kann die Dissertation von LEIBER (2005) viele Fragen beantworten. Untersuchungen von SHINGFIELD et al. (2005) und VERDIER-METZ et al. (1998) behandeln speziell den Einfluss von Silage- oder Heufütterung auf die Fettsäurezusammensetzung bzw. die Käseereieigenschaften der Milch. Ob verfahrenstechnische Unterschiede der Heubereitung einen bedeutenden Einfluss auf die Milchfettsäurezusammensetzung von Heumilch haben, wurde bislang nicht untersucht.

2.6 Weitere Untersuchungen zum Einfluss des Konservierungsverfahrens

International publizierte Studien zur (erweiterten) Thematik der Konservierungsverfahren von Wiesenfutter haben sehr unterschiedliche Fragestellungen. Im Großteil der Untersuchungen werden Unterschiede zwischen Silage (mit und ohne verschiedenen Siliermitteln) und Heu beleuchtet, jedoch wird nicht auf unterschiedliche Heutrocknungsverfahren eingegangen. Bei VERBIČ et al. (1999) wurde beispielsweise der Effekt von Siliermittelzusätzen auf die Proteinabbaubarkeit im Pansen und die mikrobielle Proteinsynthese im Vergleich zu unbehandelter Grassilage und Heu betrachtet. In den Studien von SHINGFIELD et al. (2002a und b), welche unter anderem auf einen Effekt des Konservierungsverfahrens (Silage vs. Heu) auf Futter-

aufnahme und Milchleistung abzielten, konnten die Versuchsfutter nicht zum gleichen Zeitpunkt geerntet werden. Dadurch kam es zu einer unerwünschten Wechselwirkung zwischen Konservierungsmethode und Vegetationsstadium bzw. Futterwert. LEONARDI und ARMENTANO (2003) verfütterten Luzerneheu mit unterschiedlichen Fasergehalten an Milchkühe. Die TMR hatte einen sehr geringen Grundfutteranteil von 40 %. Einen ähnlichen Ansatz in Bezug auf die Grundfutterqualität verfolgten DOREAU und DIAWARA (2003), die in ihrer Studie den Einfluss vom Fütterungsniveau bei unterschiedlichen Heuqualitäten, variierend im Gehalt an Gerüstsubstanzen, auf die Verdaulichkeit bei zwei verschiedenen Rassen untersuchten. Umfassende Studien sowie eine Übersichtsarbeit zum Carotinoidgehalt von Blutplasma und Milch von Milchkühen erstellten eine französische Arbeitsgruppe (NOZIÈRE et al. 2006a und b, CALDERÓN et al. 2007). Die Versorgung der Versuchstiere mit unterschiedlichen Carotinoidmengen erfolgte hier über Heu- bzw. Silagerationen. Gärheu als alternative Konservierungsform für Grünlandfutter im Gegensatz zu Heu und Silage in der Milchproduktion wurde von BORREANI (2007) und PÖLLINGER (2009) geprüft, wobei in der italienischen Studie auch die Milchqualität und die Käseereieigenschaften Untersuchungsparameter waren. PÖLLINGER et al. (2008) beschäftigten sich mit dem Einfluss der Rundballenpresstechnik auf die Futterqualität von Silage- und Heurundballen.

3. Ableitung der Ziele des Projektes

3.1 Bereich Technik

Aufgrund der Tatsache, dass kein Heutrocknungssystem ohne Nachteile aufgelistet werden kann (*Tabelle 1*) und aufgrund von Betriebsvergrößerungen und der Erhöhung der Schlagkraft die Trocknungsleistung der Anlagen teilweise angepasst werden musste, ergaben sich im Laufe der Zeit Kombinationen an verschiedenen Trocknungssystemen in einer Anlage. Diese Kombination der einzelnen Trocknungssysteme werden auf einigen Betrieben mit hohen Futtermassen bereits praktiziert (solare Unterdachanwärmung in Kombination mit Luftentfeuchtung, Luftentfeuchtung im Umluftverfahren oder mit Bypassluftführung usw.). Daraus ergeben sich allerdings klar erkennbare Optimierungsfragen, welche einer Klärung bedürfen. Die Steuerung dieser Anlagen läuft derzeit noch händisch ab und die Effizienz der Energieausnutzung unterliegt der individuellen Erfahrung und dem zeitlichen Einsatz des Betriebsleiters. Um die Effizienz des Energieeinsatzes zu erhöhen wurde eine neue Steuerungstechnik entwickelt, mit deren Hilfe im Praxiseinsatz, unter kontrollierten Versuchsbedingungen, die optimalen Betriebspunkte erkennbar und daraus angepasste Praxisempfehlungen ableitbar sein werden.

Die wichtigste Neuerung bzw. Wissensbedarf ergibt sich aus dem Umstand, dass es zu den heutigen, dem Stand der Technik entsprechenden Wärmepumpen keine nachvollziehbaren Kennlinien bei unterschiedlichen Betriebspunkten gibt. Diese sind in genauen Messreihen zu erheben.

Folgende Ziele sind unter dem Aspekt einer optimalen Energieausnutzung und höchst möglichen Qualitätsheuproduktion zu betrachten:

- Energieverbrauchswerte einer modernen Entfeuchtertrocknungsanlage mit neuester Steuerungstechnik – unterschiedliche Witterungsbedingungen und Trocknungsgutarten
- Optimale Betriebskombinationen verschiedener Trocknungssysteme (Entfeuchtertrocknung, solare Unterdachtrocknung, Bypassluftführung)
- Bestmögliche Beschickung von Heutrocknungsboxen: Die Beschickung der Trocknungsboxen erfolgt bei großen Anlagen in den meisten Fällen mittels Altbaukran. Die sorgfältige Befüllung ist für einen gleichmäßigen Abtrocknungsverlauf innerhalb einer Charge extrem wichtig. Verschiedene Befüllvarianten sollen hinsichtlich des Abtrocknungsverhaltens hin untersucht werden.
- Optimale Schnittlängen bei unterschiedlichen Futterstrukturarten: In der Praxis wird das Futter sehr unterschiedlich lang eingefahren. Einzelne Betriebe ernten das Trocknungsfutter sogar mit einem Kurzschnittladewagen, wie er bei Silagebetrieben zum Einsatz kommt. Damit sind Schnittlängen bis 33 mm möglich. Es soll geklärt werden, inwieweit diese kurzen Schnittlängen zur gleichmäßigen Befüllung und Abtrocknung beitragen können oder ob sogar mit negativen Auswirkungen zu rechnen ist.

3.2 Bereich Futterkonservierung und Futterhygiene

Gesundheit und Leistung landwirtschaftlicher Nutztiere hängen neben der Nährstoffzusammensetzung und der Energiedichte auch wesentlich von der mikrobiellen Qualität der eingesetzten (Grund-)Futtermittel ab. Die chemische und mikrobiologische Untersuchung ist dabei eine grundlegende Möglichkeit, Futtermittel im Hinblick auf die im Sinne maximaler Lebensmittelsicherheit geforderte Güte und Unverdorbenheit, in deren graduellen Abstufungen im Vergleich zur normalen Beschaffenheit zu beurteilen.

In den vergangenen Jahrzehnten wurde im Grundfutterbereich hauptsächlich die Silagekonservierung studiert, Raufutter war kein wichtiges Thema. Wissen über die Qualität von Heu und Grummet, das auf der Basis von exakten Versuchsbedingungen ermittelt wurde, ist in Österreich speziell im Zusammenhang mit modernen Trocknungsverfahren, wie der Entfeuchtungstrocknung, nicht vorhanden.

Ein prozessorientierter, dynamischer Ansatz soll gegenüber statischen bzw. punktuellen Untersuchungen einen absoluten Wissensgewinn bringen, weil Schwachstellen von Raufutter-Trocknungsverfahren in punkto Futterqualität und Futterhygiene über den Konservierungs- und Lagerungszeitraum hinweg aufgedeckt werden können.

Es sind keine auf Experimenten basierenden Studien bekannt, welche vier Konservierungsverfahren (Silage, Heu-Bodentrocknung, Heu-Kaltbelüftung, Heu-Entfeuchtungstrocknung) bei gleichem Ausgangsmaterial (Grünlandfutter) im Hinblick auf mengen- und qualitätsmäßige Feld- bzw. Verfahrensverluste bei der Konservierung und Lagerung untersuchten. Hier besteht in der landwirtschaftlichen Praxis wohl der größte Wissensbedarf.

Wichtige Ansatzpunkte des Projektes liegen in der Aufklärung der Frage nach einem Einfluss der unterschiedlichen Trocknungsverfahren auf

- Veränderung der Futterqualität (Nährstoffe, Verdaulichkeit, Energiedichte, Mineralstoffe, Zucker, Beta-Karotin) während des Konservierungs- und Lagerungsprozesses
- Bewertung der chemischen und organoleptischen Qualität von Heuproben
- Keimzahldynamik und Zusammensetzung der Mikroflora
- Beurteilung der mikrobiologischen Qualität von Heuproben

Nicht zuletzt im Zuge eines innerbetrieblichen Infektionszyklus oder in Zusammenhang mit fehlerhaften Maßnahmen bei der Heuwerbung kann sich auch bei Heu eine erhöhte Belastung mit Clostridien entwickeln. Es soll abgeklärt werden,

- ob bzw. inwieweit einzelne Trocknungsverfahren, insbesondere die Bodentrocknung von Heu, zu einer vergleichsweise höheren Belastung des Futters mit erdigen Verschmutzungen und damit zu verstärktem Eintrag von Clostridien beitragen.

Im frischen Erntegut der einzelnen Versuchsvarianten soll zunächst eine mögliche

- Listerienkontamination untersucht werden. Im Falle eines positiven Befundes soll nachfolgend eine fortlaufende Beprobung im Zuge des Konservierungsprozesses weitere Erkenntnisse zur Nachweisbarkeit und zur Belastung von Heu mit diesen pathogenen Bakterien liefern.

3.3 Bereich Futterwert und tierische Leistungen

Aufgrund der starken Verbreitung der Silowirtschaft, ist sowohl die Verfütterung von hohen Rationsanteilen Heu auf Milchviehbetrieben als auch Forschung zum Futterwert von Heu hintan getreten. In der Literatur sind nur begrenzt Fütterungsversuche mit Milchkühen zu finden, bei denen reine Heurationen eingesetzt wurden. Und in jenen Fällen waren die Fragestellungen nicht auf die Trocknungsverfahren des Heus ausgerichtet.

- Futteraufnahme und Milchleistung von leistungsstarken Milchkühen bei Verfütterung von Heu, hergestellt durch verschiedene Trocknungsverfahren (Bodentrocknung, Kaltbelüftung, Entfeuchtertrocknung), im Vergleich zu einer Kontrollgruppe mit Grassilage (Produktionskennzahlen – Milcherzeugungswert)
- Nährstoffverdaulichkeiten der Versuchsfutter *in vivo* (Futterwert)
- Ruminale Abbaubarkeit der Trockenmasse und Nährstoffabbau der Versuchsfutter *in situ* mit pensen fistulierten Ochsen (Abbaukinetik – Futterwert)
- Protein- und Kohlenhydratfraktionen der Versuchsfutter nach dem Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS)
- Pansenphysiologische Untersuchungen mittels Pansen-sensor (pH-Wert, Temperatur) unter den Bedingungen des Fütterungsversuches mit Milchkühen

Die Exaktversuche zum Futter- und Milcherzeugungswert tragen dazu bei, eine ganzheitliche Bewertung der verschiedenen Konservierungsverfahren von Wiesenfutter treffen zu können.

Die kontinuierliche Messung des pH-Wertes mittels Pansen-sensoren stellt nicht nur eine innovative Methode zur Beurteilung der Bedingungen im Pansen dar, sondern führt in Kombination mit den kontrollierten Fütterungsbedingungen zu Aussagen hinsichtlich der Gefahr einer Übersäuerung beim Einsatz von hochqualitativem Heu mit niedrigem Rohfaser- und hohem Zuckergehalt, welches aus der Entfeuchtertrocknung zu erwarten ist. Diese Beobachtungen stellen bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit dieses Trocknungsverfahrens wertvolle Zusatzinformationen dar, da subakute Pansenazidosen zu niedrigeren Nutzungsdauern der Kühe führen und ökonomisch ins Gewicht fallen.

3.4 Bereich Milchqualität

Kenntnisse zum Einfluss des Konservierungsverfahrens auf die Milchsäurezusammensetzung bestehen hinsichtlich der Unterschiede zwischen Silage- und Heufütterung. Versuchsdaten zu unterschiedlichen Trocknungsverfahren von Heumilch sind bisher nicht erhoben worden.

- Fettsäurezusammensetzung der Milch bei Verfütterung von Heu, getrocknet mittels unterschiedlicher Verfahren

4. Versuchsdurchführung

Der Versuch wird am LFZ Raumberg-Gumpenstein über zwei Vegetationsperioden (2010, 2011) durchgeführt. Bei der verwendeten Futterfläche handelt es sich um eine 4-schnittige Dauerwiese.

Die Hauptversuchsfrage ist der Vergleich folgender Konservierungsverfahren von Wiesenfutter:

- Silage = Kontrolle
- Bodentrocknung
- Kaltbelüftung
- Entfeuchtertrocknung

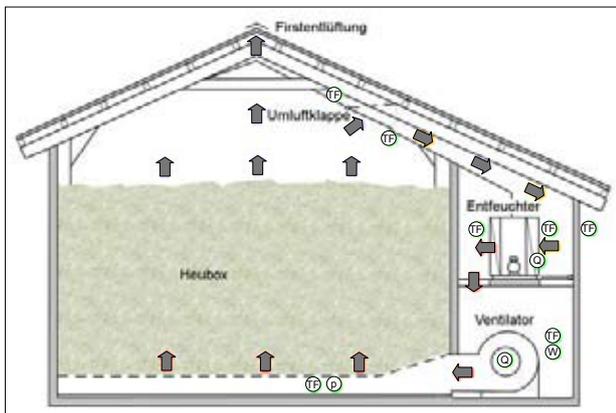


Abbildung 3: Anlagenschema der Heutrocknungsanlage im Mehrzweckversuchsstall des LFZ Raumberg-Gumpenstein (TF = Temperatur/relative Luftfeuchtigkeit, p = statischer Differenzdruck, Q = Volumenstrom, W = elektrische Arbeit und Leistung)

In *Abbildung 3* findet sich ein vereinfachtes Anlagenschema der Heutrocknungsanlage mit Luftentfeuchter-Wärmepumpe. Bei der modernen Anlage kommen folgende innovative Komponenten zum Einsatz:

- Ein frequenzgesteuerter Ventilator mit variablem Volumenstrom: Damit ist eine bessere Anpassung an die Futterbeschaffenheit, die Chargengröße und an den Trocknungszustand des Ausgangsmaterials möglich. Eine besondere Druckstabilität des Ventilators ist für den Betrieb des Luftentfeuchters und besonders für eine solare Luftanwärmung wichtig.
- Eine neu entwickelte Entfeuchter-Wärmepumpe mit variabler Kompressor-Drehzahl: Eine automatische Einhaltung eines günstigen Betriebszustandes und die Vermeidung einer Verdampfervereisung werden ermöglicht.
- Eine automatische Steuerung von Ventilator und Entfeuchter: Die bestmögliche Ausnutzung eines begrenzten elektrischen Anschlusswerts (50 Ampere) wird gewährleistet. Bei geringer Leistungsaufnahme des Entfeuchters oder dessen automatischer Abschaltung bei gutem Wetter kann damit ein wünschenswerter, verstärkter Luftdurchsatz erreicht werden. Die automatische Steuerung der Betriebsart des Luftentfeuchters je nach Temperatur oder Feuchtigkeit der Außenluft wird über eine elektrisch oder elektrohydraulisch betätigte Umschaltklappe erreicht. Auf diese Weise kann über eine Kombination von Frischluft- und Umluftbetrieb eine hohe Trocknungsleistung erzielt werden.

In *Tabelle 4* findet sich eine Übersicht des Versuchsplanes des Projektes.

Danksagung

Der Fa. Heutrocknung SR sei an dieser Stelle für die kostenlose Bereitstellung der Trocknungsanlage für die Versuchsdauer und fachliche Anregungen bei der Konzeption des Projektes besonders gedankt. Weiterer Dank ergeht an die Projektpartner (Universität für Bodenkultur Wien, DI G. Wirleitner) für ihren Einsatz bei der Planung und Vorbereitung und vorab, für ihre Unterstützung bei der Durchführung, sowie dem BMLFUW für die Genehmigung und Finanzierung dieses Projektes.

Tabelle 4: Versuchsdurchführung Projekt „Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Nährstoffverluste, Futterwert, Milchproduktion, und Milchqualität“ (URDL et al. 2010)

Versuchsvarianten	Silage (Rundballen) = Kontrolle Bodentrocknung Kaltbelüftung Entfeuchtertrocknung	
Versuchsdauer	2 Vegetationsperioden (2010, 2011)	
Arbeitspaket	Arbeitsplan / Untersuchungsparameter	
Technik	<i>Rein technische Versuche – Versuchsvarianten Entfeuchtertrocknung</i> Betrieb bei unterschiedlichen Leistungsverhältnissen (Gebläse : Wärmepumpe = 1 : 0,5; 1 : 1; 1 : 2) Schnittlänge: ungeschnitten und Kurzschnitt Zwei unterschiedliche Beschickungsvarianten Steuerungsoptimierung im Vollbetrieb mit Nutzung aller Energiequellen (solare Unterdachabsaugung, Entfeuchteranlage)	<i>Herstellung Versuchsfutter für Fütterungsversuche</i> Wetterdaten am Feld (Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit) Arbeitsgänge in Zeitprotokoll (nicht Arbeitszeiten): Mähen / Zetten / Schwaden / Ernten Ertragsermittlung Feldverluste: Bröckel- und Aufnahmeverluste mittels Saugmethode Massenermittlung: Wägung jeder Fuhre (Silage → Rundballen) vor der Einlagerung, bei Entnahme des Versuchsfutters Die Entfeuchtertrocknung erfolgt bei einer fixen Einstellung (Leistungsverhältnis Wärmepumpe : Gebläse) ohne Zuschaltung der Unterdachabsaugung, nur bei Bedarf (Trocknungsfähigkeit der Außenluft) Bypassluftführung
Konservierung	Botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes der Versuchsfläche Futterqualität Ausgangsmaterialien / nach der Feldphase (Startphase Konservierungsprozess) / während Konservierungsprozess (7 – 14 – 30 – 60 – 100 – 140 Tage nach Mahd) / Endmaterial (Fütterungsbeginn): chemische, sensorische und NIR-Analyse (inkl. β -Carotin, Zucker)	
Mikrobiologie	Heuproben Einfuhr Erntegut: Keimzahl aerobe, mesophile Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwärzepilze, Listerien, sulfitreduzierende Clostridien sporen Dynamik während Konservierungsprozess: Bakterien, Schimmelpilze und Hefen (Proben für Sonderfragen: Schichteffekte, Verstaubung / erdige Verschmutzung, positiver Listerienbefund)	
Viehwirtschaftliche Versuche	Fütterungsversuch mit Milchkühen: Lateinisches Quadrat mit 16 Kühen (4 Perioden á je 4 Wochen), reine Heu- bzw. Silagefütterung, Kraftfutter und Mineralstoffergänzung bedarfsgerecht; Einsatz von Pansensensoren (kontinuierliche Messung von pH-Wert und Temperatur) bei pansenfistulierten Kühen Verdauungsversuche mit Hammeln (GfE 1991): Prüffutter = Mischung aller Aufwüchse, nach Erträgen anteilmäßig gewichtet Inkubationsversuche mit pansenfistulierten Ochsen: Trockenmasse- und Nährstoffabbauverhalten <i>in situ</i> von allen Schnitten jeder Versuchsvariante (4 Varianten \times 4 Schnitte = 16 Proben / Versuchsjahr)	
Milchqualität	Fettsäurezusammensetzung der Milch aus dem Fütterungsversuch: Proben von allen Versuchskühen in der letzten Woche jeder Periode	
Ökonomie	Ökonomische Gesamtbewertung der Verfahren auf der Basis aller in den Exaktversuchen erhobenen Daten	

5. Literatur

- ADLER, A., 2002: Qualität von Futterkonserven und mikrobielle Kontamination. Bericht, 8. Alpenländisches Expertenforum „Zeitgemäße Futterkonservierung“. BAL Gumpenstein, 17-25.
- ADLER, A., 2009: Orientierungswerte für Keimzahlen in Heu. ALVA-Jahrestagung 2009 „Landwirtschaft – Grundlage der Ernährungssicherung: regional oder global?“, 18.-19. Mai 2009, Tagungsband, 193-195.
- AMMANN, H. und U. WYSS, 2007: Feuchtheu als mögliche Konservierungsart für Raufutter – Feuchtheu im Vergleich mit anderen Konservierungsverfahren. ART-Berichte Nr. 685, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 12 S.
- ARRIGO, Y., 2006: Einfluss der Konservierung auf den Aminosäuregehalt des Futters. Agrarforschung 13 (7), 272-277.
- ARRIGO, Y., 2007: Verdaulichkeit und Mineralstoffgehalte von konserviertem Futter. Agrarforschung 14 (8), 370-375.
- BAUMGARTNER, J., 1987: Heu- und Maistrocknung mit Wärmepumpe. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, Schweiz, FAT Bericht Nr. 324.
- BAUMGARTNER, J., 1989: Heu- und Maistrocknung mit Luftentfeuchter-Wärmepumpe. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, Schweiz, FAT Bericht Nr. 370.
- BAUMGARTNER, J. 1991: Die Heubelüftung von A bis Z. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, Schweiz, FAT, FAT-Bericht Nr. 406 S.1-32
- BAUMGARTNER, J., 1993: Solare Heutrocknung – Tag und Nacht? Technisch fragwürdig wirtschaftlich machbar. Eidg. Forschungsanstalt

- für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, Schweiz, FAT Bericht Nr. 430.
- BAUMGARTNER, J. 1994: Gras trocknen mit Wärmepumpe. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, Schweiz, FAT, FAT-Bericht Nr. 447 S. 1-6.
- BAUMGARTNER, J., 1996: Steuergeräte für die Heubelüftung. Ein breites Angebot lädt zum Stromsparen ein. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon, Schweiz, FAT Bericht Nr. 478.
- BAUMGARTNER J., 1997. Ballentrocknen um jeden Preis? Schweizer Landtechnik 10, 14-15.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), 2009: Grüner Bericht 2009 – Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft, 337 S.
- BORREANI, G., D. GIACCONE, A. MIMOSI und E. TABACCO, 2007: Comparison of hay and haylage from permanent alpine meadows in winter dairy cow diets. *J. Dairy Sci.* 90, 5643-5650.
- BUCHGRABER, K., 2009: Qualitätsveränderungen bei der Lagerung von Silage und Heu. In Bericht: 15. Alpenländisches Expertenforum „Grundfutterqualität - aktuelle Ergebnisse und zukünftige Entwicklungen“, 26. März 2009. Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, 73-79.
- CALDERÓN, F., B. CHAUVEAU-DURIOT, P. PRADEL, B. MARTIN, B. GRAULET, M. DOREAU und P. NOZIÈRE, 2007: Variations in carotenoids, vitamins A and E, and color in cow's plasma and milk following a shift from hay diet to diets containing increasing levels of carotenoids and vitamin E. *J. Dairy Sci.* 90, 5651-5664.
- CAMPBELL, R. 1985: Plant microbiology. Edw. Arnold Publ. Ltd., London.
- DEWHURST, R., K. SHINGFIELD, M. LEE und N. SCOLLAN, 2006: Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 168-206.
- DICKINSON, C.H. 1976: Fungi on the aerial surfaces of higher plants. In: DICKINSON, C.H. und T.F. PREECE (Eds.): *Microbiology of aerial plant surfaces*. Academic Press, London, 293-324.
- DOREAU, M. und A. DIAWARA, 2003: Effect of level of intake on digestion in cows: influence of animal genotype and nature of hay. *Livest. Prod. Sci.* 81, 35-45.
- ELGERSMA, A., S. TAMMINGA und G. ELLEN, 2006: Modifying milk composition through forage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 207-225.
- FORMAYER, H., A. WEBER, S. ECKHARDT, G. VOLK, J. BOXBERGER und H. KROMP-KOLB, 2000: Endbericht zum Projekt „Ermittlung der verfügbaren Feldarbeitstage für die Landwirtschaft in Österreich. BMLF, Wien.
- GINDL, G., 2002: Zeitgemäße Heubereitung und Heuqualität in der Praxis. Bericht über das 8. Alpenländische Expertenforum, 9.-10. April 2002, Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, 67-72.
- GLASSER, F., A. FERLAY und Y. CHILLIARD, 2008: Oilseed supplements and fatty acid composition of cow milk: A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 91, 4687-4703.
- GREIMEL, M., A. PÖLLINGER und A. STEINWIDDER 1998: Trocknungsanlagen rechnen sich immer seltener, *Fortschrittlicher Landwirt*, Heft 4-1998, Seite 8.
- GRUBER, L. und R. RESCH, 2009: Zur Mineralstoffversorgung von Milchkühen aus dem Grund- und Kraftfutter – Modellrechnungen auf Basis aktueller Analyseergebnisse. 36. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 16.-17. April 2009, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, 41-75.
- HILFIKER, J., 1989: Betriebswirtschaftlicher Vergleich zwischen Bodentrocknung und Heubelüftung. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT) Tänikon, FAT-Bericht Nr. 371, 1-7.
- HOLPP, M., 2004: Trocknung von Rundballen – Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit. *Agroscope FAT Tänikon*, FAT Bericht Nr. 616, 12 S.
- LAVILLE-STUDER, K., 1990: Wie wirtschaftlich sind künstliche Trocknungsverfahren?. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT) Tänikon, FAT-Bericht Nr. 384, 1-10.
- LEIBER, F., 2005: Causes and extent of variation in yield, nutritional quality and cheese-making properties of milk by high altitude grazing of dairy cows. Diss. ETH Zürich No. 15735, 132 S.
- LEONARDI, C. und L.E. ARMENTANO, 2003: Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 557-564.
- LUDER, W., 1982: Ermittlung der Erntegelegenheiten und des Verlustrisikos aufgrund von Klimadaten. Abhandlung zur Erlangung der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, Diss. Nr. 6981 S. 37-71.
- McDONALD, P., A.R. HENDERSON und S.J.E. HERON 1991: *The biochemistry of silage*. 2nd ed., Chalcombe Publications, Marlow, Bucks, UK
- NOZIÈRE, P., B. GRAULET, A. LUCAS, B. MARTIN, P. GROLIER und M. DOREAU, 2006a: Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 418-450.
- NOZIÈRE, P., P. GROLIER, D. DURAND, A. FERLAY, P. PRADEL und B. MARTIN, 2006b: Variations in carotenoids, fat-soluble micronutrients, and color in cows' plasma and milk following changes in forage and feeding level. *J. Dairy Sci.* 89, 2634-2648.
- NYDEGGER, F., 1991: Sonnenkollektoren für die Heubelüftung – Planen und Realisieren. FAT-Bericht Nr. 407 S. 1-20.
- NYDEGGER, F., G. WIRLEITNER, J. GALLER, A. PÖLLINGER, L. VAN CAENEGEM, H. WEINGARTMANN und H. WITTMANN, 2009: Qualitätsheu durch effektive und kostengünstige Belüftung. *Der Fortschrittliche Landwirt*, ÖAG-Sonderbeilage 3/2009, 12 S.
- OTT, A., H. AMMANN, R. HILTY und E. NÄF, 1995: Großballentechnik ikm Vergleich mit Flachsilo und Heubelüftung. FAT, Tänikon (CH), *Der Fortschrittliche Landwirt*, Sonderbeilage Heft Nr. 14
- PÖLLINGER, A., 2003: Vergleich unterschiedlicher Heutrocknungsverfahren. Gumpensteiner Bautagung, Tagungsband, S 63-67.
- PÖLLINGER, A., R. RESCH, F. HANDLER, M. NADLINGER, E. BLUMAUER, H. WEINGARTMANN, J. PAAR, M. DOBRETSBERGER und S. FLECKER, 2008: Rundballenpressen mit variabler Presskammer – Futterqualität bei Silage und Heutrocknung. Abschlussbericht, Projektnr. 3526. LFZ Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning, 14 S.
- PÖLLINGER, A., 2009: Gärheu als alternative Konservierungsform für Grünlandfutter. Bericht über das 15. Alpenländische Expertenforum, 26. März 2009, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 67-72.
- PÖTSCH, E.M., A. ADLER, P. PLESS, A. DEUTZ und W. OBRITZHAUSER, 2001: Zum Auftreten von Listerien in Steirischen

- Milchviehbetrieben. Bericht ALVA-Tagung „Landwirtschaftliche Qualitätsprodukte – Basis für hochwertige Nahrungsmittel“. Wolfpassing, 125-126.
- RADAJEWSKI, W., T.G. FRANKLIN, E.J. MCGAHAN, D. GAYDON, S. WOLSKI und F.P. SCHEER, 1994: Economical and technical aspects of hay production, Congress in Milano.
- REISS, J., 1986: Schimmelpilze – Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung. Springer-Verlag Berlin
- RESCH, R., 2007: Neue Futterwerttabellen für den Alpenraum. 34. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 19.-20. April 2007, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2007, 61-75.
- RESCH, R., 2008: Heumeisterschaft 2008 – Erste Ergebnisse. Fütterungsreferententagung, 24.-26. September 2008, Reichersberg, 16 S.
- SCHAEREN, W., J. MAURER und W. LUGINBÜHL, 2005: Kaum Unterschiede zwischen Silo- und silofreier Milch. Agrarforschung 12(1), 34-39.
- SCHULZ, H. und H. MITTERLEITNER, 1987: Techniken zur Erzeugung von Qualitätsheu. Abschlußbericht über ein Entwicklungs- und Erprobungsvorhaben für das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- SHINGFIELD, K.J., S. JAAKOLA und P. HUHTANEN, 2002a: Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on diet digestibility, rumen fermentation, blood metabolite concentrations and nutrient utilisation of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 97, 1-21.
- SHINGFIELD, K.J., S. JAAKOLA und P. HUHTANEN, 2002b: Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on intake, feeding behaviour and milk production of dairy cows. *Anim. Sci.* 74, 383-397.
- SHINGFIELD, K.J., P. SALO-VÄÄNÄNEN, E. PAHKALA, V. TOIVONEN, S. JAAKOLA, V. PIIRONEN und P. HUHTANEN, 2005: Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on the fatty acid composition and vitamin content of cow's milk. *J. Dairy Res.* 72, 349-361.
- SKOVGAARD, N. und C.-A. MORGEN, 1988: Detection of *Listeria* spp. in faeces from animals, in feeds, and in raw foods of animal origin. *Int. J. Food Microbiol.* 6, 229-242.
- SLADE, P.J., E.C. FISTROVICI und D.L. COLLINS-THOMPSON 1989: Persistence at source of *Listeria* spp. in raw milk. *Int. J. Food Microbiol.* 9, 197-203.
- STRAUSS, G. und M. SCHOCH, 2003: Veränderung der mikrobiologischen Heu- und Strohqualität in Rheinland-Pfalz. Kurzfassungen der Referate, 115. VDLUFA-Kongress, Saarbrücken, 152-153.
- TIEFENTHALLER, F., 2009a: Ist Heu als Futtermittel wieder interessant? ALVA-Jahrestagung 2009 „Landwirtschaft – Grundlage der Ernährungssicherung: regional oder global?“, 18.-19. Mai 2009, Tagungsband, 203-205.
- TIEFENTHALLER, F., 2009b: Entwicklung der Qualität von Silagen und Heu im österreichischen Grünland – Konsequenzen für die Fütterungspraxis. Bericht über das 15. Alpenländische Expertenforum, 26. März 2009, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 25-28.
- Van CAENESEM, L., H. BOLLHALDER, R. DÖRFLER, C. GAZZARIN, F. NYDEGGER, H.-R. OTT, A. PASCA und A. SCHMIDLIN, 2009: Thermische Nutzung von In-Dach-Photovoltaikanlagen. Wärme für Trocknungszwecke nutzen und gleichzeitig mehr Strom produzieren. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen, FAT Bericht Nr. 709.
- VERBIČ, J., E.R. ØRSKOV, J. ŽGAJNAR, X.B. CHEN und V. ŽNIDARŠIČ-PONGRAC, 1999: The effect of forage preservation on the protein degradability and microbial protein synthesis in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 82, 195-212.
- VERDIER-METZ, I., J.-B. COULON, P. PRADEL, C. VIALON und J.-L. BERDANGUÉ, 1998: Effect of forage conservation (hay or silage) and cow breed on the coagulation properties of milks and on the characteristics of ripened cheeses. *J. Dairy Res.* 65, 9-21.
- VLAEMINCK, B., V. FIEVEZ, A. CABRITA, A. FONSECA und R. DEWHURST, 2006: Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 389-417.
- WEINGARTMANN, H. und HUBER, 1985: Ist die Heubelüftung mit solarer Luftanwärmung wirtschaftlich? *Praktische Landtechnik* 38, 170-174.
- WEINGARTMANN, H., 1988: Solarenergienutzung bei der Unterdachd Trocknung von Welkheu. *Landtechnische Schriftenreihe des ÖKL*, H. 149
- WEINGARTMANN, H., 1989: Heubelüftung mit solarer Luftanwärmung. *Landtechnik (BRD)*, 44, H. 4
- WEINGARTMANN, H., 1990: Probleme der Rundballenkette bei Heu. *Praktische Landtechnik* Nr. 5, S. 3-4
- WEINGARTMANN, H., 2002: Technik und Perspektiven in der Heutrocknung. 8. Alpenländisches Expertenforum, 9.-10. April 2002, Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irdning, 63-65.
- WYSS, U., I. MOREL und M. COLLOMB, 2007: Einfluss der Verfütterung von Grünfutter und dessen Konserven auf das Fettsäurenmuster von Milch. Bericht über das 13. Alpenländische Expertenforum, 29. März 2007, LFZ Raumberg-Gumpenstein, 15-20.

Bericht

37. Viehwirtschaftliche Fachtagung

Herausgeber:

Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning

Druck, Verlag und © 2010

ISBN-13: 978-3-902559-42-5

ISSN: 1818-7722