

49. Viehwirtschaftliche Fachtagung

Standortgerechte Landwirtschaft
Neues aus der Milchleistungsprüfung
Fütterung und Management
Grundfutter
Rindermast



49. Viehwirtschaftliche Fachtagung

Standortgerechte Landwirtschaft
Neues aus der Milchleistungsprüfung
Fütterung und Management
Grundfutter
Rindermast

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Landwirtschaft

Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal

raumberg-gumpenstein.at

Für den Inhalt verantwortlich: Die AutorInnen

Fotonachweis: Edina Scherzer (S. 43), Annette Jilg (S. 63, 64), Roland Kitzer (S. 185)

Gestaltung: Andrea Stuhlfarrer, Alexandra Eckhart

ISBN: 978-3-902849-89-2

Alle Rechte vorbehalten

Irdning-Donnersbachtal 2022

Inhaltsverzeichnis

Standortgerechte Landwirtschaft: Flucht nach vorne?	5
Thomas Guggenberger und Georg Terler	
Erste Ergebnisse aus dem praktischen Einsatz von FarmLife-Welfare in Österreich und zur Gewichtung der Teilbereiche	19
Elfriede Ofner-Schröck, Thomas Guggenberger, Edina Scherzer und Andreas Steinwidder	
Warum Klimaneutralität und Wiederkäuerhaltung kein Widerspruch ist	33
Wilhelm Windisch	
Standortgerechte Landwirtschaft: Was ist am Betrieb zu tun?	41
Edina Scherzer und Reinhard Scherzer	
Werte für die Zukunft aktiv kommunizieren	45
Hannes Royer	
Datenvernetzung in der Milchleistungsprüfung: Vorteile durch die Nutzung von Melkroboter- und Tankmilchdaten für Betriebe	49
Gerhard Lindner	
MIR kann mehr: Nutzung des Infrarot-Spektrums der Milch von Kühen für Gesundheitsmanagement und Zucht	55
Lisa Rienesl, Andreas Steinwidder, Astrid Köck, Christa Egger-Danner und Johann Sölkner	
Mais-Stangenbohnen-Silage: Siliereigenschaften und Eignung für die Milchviehfütterung	63
Elisabeth Gerster, Annette Jilg, Daniel Brugger und Thomas Jilg	
Zuckerheu als Alternative zu Kälber-TMR in der Kälberfütterung – Effekte auf Futteraufnahme und Tageszunahme	75
Georg Terler, Gregor Poier, Daniel Eingang, Fenja Klevenhusen und Qendrim Zebeli	
Zuckerheu als Alternative zu Kälber-TMR in der Kälberfütterung – Effekte auf Verdauungsphysiologie mit Praxisempfehlungen	85
Qendrim Zebeli, Georg Terler, Gregor Poier und Fenja Klevenhusen	

Untersuchungen zur Aktualisierung der Futterbewertung im Futtermittellabor Rosenau Teil 1: Beschreibung des Projektes und Ergebnisse der chemischen Analysen.....	97
Gerald Stögmüller, Leonhard Gruber, Stefanie Gappmaier, Thomas Guggenberger und Georg Terler	
Untersuchungen zur Aktualisierung der Futterbewertung im Futtermittellabor Rosenau Teil 2a: Ergebnisse zur Verdaulichkeit und Energiebewertung von Wiesenfutter auf Basis einer Meta-Analyse spezifischer Verdauungsversuche an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein.....	107
Leonhard Gruber, Thomas Guggenberger, Stefanie Gappmaier, Georg Terler, Anton Schauer und Julia Wöber	
Untersuchungen zur Aktualisierung der Futterbewertung im Futtermittellabor Rosenau	
Teil 3: Ergebnisse der Analysen mit dem erweiterten HFT und der CNCPS-Proteinbewertung von Wiesenfutter, Feldfutter und Maissilage.....	143
Stefanie Gappmaier, Leonhard Gruber, Thomas Guggenberger, Katharina Gassner-Speckmoser, Georg Terler, Anton Schauer und Gerald Stögmüller	
Intensive Ochsenmast mit Maissilage – Überblick und Praxisbericht.....	155
Wolfgang Stromberger	
Schlachtleistungsmerkmale von Almrindern: Einfluss von Rasse und Schlachtermin nach Alpung.....	163
Margit Velik, Christina Hell und Andreas Steinwidder	
Stressfreie Schlachtung von Rindern – eine Feldstudie.....	181
Roland Kitzer	

Standortgerechte Landwirtschaft: Flucht nach vorne?

Site adapted agriculture: Taking the bull by the horns?

Thomas Guggenberger^{1*} und Georg Terler¹

Zusammenfassung

Seit Oktober 2021 steigen die Preise landwirtschaftlicher Betriebsmittel dramatisch an. Der Anstieg ist begründet und wird lange anhalten. Die Verkaufspreise für Milch und Fleisch folgen der Entwicklung nur bedingt. Mit dauerhaften Einkommensrückgängen oder gar Verlusten, vor allem in der konventionellen Landwirtschaft, muss gerechnet werden. Der einzelne Betrieb kann dieser Situation durch eine alleinige Änderung in der Betriebsmittelabhängigkeit und Produktionskompetenz nur bedingt entkommen. Für eine dauerhafte Lösung muss die gesamte Wertschöpfungskette eine Neupositionierung der konventionellen Landwirtschaft vornehmen. Diese wird nur dann gelingen, wenn gesellschaftliche Werte direkt in das Produktionskonzept aufgenommen werden. In der Form einer *Standortgerechten Landwirtschaft* finden Konsumentinnen und Konsumenten viele ihrer aktuellen Wünsche an die Landwirtschaft realisiert. Die Betriebsfläche und ihre Fruchtbarkeit rücken ebenso in den Mittelpunkt wie die Tiere und ihr Wohlbefinden. Enger geschlossene Kreisläufe senken Verluste aller Art. Das fördert die Umweltverträglichkeit der Landwirtschaft und leistet einen wertvollen Beitrag zum Klimaschutz, was sich in gesellschaftlicher Wertschätzung abbildet. Die konventionelle Milchwirtschaft in Österreich muss für diese Neupositionierung keine dramatische Kurskorrektur vornehmen. In einem Makromodell wird in dieser Arbeit für 25.296 Milchviehbetriebe die Übereinstimmung zwischen der aktuellen Lieferleistung im Jahr 2018 und der nach dem Konzept der *Standortgerechten Landwirtschaft* potentiell möglichen Lieferleistung verglichen. 10,8 % der Milchmenge wird derzeit offensichtlich über dieses Konzept hinaus produziert. 83,8 % kann als standortgerecht bezeichnet werden, wobei rund 1/3 dieser Mengen von Betrieben mit unterdurchschnittlicher Performance kommt. Wir empfehlen der konventionellen Milchwirtschaft eine rasche, proaktive Flucht in das Konzept der Standortgerechten Landwirtschaft.

Schlagwörter: Produktionskosten, Standortbedingungen, Umweltwirkungen, Klimaschutz, Vermarktungschancen

Summary

Since October 2021, the prices of agricultural commodities have been rising dramatically. The increase is explainable and will be continuing for a longer time. The sales prices for milk and meat follow the development to a limited extent, only. Permanent declines in income or even losses, especially in conventional agriculture, must be expected. The individual farm can only avoid this situation by decreasing its input dependency and increasing its production competence. For a lasting solution, the entire value chain must reposition conventional agriculture. This will only succeed, if social values are directly incorporated into the production concept. In the form of *site-adapted agriculture*, consumers find many of their current wishes for agriculture realised. The farmland and its fertility is taken into focus, as well as the animals and their welfare. Closer cycles reduce

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

* Ansprechpartner: Dr. Thomas Guggenberger, email: thomas.guggenberger@raumberg-gumpenstein.at

losses of all kinds. This promotes the environmental compatibility of agriculture and makes a valuable contribution to climate protection, which is reflected in social appreciation. Conventional dairy farming in Austria does not have to make a dramatic course correction for this repositioning. In a macro model, this paper compares the correspondence between the current delivery performance in 2018 for 25,296 dairy farms and the potentially delivery performance according to the concept of site-adapted agriculture. Obviously, 10.8% of the milk volume are currently produced in excess of this concept. 83.8% can be described as site-adapted, with around 1/3 of these volumes coming from farms with below-average performance. We recommend that the conventional dairy industry quickly and proactively escape to the concept of site-adapted agriculture.

Keywords: production costs, site conditions, environmental impacts, climate protection, marketing opportunities

Einleitung

Neurobiologische Überlebensstrategien, tief in uns verwurzelt, sind unser Notfallsystem in kritischen Stresssituationen. Walter Cannon und Jeffrey Gray haben an Wildtieren, aber auch für den modernen Menschen, verschiedene Handlungsmöglichkeiten in akuten Notfällen beschrieben (CANNON 1975, GRAY 1987). Die beiden grundlegenden Strategien sind der Kampf und die Flucht. Für beide gilt, dass im Stoffwechsel schlagartig Hormone freigesetzt werden, damit der Körper wach und leistungsfähig wird. An diese Aktivierung muss der Körper, will er erfolgreich sein, auch noch eine längere Energie- und Nährstoffversorgungsphase anschließen. Die Frage ob man sich für den Kampf oder für die Flucht entscheidet, ist eine kognitive Fähigkeit, die damit zu tun hat, von welcher der zwei Möglichkeiten man sich mehr Erfolg verspricht. Üblicherweise ziehen Tiere, wenn möglich, immer die Flucht vor. Kampf entsteht, wenn Handlungsoptionen stark eingeschränkt werden. Als alternative Möglichkeit zum aktiven Handeln besteht aber mit dem Totstellen immer noch eine passive Variante. Hier geschieht genau das Gegenteil. Der Stoffwechsel wird maximal reduziert und das Individuum fällt in eine Schockstarre. Als passives Objekt verschmilzt es mit dem Umfeld und hofft so dem Konflikt zu entkommen. Dieser Beitrag, geschrieben im März 2022, bringt Gedanken aus den vergangenen Jahren in einem ungewollten Tempo an die Oberfläche des Geschehens. Was wir ab dem Jahr 2019 als „Ökoeffizienz“ vorgestellt und immer umfassender beschrieben haben (GUGGENBERGER et al. 2019, GUGGENBERGER et al. 2020b, GRASSAUER et al. 2021) um es im Jahr 2020 als „Standortgerechte Landwirtschaft“ auszuloben (GUGGENBERGER et al. 2020a), das benötigen wir jetzt sehr rasch um eine Gruppe heimischer Milchbauern vor größeren Schäden zu bewahren. Die angesprochene Gruppe ist typischerweise leistungsfähig und bildet den bedeutenden Teil des Rückgrates der konventionellen Landwirtschaft. Diese Leistung hängt zwar meistens auch mit den günstigeren Standortbedingungen der Betriebe zusammen, aber fast immer benötigen sie auch größere Mengen an Betriebsmitteln von den Märkten. Diese Abhängigkeit ist ein Segen, wenn aus der Differenz zwischen den Betriebsmittelkosten und den Erlösen des Produktverkaufes ein Einkommensbeitrag erwirtschaftet werden kann. Steigen die Kosten der Betriebsmittel an, wird die Beziehung zu einem Fluch, weil jede Produkteinheit nun aus dem Familieneinkommen gestützt werden muss (*Abbildung 1*). Solche Situationen treten in wirtschaftlich labilen Zeiten auf und dann ist auch keine finanzielle Stützung aus gemeinschaftlichen Geldtöpfen zu erwarten.

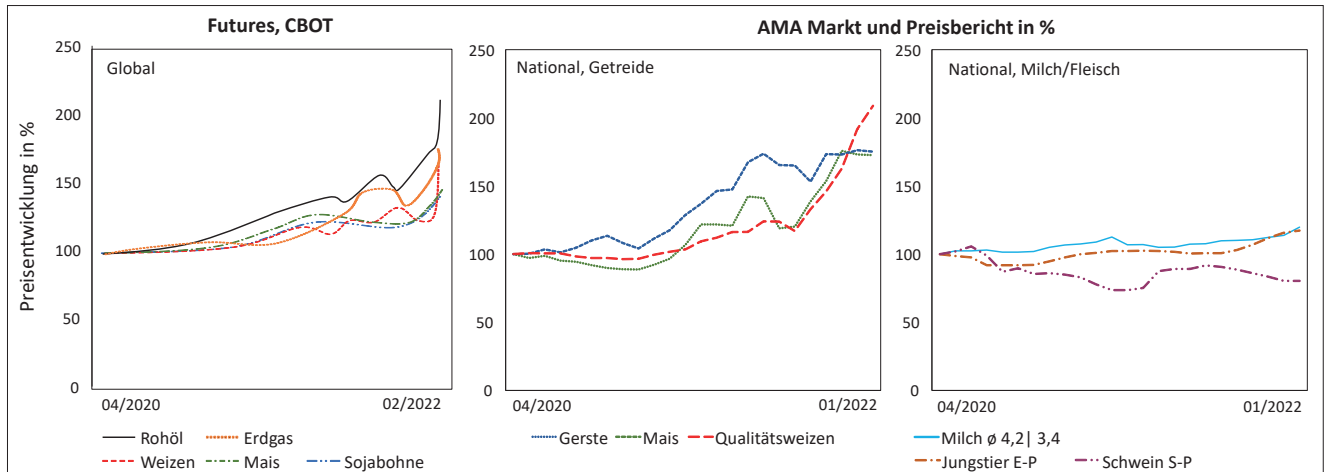


Abbildung 1: Preisentwicklung der wichtigsten Rohstoffe, Betriebsmittel und Produkte

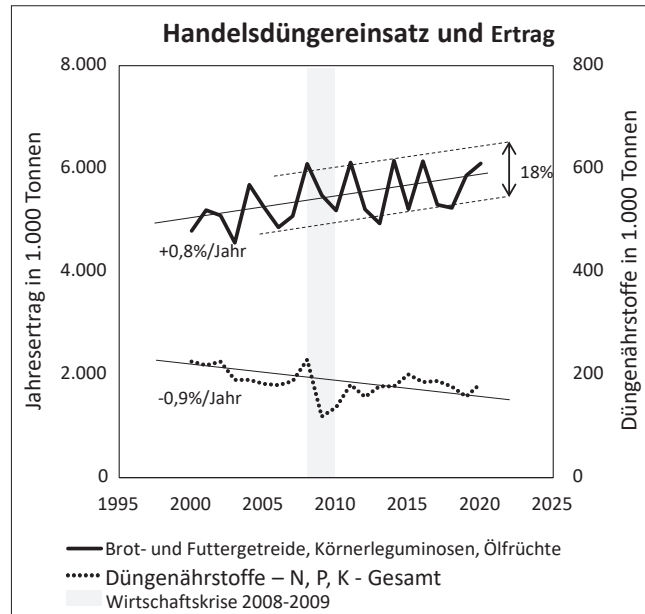
Der angesprochene Fluch wurde seit Sommer 2021 für immer mehr Betriebe zur unangenehmen Wirklichkeit, weil an den globalen und lokalen Märkten die Preise für Rohstoffe und Betriebsmittel überproportional angestiegen sind, während die Erlöse nur eine schwache positive Entwicklung erfahren haben. Futures, das sind verbindliche Handelsvereinbarungen, die z.B. am Chicago Board of Trade (CBOT) abgeschlossen werden, stiegen im letzten Handelsjahr für Rohöl und Erdgas um 100-200 % an (CBOT 2022). Das hat nicht nur starke Auswirkungen auf die Kosten für Treibstoffe, sondern hat im Vorfeld des Anbaujahres 2022 bereits die Preise für Düngemittel enorm nach oben getrieben. An diese Entwicklung haben sich die Handelspreise für die wichtigsten Futtergetreidesorten und Proteinfuttermittel angeschlossen. Diese haben im letzten Handelsjahr um 80-100 % angezogen. Das Bild der Futtergetreidepreise an der CBOT kann direkt an die Berichterstattung der Agrarmarkt Austria (AMA) angeschlossen werden (AGRARMARKT AUSTRIA 2022). Der nationale Erlös für die Durchschnittsmilch hat sich im vergleichbaren Zeitraum um 18 % erhöht. Das klingt zwar viel, geht aber selbst bei sehr extensiven Produktionsverfahren vollständig in den Kosten auf. Ähnliches gilt für Rindfleisch, für Schweinefleischproduzenten besteht derzeit wenig Hoffnung auf Wirtschaftlichkeit. Man braucht kein Prophet zu sein um die beschriebenen Entwicklung in die nächsten Monate/Jahre zu projizieren. Erdgas wird, ungeachtet der geplanten fossilen Wende, aus strategischen Gründen in Österreich ein knappes Gut, Kalkammonsalpeter (KAS) und Harnstoff werden oder bleiben teuer. Wir müssen annehmen, dass dies die Preise für Phosphor- und Kaliumdünger mitreißen wird. Im Frühjahr 2022 wird der Anbau in der Ukraine in Folge des dort wütenden Krieges nur bedingt gelingen und wir können nur erahnen, was der Mangel an Brot- und Futtergetreide im Winter 2022/2023 für Europa und Nordafrika noch bedeuten wird. Entspannung ist keine in Sicht!

Stressfaktoren im Jahr 2022

Die Konsequenzen des Anstiegs der Treibstoffpreise kann direkt über den Aufwand, dieser liegt in Österreich zwischen 70 und 140 Liter/ha, abgeschätzt werden (HERNDL et al. 2016, FARMLIFE 2020). Steigen die Aufwendungen z.B. um 100 € pro ha, dann steigen die Kosten pro Liter Milch um 1-2 Cent. Ein Engpass in der Beschaffung fossiler Treibstoffe zeichnet sich aber nicht ab. Änderungen in der Düngeintensität wegen fehlender oder nicht leistbarer Handelsdünger sind schwerer abschätzbar. *Abbildung 2* zeigt den Verlauf der Gesamtmenge an N, P und K-Dünger zwischen 2000 und 2020 (BMNT 2020a). Zugleich wird auch die Summe des Ertrages wichtiger Produkte aus dem Ackerbau dargestellt (BMNT 2020b).

Wir können im 20-jährigen Zeitraum beobachten, dass die Gesamtdüngemenge im Mittel um 0,9 % pro Jahr zurückging, gleichzeitig aber die Ertragserwartung im ähnlichen Ausmaß anstieg. Die Züchtung neuer Sorten, verschiedene Methoden des Ackerbaues

Abbildung 2: Entwicklung des Jahresertrags wichtiger Ackerfrüchte und des Einsatzes an Düngemitteln



und anteilige Effekte der Klimaerwärmung können als Treiber dieser Entwicklung genannt werden. Von hoher Bedeutung für diesen Beitrag sind zwei Aspekte, die in der Struktur der Kurven liegen. Zum einen finden wir in der Ertragskurve deutliche jährliche Schwankungen, die durch ungünstige klimatische Bedingungen beim Anbau oder in der Frühphase des Wachstums bzw. im Reifestadium der Ernte ausgelöst werden. Dürren sind hier ebenso einflussbestimmend wie feuchte, kalte Phasen. Die Schwankungsbreite des klimatischen Effektes liegt hier bei 18 % des Ertrages. Zum anderen finden wir im Zeitraum der letzten Weltwirtschaftskrise, in der Abbildung als grauen Balken eingezeichnet, eine historische Situation die sehr ähnlich zur aktuellen ist. Auch wenn wir den Düngereffekt über diese Daten nicht von den klimatischen Wirkungen in den betroffenen Jahren trennen können: Der Einfluss auf den Gesamtertragsverlauf ist kaum zu sehen! Wir dürfen also für die kommenden Jahre annehmen, dass Reduktion von Mineraldüngern vorerst keinen sehr starken Masseffekt auslösen wird, da ja auch noch Nährstoffe aus den Vorjahren im Boden verfügbar sind. Langfristig darf das nicht erwartet werden (DE PONTI et al. 2012, SEUFERT et al. 2012). Das können wir beim Klima nicht erwarten (KROMP-KOLB und FORMAYER 2005). Ein klimatisch schwieriges Anbaujahr wird spürbar geringere Erträge hervorbringen. Ernten sind also zumindest mittelfristig viel stärker dem jährlichen Klima als den Schwankungen bei der Düngung ausgesetzt. Fehlende (Kraft)futtermengen und/oder Nährstoffdichten stehen in einer sehr direkten Beziehung zur Leistung von Milchkuhen. Entscheidend für die Wirkung ist hier vor allem das Niveau in der Bemessung von Leistungszielen. Wir wissen aus einer ganzen Reihe von Untersuchungen, dass die Produktionseffizienz von Kraftfutter mit der Einsatzmenge stark abnimmt. Ausgehend von einer theoretischen Wirkung von 1,63 kg ECM/kg Kraftfutter kann dieser Wert bei hohen Mengen auch weit unter 1 sinken (GRUBER 2007a, GRUBER 2007b, GUGGENBERGER et al. 2021b).

Stressfaktoren: Der Anstieg der fossilen Energiekosten treibt die Kosten für Treibstoffe, Handelsdünger und für alle Sachgüter der Landwirtschaft zum Teil steil nach oben. Bei den Futtermitteln wird dieser Effekt noch durch eine mögliche Knappheit verstärkt. Kurzfristig wird hier aber nicht ein Effekt der Düngung, sondern viel stärker der absehbare Effekt der geopolitischen Verwerfungen zu spüren sein. Kommt noch ein klimatisch schlechtes Jahr hinzu, kann das wirklich zu großen Schwierigkeiten führen.

Die Wirkungsintensität der Stressfaktoren

Nicht jede ökonomische Veränderung wirkt sich gleich auf das Endergebnis aus! Mit Ausnahme der Treibstoffpreise, diese gehen 1:1 in das Endergebnis ein, dämpfen die landwirtschaftlichen Ertragsgesetze die Entwicklung (MITSCHERLICH 1909). Bedeutend für diese Aussage ist die Ausgangssituation, in der die Veränderung wirksam wird. *Abbildung 3*, rechts, zeigt, dass wir in hohen Leistungsbereichen immer mit einer geringen Produktionseffizienz zu rechnen haben. Die entstehenden Verluste werden im linken Bildausschnitt als Umweltwirkungen sichtbar. Umgekehrt bedeutet dies in der aktuellen Stresssituation, dass der Rückgang aus einem höheren Leistungsniveau nicht in dem Ausmaß im Ertrag wirksam wird, wie wir das befürchten würden. Diese Aussage gilt für alle Reduktionsstrategien zwischen ③ und ① in *Abbildung 3*. Dieser Bereich ist in aller Regel von einer hohen Elastizität geprägt und bei einem Rückgang zugeführter Wirkungskräfte entstehen, wenn die Grundvoraussetzungen vorhanden sind, natürlich Gegenkräfte die einen Teil des Ausfalles kompensieren. Wird etwa die N-Düngung auf Dauerwiesen zurückgenommen, dann haben Leguminosen einen Standortvorteil und werden häufiger. Das fördert die symbiotische N-Bindung (PÖTSCH 1998). Im Wiederkäuer führt ein geringerer Kraftfutteranteil zu einem stabileren pH-Wert im Pansen (SCHNEIDER et al. 2010). Eine vitale Flora im Pansen und eine geringere Passagerate fördern innerhalb natürlicher Grenzen die Verdaulichkeit des Futters. Diese Mechanismen können aber nicht beliebig ausgereizt werden. Sinken die Verhältnisse unter ①, so fallen wir in eine Frühentwicklungsphase der Produktionssysteme. Hier herrschen echte Mängel, die direkt auf die Leistung drücken. Am Feld betrifft dies z.B. das grüne Wasser, das als Niederschlag zur Verfügung steht. Sowohl bei der Düngung als auch bei der Fütterung ist eine Versorgung mit Mineralstoffen und Spurenelementen unbedingt aufrecht zu erhalten. Einige Tierarten benötigen zudem essentielle Aminosäuren (KIRCHGESSNER et al. 2008). Bei den Wiederkäuern muss ein ausgeglichenes Energie-Protein-Verhältnis in der Ration hergestellt werden.

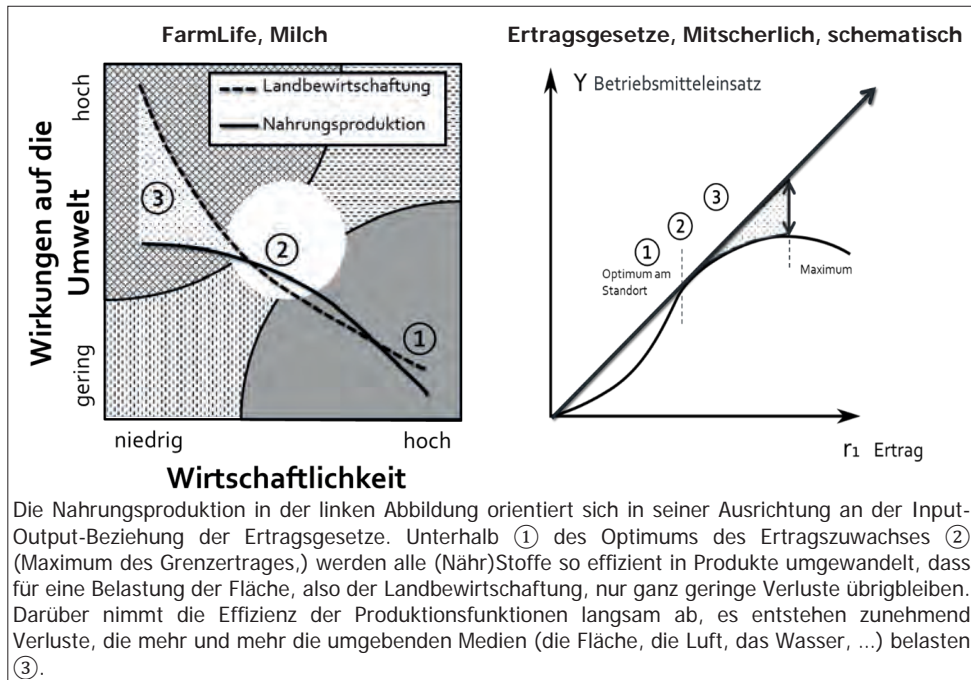


Abbildung 3: Ertragsgesetze als Grundlage der landwirtschaftlichen Produktion (GUGGENBERGER et al. 2021a).

Ertragsdynamik: Je weiter sich ein Produktionssystem von seinem Optimum entfernt hat, umso stärker muss ein Rückbau erfolgen. Wegen der abnehmenden Ertragszuwächse in diesem Bereich wird die Reduktion nicht voll wirksam werden. Ein Abfall unter das Optimum am Standort sollte möglichst vermieden werden. Hier greifen die Reduktionsmechanismen möglicherweise sehr schnell und echte Mängel führen zum Einbruch der Produktionsbereitschaft.

Die Standortgerechte Landwirtschaft als Exit-Strategie

Das laufende Produktionsjahr Jahr 2022/2023 wird, durch die dargestellten Stressfaktoren im Energie-, Dünger- und Futtermittelmarkt, Punkt 1 bis Punkt 6 aus dem Konzept der *Standortgerechten Landwirtschaft* (siehe *Abbildung 4*) weitgehend aktiviert (GUGGENBERGER et al. 2020a). Punkt 1 und Punkt 2 betreffen die Bemühungen zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt um die Widerstandskraft der Felder zu erhöhen. So können natürliche Wachstumseffekte besser genutzt werden. Punkt 3 betrifft die reduzierte Düngung. Pflanzenschutz sollte hier im Konzept der integrierten Produktion verwendet werden. Punkt 4 wird in der Milchviehhaltung durch die GVO-freie Fütterung ohnehin bereits umgesetzt. Punkt 5 wird durch die Knappheit von Futtermitteln derzeit aktiviert und Punkt 6 ist durch die Initiative Tierwohl (ITW) ohnehin in aller Munde. Eigentlich ist der Boden für eine österreichweite Einführung der *Standortgerechten Landwirtschaft* zur Neupositionierung der konventionellen Landwirtschaft bereit. Die Schlüsselfrage, und diese ist allen Stakeholdern der Landwirtschaft gemeinsam zu stellen, lautet: Welche Überlebensstrategie wollen wir wählen, um die Stresssituation zu bewältigen? Totstellen ist nur in den Produktionsverfahren mit sehr kurzen Zyklen möglich. Das geht in der Geflügel- und Schweinemast. Sicherlich aber nicht in der Wiederkäuerhaltung. Äcker nicht zu bestellen ist im Hinblick auf die Verunkrautung und den drohenden Bodenverlust keine Option. Ein Kampf scheint aussichtslos zu sein, weil der einzelne Betrieb, ja selbst ganze Betriebsgruppen, einem Markt mit globalen Problemen gegenüberstehen. Bleibt also nur noch die Flucht (nach vorne)!

Auch eine Flucht (nach vorne) will gut umgesetzt werden!

Am Kreuzungspunkt der Gegenwart werden, nein müssen, Personen in der Verantwortung einer landwirtschaftlichen Betriebsleitung Entscheidungen treffen. Werden sie aus dem aktuellen Produktionssystem aussteigen um einen anderen Betriebszweig zu optimieren

Abbildung 4: Das Programm der *Standortgerechten Landwirtschaft* in 9 Punkten



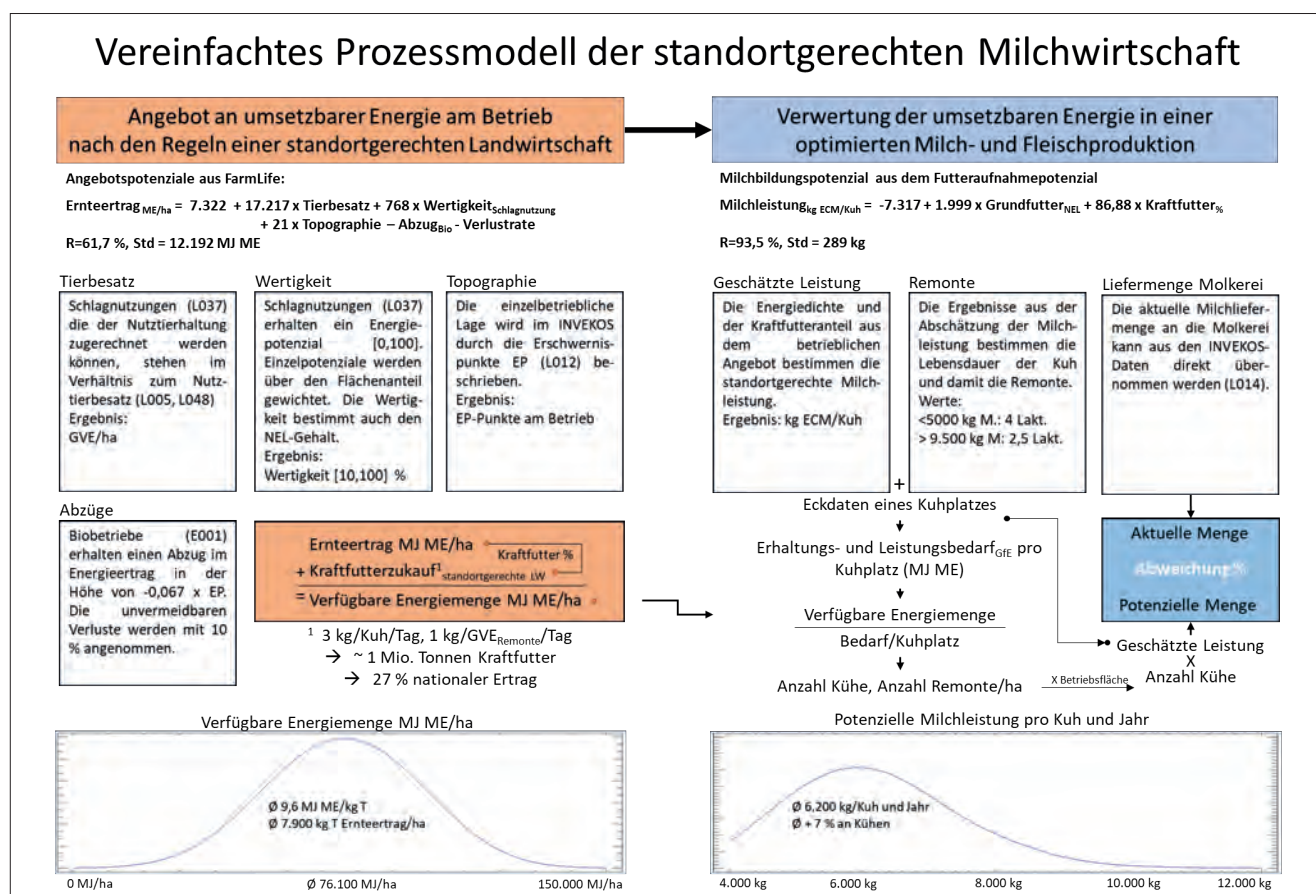
- | | |
|---|----------------------|
| ① Bodenschutz und Bodenfruchtbarkeit | ⑦ Wirtschaftlichkeit |
| ② Saatgut, Fruchtfolgen und Biodiversität | ⑧ Klimaschutzplan |
| ③ Düngung und Pflanzenschutz | ⑨ Umweltbewertung |
| ④ Futtermittel | |
| ⑤ Züchtung und Fütterung von Nutztieren | |
| ⑥ Tierwohl und Tiergesundheit | |

oder glauben sie noch an den aktuellen Betriebszweig und wollen/können sie diesen selber optimieren. Noch klarer: Entweder arbeiten Betriebe unter diesen Bedingungen an etwas Neuem oder sie verbessern das bisherige! In dem Augenblick des Gedankens wird bereits der Autor vom Gefangenendilemma eingeholt. Dieses beweist, dass die aktuelle Aufgabe, die aus der beschriebenen Stresssituation hervorgeht, in Summe nicht durch den einzelnen Betrieb, sondern nur durch die Gemeinschaft bewältigt werden kann. Die Flucht nach vorne in eine *Standortgerechte Landwirtschaft* wird zur zentralen Aufgabe der gesamten Wertschöpfungskette. Ich fordere als Wissenschaftler die bäuerlichen Betriebe in der Form ihrer Genossenschaften und ihre Marktpartner ebenso zum Handeln auf, wie die Standesvertretung und die politischen Verantwortlichen in Österreich. Die Forderung lautet: Bauen Sie die konventionelle Milchwirtschaft so rasch als möglich nach dem Konzept der *Standortgerechten Landwirtschaft* um! Bereiten Sie dafür die notwendigen Kommunikationsmittel vor und bieten sie dem einzelnen Betrieb das notwendige Wissen an. Informieren Sie als Handel ihre Konsument:innen und sichern sie mit ihrem Wertschöpfungsbeitrag die Versorgungssicherheit in Österreich. Üben Sie als gewählte Vertreter ihr Amt zur Gestaltung der Zukunft aus und nutzen Sie die positiven Effekte, die damit auch für andere Zukunftsfragen entstehen!

Frage: Wie standortgerecht ist die österreichische Milchwirtschaft derzeit?

Wer fordert, soll auch die Konsequenzen seiner Forderungen nennen! Mit einem, auf ersten funktionalen Ergebnissen aus dem Betriebsmanagement-Tool FarmLife aufgebauten, Makromodell wurde eine Grobbilanzierung zur gestellten Frage berechnet. Die Bewertung wurde auf der Ebene des Einzelbetriebes im Rahmen des Forschungsprojektes FarmMilk durchgeführt. Wie in *Abbildung 5* gezeigt, besteht das Modell aus einer Bilanzierung, die

Abbildung 5: Vereinfachtes Prozessmodell der standortgerechten Milchwirtschaft in Österreich



das Angebot an umsetzbarer Energie am Betrieb in eine potentielle Verwertungskette einer optimierten Milch- und Fleischproduktion weiterleitet. So entsteht ein standortgerechtes Leistungspotenzial, das mit der tatsächlichen Leistung verglichen werden kann. Wird dabei ein Wert von 100 % erreicht, dann stimmen beide Seiten der Bilanzierung vollständig überein. Werte unter 100 % zeigen, dass der Standort nicht ausgeschöpft wird, Werte über 100 %, dass über die Möglichkeiten des Standortes hinaus produziert wird.

Abbildung 5 zeigt das Makromodell und seine Teilbereiche. Die Angebotsseite der verfügbaren Energiemenge wird mit einer multiplen Regression geschätzt. Diese Regression wurde aus den Daten von 290 FarmLife-Erhebungen erstellt und auf alle Milchlieferanten der österreichischen Molkereien übertragen. Das Bestimmtheitsmaß R^2 ist mit 61,7 % nicht allzu hoch, man bedenke aber auch den Wunsch lediglich ein Makromodell zu erstellen. Als Datenbasis dient das Integrierte Verwaltungs- und Kontrollsystem INVEKOS (BUNDESGESETZBLATT DER REPUBLIK ÖSTERREICH 338/2009 2009). In dieses Modell wurden folgende Aspekte aufgenommen:

- Der Tierbesatz aus dem Datensatz L005 bzw. L048 als Treiber für die Intensität des Betriebes.
- Die Wertigkeit des Standortes aus der pflanzenbaulichen Sicht: Für die Wertigkeit wurde eine Klassifizierung der Schlagnutzungsarten aus dem Datensatz L037 vorgenommen. Silomais wird dabei mit 100 und Almweiden mit 10 Wertigkeitspunkten versehen. Diese Wertigkeit fließt nicht nur in den Masseertrag, sondern auch in die Energiedichte des Futterangebotes mit ein.
- Die Erschwernispunkte (EP) im Datensatz L012, um die lokalen Eigenschaften des Standortes, das ist die Topographie, besser abzubilden.
- Die Verlustrate der Ernte, um das praktische Ertragspotenzial nicht zu überschätzen.
- Nach dem Vorschlag der *Standortgerechten Landwirtschaft* haben wir den Kraftfutterzukauf pro Milchkuh auf 3 kg/Kuh/Tag begrenzt. Aufzuchtrinder erhalten 1 kg/GVE/Tag. In Summe liegt der Bedarf an zugekauftem Futter bei rund 1 Million Tonnen. Große Mengen davon können aber auch Nebenprodukte der Nahrungs- oder Ethanol-Industrie sein.

Im Median der Angebotsseite aller Betriebe ($n=25.296$) liegt eine Menge von rund 7.900 kg T/ha bei einer Energiedichte von 9,6 MJ ME/kg T vor. Natürlich weichen sowohl die potenziellen Erntemengen als auch die möglichen Energiedichten deutlich davon ab. Dies kann an der Breite der fast perfekten Normalverteilungskurve in *Abbildung 5* und in der Karte in *Abbildung 6* beobachtet werden.

Das Angebot wird im Makromodell nach den Gesetzmäßigkeiten der Milchviehfütterung in Milch umgewandelt. Dafür wird über die Grundfutterqualität und das Kraftfutterangebot zuerst eine potenzielle Milchleistung pro Kuh geschätzt. Im Bewusstsein, dass wir bei einer Qualitätsoffensive einen starken Fokus auf die Kernkompetenz setzen müssen, werden die Tierbestände so angepasst, dass neben den Milchkühen auf den Betrieben nur mehr die unbedingt notwendige Remontierung steht. Diese wird von der Höhe der Leistung mitbeeinflusst. Weil wir in der *Standortgerechten Landwirtschaft* die Kraftfuttermenge begrenzt haben, liegt der Durchschnitt der modellierten Milchleistung nun bei 6.200 kg pro Kuh und Jahr, allerdings haben wir durch die Spezialisierung 7 % mehr an Kühen in Produktion. Die Verteilung der Leistungen kann in *Abbildung 7* rechts unten, beobachtet werden.

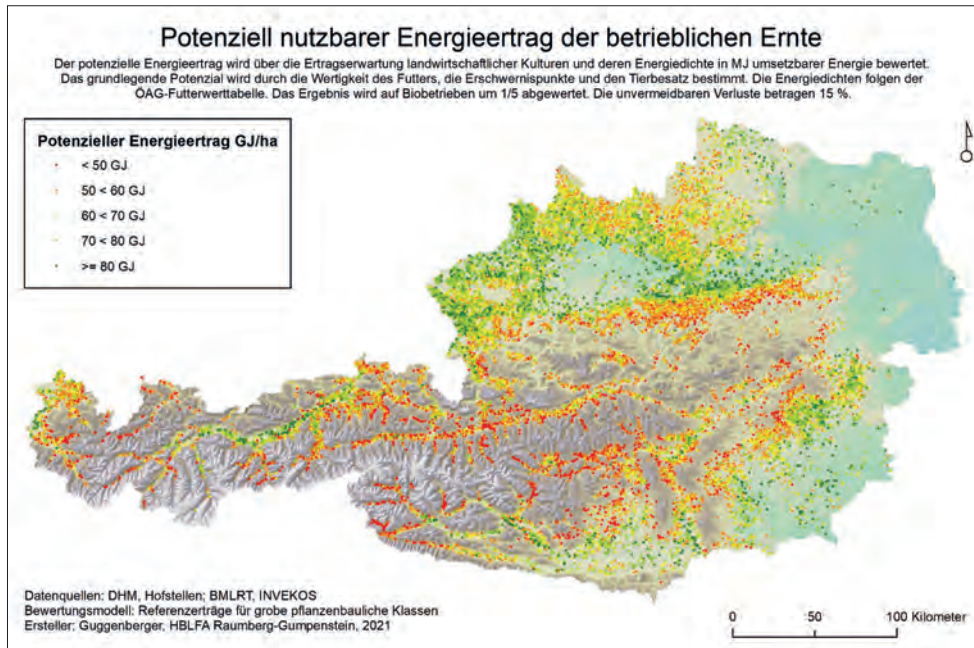
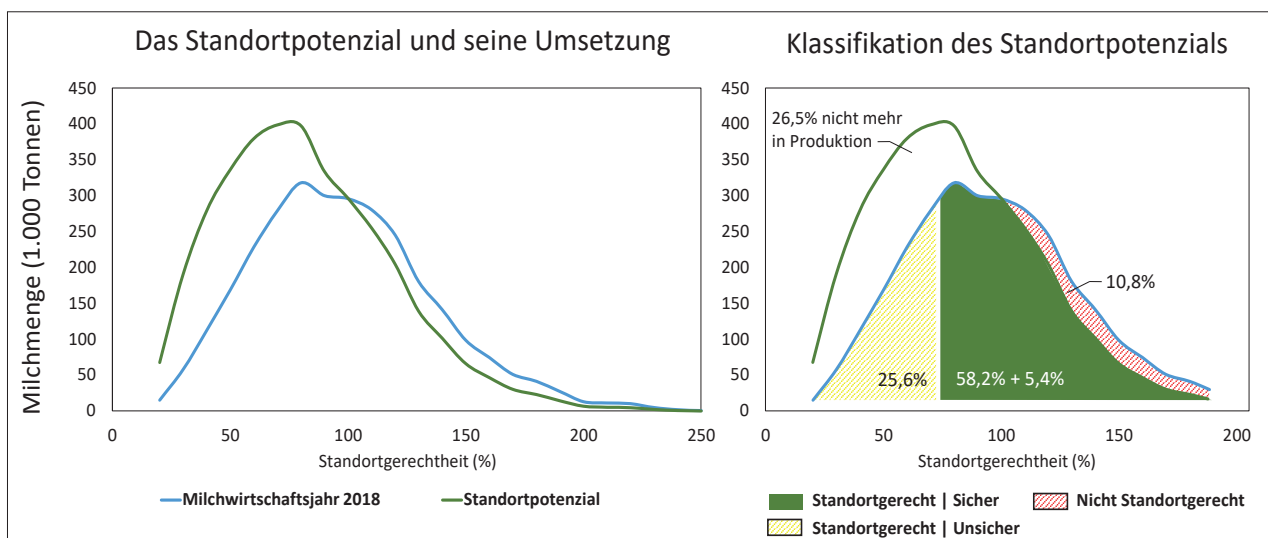


Abbildung 6: Potenziell nutzbarer Energieertrag auf den Betrieben

Bildbeschreibung: Strebt die österreichische Milchwirtschaft im Konzept der *Standortgerechten Landwirtschaft* nach höherer Autarkie, dann tritt die Leistungsfähigkeit der pflanzenbaulichen Aspekte der Standorte verstärkt in den Vordergrund. Das Geländeerelief Österreichs, aber auch die klimatischen Besonderheiten in den Lagen des Nordstaus, im süd- und inneralpinen Trockenklima oder im Pannonikum führen dazu, dass es sehr große Unterschiede in der am Standort möglichen Leistung gibt. Inneralpine Gunstlagen mit guten Maisanbaugebieten, aber auch die Randlagen im Übergang zwischen Berggebiet und Flachland sind die begünstigten Regionen der österreichischen Milchwirtschaft. In den höher gelegenen Tälern aber auch im Berggebiet in Nieder- und Oberösterreich nimmt der Ertrag rasch ab und der potenzielle Energieertrag sinkt um bis zu 40 % ab.

Zum Gesamtergebnis im Makromodell in *Abbildung 7* noch folgende Erklärung: Die X-Achse wird durch das relative Bilanzergebnis aus tatsächlicher und potenzieller Milchlieferung gebildet. Liefert ein Betrieb z.B. 90.000 kg Milch und könnte er 100.000 kg liefern, so beträgt seine Standortgerechtheit 90 %. In 5 % breiten Slots werden die aktuellen (blaue Kurve) bzw. potenziellen (grünen Kurve) Milchmengen für *Abbildung 7*, links, gesammelt.

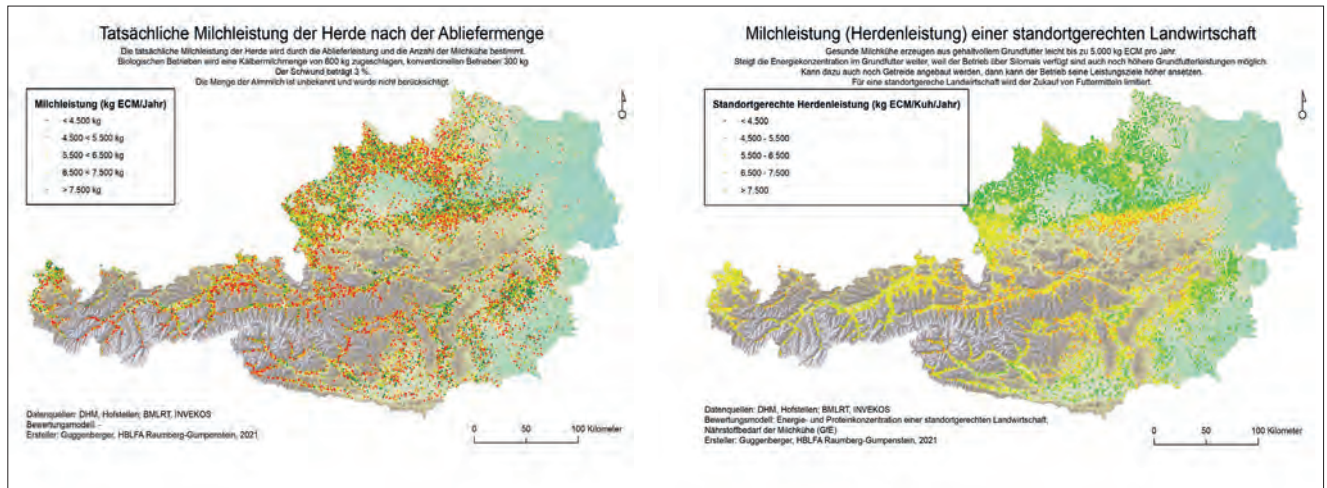
Abbildung 7: Verteilung der Anteile an standortgerechten Produktionssegmenten



Was wir sofort beobachten können ist die Verteilungsbreite beider Kurven in der Bilanzierung. Wir können selbst bei einer großzügigen Bewertung – wir wollen wieder nicht vergessen, dass wir es mit einem Makromodell zu tun haben – feststellen, dass es sowohl eine deutliche Unter- als auch Übernutzung der betrieblichen Möglichkeiten gibt. Die wichtigsten Schlüsse können wir dabei aus den Differenzflächen der beiden Kurven in *Abbildung 7*, rechts, schließen. Wir unterscheiden:

- Standortgerechte Milchliefermengen die auch zukunftsicher sind (dunkelgrün): Ab einem Wert von 80 % darf angenommen werden, dass die Milchwirtschaft im Fokus des Betriebes liegt. Dieses Engagement macht den Betriebszweig zukunftsicher und die dabei produzierte Milch ist so lange als standortgerecht zu bezeichnen als die Menge der blauen Kurve der tatsächlichen Liefermenge unter der grünen Kurve des Potenzials bleibt. Das gilt für 58,2 % der aktuellen Liefermengen. Diese Menge wird noch um 5,4 % ergänzt, die sich in Zukunft auch bei einem geringeren Betriebsmitteleinsatz aus der Steigerung der natürlichen Effizienz (landwirtschaftliche Ertragsgesetze) ergeben werden.
- Nicht standortgerechte Milch, die abgebaut werden muss (rot, schraffiert): 10,8 % der Liefermengen überschreiten das Standortpotenzial deutlich und müssen abgebaut werden.
- Standortgerechte Milchliefermengen die unsicher sind (gelb): Eine hohe Menge von 25,6 % der aktuellen Lieferleistung stammt von Betrieben die ihr Standortpotenzial nicht ausnutzen. Die Gründe dafür liegen vor allem in einer schwachen (bewussten oder unbewussten) Fokussierung der Betriebsleitung oder in einem allgemeinen Mangel an Fruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit von Feldern und Tieren. Diese Menge ist gefährdet, weil bereits geringe Verwerfungen zum Ausstieg aus der arbeitsintensiven Milchwirtschaft führen können.
- Aufgegebene Potenziale: 26,5 % der auf den Betrieben noch möglichen Potenziale werden nicht mehr geliefert. Viele Fläche wurden durch extensive Tierhaltungsformen in eine andere Nutzung übernommen.

Nun kann auch die Fragestellung der Kapitelüberschrift beantwortet werden. Die Antwort lautet: Durch eine zu intensive Produktion wird das Produktionskonzept der *Standortgerechten Landwirtschaft* um 10,8 % überschritten. Etwa 83,8 % der Milchmenge können heute aber als standortgerecht bezeichnet werden, ein natürliches Potenzial von 5,4 % kann durch die Optimierung natürlicher Prozesse auf den leistungsfähigeren Betrieben noch gewonnen werden. Insgesamt existiert meist bei kleinen Betrieben in benachteiligten Gebieten, ein bedenklich hohes Potenzial für den Ausstieg aus der Milchwirtschaft. Dies deshalb, weil diese Betriebe das Standortpotenzial nicht erreichen.



Bildbeschreibung: Die rechte Karte zeigt in starker Anlehnung zur nutzbaren Energiemenge der Betriebe das Ergebnis einer potenziellen Herdenleistung der Kühe unter Anwendung der Regeln einer *Standortgerechten Landwirtschaft*. Links dazu im Kontrast jene Milchleistung die sich im Jahr 2018 tatsächlich aus den INVEKOS-Daten ableiten lässt. Viel zu deutlich fallen die extensiven Gebiete in den Alpen und nördlich der Donau ab. Deutlich treten die bekannten Gunstlagengebiete der gegenwärtigen Milchproduktion hervor.

Abbildung 8: Tatsächliche und standortgerechte Milchleistung der Milchkühe in der Herde

Empfehlung und Ausblick

Nicht gelöste Probleme der Vergangenheit werden derzeit durch Veränderungen auf globalen Märkten und durch geopolitische Verwerfungen schmerzhaft verstärkt. Viele Betriebsleiter:innen der konventionellen Landwirtschaft sehen den Betriebszweig der Milchwirtschaft als existenziell bedroht und suchen nach Auswegen. Das ist allerdings nicht das Schicksal aller Betriebe. Ein großer Anteil der österreichischen Milchwirtschaft ist insgesamt noch nicht weit von den Möglichkeiten der betrieblichen Standorte abgerückt und kann ohne dramatische Eingriffe das Konzept der *Standortgerechten Landwirtschaft* umsetzen. Somit können wir im Wesentlichen immer noch von einer regionalen, bäuerlichen Produktion sprechen. Alle Aspekte die wir derzeit im Bereich des Klimaschutzes, des Tierwohles und der Artenvielfalt mit der Gesellschaft besprechen kann für konventionelle Betriebe im angesprochenen Konzept zu einer neuen Identität und Hoffnung führen. Dass diese dringend notwendig ist, das zeigt die Stimmung auf den aktiven Betrieben und der hohe Anteil an Bauernhöfen, die langsam die Produktion verlassen. Der Apell nach Umsetzung richtet sich an die gesamte Wertschöpfungskette. Wir dürfen uns nicht totstellen, um uns den starken Kräften der Marktwirtschaft hinzugeben. Nur mit einer proaktiven Flucht nach vorne kann sich die konventionelle Landwirtschaft unter Einbindung der wichtigsten Themen unserer Zeit selbst neu erfinden.

Literatur

- AGRARMARKT AUSTRIA, 2022: Markt- und Preisberichterstattung. Wien.
- BMNT, 2020a: Grüner Bericht, Tabelle 1.2.1.8, Düngemittelabsatz im Zeitvergleich.
- BMNT, 2020b: Grüner Bericht, Tabelle 1.2.1.2, Erträge im Ackerbau.
- INVEKOS-Gis Verordnung 2009.
- CANNON, W.B., 1975: Wut, Hunger, Angst und Schmerz: eine Physiologie der Emotionen. Aus d. Engl. Übers. von Helmut Junker, Hrsg. von Thure von Uexküll., Urban & Schwarzenberg, München/Berlin/Wien
- CBOT, 2022: Commodity Futures Charts & Futures Quotes Menu.
- DE PONTI, T., B. RIJK und M.K. VAN ITTERSUM, 2012: The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems* 108, 1-9.
- FARMLIFE, 2020: FarmLife - Beratung für die Zukunft! HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN FORSCHUNGSGRUPPE ÖKOEFFIZIENZ, ed. Irdning-Donnersbachtal: HBLFA Raumberg-Gumpenstein Forschungsgruppe Ökoeffizienz.
- GRASSAUER, F., M. HERNDL, T. NEMECEK, T. GUGGENBERGER, C. FRITZ, A. STEINWIDDER und W. ZOLLITSCH, 2021: Eco-efficiency of farms considering multiple functions of agriculture: Concept and results from Austrian farms. *Journal of Cleaner Production* 297(5).
- GRAY, J.A. 1987: *The psychology of fear and stress* (2nd ed.). Cambridge.
- GRUBER, L., 2007a: Zur Effizienz des Kraftfuttereinsatzes in der Milchviehfütterung - eine Übersicht. *Proceedings of the 16th International Science Symposium on Nutrition of Domestic Animals*, Radenci, 61-82.
- GRUBER, L., 2007b: Einfluss der Kraftfuttermenge auf Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen. 34. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 19.-20. April 2007, Raumberg-Gumpenstein, 35-51.
- GUGGENBERGER, T., A. BLASCHKA, C. FRITZ, M. HERNDL und G. TERLER, 2019: Bedeutende Entscheidungen auf dem Weg zur Ökoeffizienz am Bio-Milchviehbetrieb. *Fachtagung für Biologische Landwirtschaft 2019*, Raumberg-Gumpenstein, 37-44.
- GUGGENBERGER, T., C. FRITZ, E. FINOTTI, M. HERNDL, E. OFNER-SCHRÖCK, G. TERLER und A. STEINWIDDER, 2020a: Grundzüge einer standortgerechten Landwirtschaft. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Forschungsgruppe Ökoeffizienz, 63 S.
- GUGGENBERGER, T., M. HERNDL, G. TERLER, C. FRITZ, F. GRASSAUER, I. ZAMBERGER und M. KANDOLF, 2020b: Gesamtheitliche Ökoeffizienz von Milchviehbetrieben. 47. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2020, 63-79.
- GUGGENBERGER, T., M. HERNDL, C. FRITZ, F. GRASSAUER und G. TERLER, 2021a: Beurteilung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe: Beispiel Österreich. 59. BAT-Jahrestagung an 12. Oktober 2021, 1-9.
- GUGGENBERGER, T., G. TERLER, C. FRITZ, M. HERNDL und E. OFNER-SCHRÖCK, 2021b: Mit der „Standortgerechten Landwirtschaft“ besser (be-) wirtschaften! 48. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2021, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 107-128.
- HERNDL, M., D.U. BAUMGARTNER, T. GUGGENBERGER, M. BYSTRICKY, G. GAILLARD, J. LANSCHKE, C. FASCHING, A. STEINWIDDER und T. NEMECEK, 2016: Einzelbetriebliche

Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Betriebe in Österreich. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 93 S.

KIRCHGESSNER, M., F.X. ROTH, F.J. SCHWARZ und G.I. STANGL, 2008: Tierernährung. DLG Verlag, Frankfurt am Main.

KROMP-KOLB, H. und H. FORMAYER, 2005: Schwarzbuch Klimawandel - Wieviel Zeit bleibt uns noch?, Ecowin, Salzburg, 224 S.

MITSCHERLICH, A.E., 1909: Das Gesetz des Minimums und das Gesetz des abnehmenden Bodenertrages. Landwirtschaftliche Jahrbücher 38, 537-552.

PÖTSCH, E.M., 1998: Über den Einfluß der Düngungsintensität auf den N-Kreislauf im alpenländischen Grünland. Die Bodenkultur 49, 19-27.

SCHNEIDER, K., J. GASTEINER, T. GUGGENBERGER, M. URDL, S. STEINER, A. NEIDL, N. LINHART und W. BAUMGARTNER, 2010: Vergleichende Untersuchungen zur Messung des pH-Wertes im Vormagensystem von Rindern. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 123, 406-412.

SEUFERT, V., N. RAMANKUTTY und J.A. FOLEY, 2012: Comparing the yields of organic and conventional agriculture. Nature 485, 229-232.

Erste Ergebnisse aus dem praktischen Einsatz von FarmLife-Welfare in Österreich und zur Gewichtung der Teilbereiche

First results on practical use of FarmLife-Welfare in Austria and on the weighting of the sub-areas

Elfriede Ofner-Schröck^{1*}, Thomas Guggenberger¹, Edina Scherzer¹ und Andreas Steinwider¹

Zusammenfassung

Tierwohl und die Kennzeichnung von landwirtschaftlichen Produkten haben immer größere gesellschaftliche Relevanz. Zur Beurteilung von Tierwohl wurden Indikatoren definiert und eine Reihe von Beurteilungssystemen erarbeitet. Der an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein entwickelte FarmLife-Welfare-Index beurteilt das Tierwohl-Potenzial auf Milchviehbetrieben in den drei Teilbereichen „Haltungsbedingungen“, „Tierbetreuung und Management“ sowie „Tier“. In diese drei Teilbereiche fließt die Bewertung von 18 Indikatorengruppen bestehend aus 43 Einzelindikatoren ein. Die Beurteilung erfolgt online über die gemeinsame technische Plattform www.farmlife.at. Bei einem hohen Maß an Praktikabilität in der Anwendung steht bei diesem Beurteilungssystem das Tier im Fokus, gleichzeitig soll das Beurteilungsergebnis aber auch Rückschlüsse auf die Einflussfaktoren zulassen und dem Landwirt Empfehlungen zur Verbesserung etwaiger Haltungs- oder Managementmängel an die Hand geben. Im Rahmen von zwei Projekten wurde das FarmLife-Welfare Tool in den letzten zwei Jahren auf einer Reihe von österreichischen Milchviehbetrieben angewendet. Die praktische Anwendung dieses Online-Tools bei insgesamt 375 Betriebserhebungen ergab Gesamt-Indexwerte in einem Bereich von 46 bis 97 Punkten und zeigte, dass das Management die Betriebsergebnisse unabhängig vom Haltungssystem sehr stark beeinflusst. Daraus lässt sich ableiten, dass nur durch die Berücksichtigung von Managementfaktoren sowie das Einbeziehen von tierbezogenen Indikatoren das Tierwohl bzw. Tierwohl-Potenzial auf Betrieben in geeigneter Weise abgebildet werden kann. Aussagen wie diese müssen sowohl von der Flexibilität als auch von der Robustheit der zugrundeliegenden Modelle überzeugt sein. Der FarmLife-Welfare-Index erreicht seine Flexibilität durch die breite Parametrisierung in den Einzelindikatoren. Die Robustheit entsteht durch eine balancierte Anordnung von Indikatorengruppen in den drei Teilbereichen. Die Prüfung der Robustheit des FarmLife-Welfare-Index ist Teil dieser Arbeit. Diese wichtige Eigenschaft konnte bestätigt werden.

Schlagwörter: Tierwohl, Rinder, Milchkühe, Index, Tierhaltung

Summary

Animal welfare and the labeling of agricultural products are becoming increasingly relevant to society. To assess animal welfare, indicators have been defined and a number of assessment systems developed. The FarmLife Welfare Index developed at the HBLFA Raumberg-Gumpenstein assesses the animal welfare potential on

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Tier, Technik und Umwelt, Institut für Nutztierforschung, Institut für Bio-Landwirtschaft und Nutztierbiodiversität, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Dr. Elfriede Ofner-Schröck, email: elfriede.ofner-schroeck@raumberg-gumpenstein.at

dairy farms in the three sub-areas „husbandry conditions“, „stockmanship and management“ and „animal“. The assessment of 18 indicator groups consisting of 43 individual indicators flows into these three sub-areas. The assessment takes place online via the common technical platform www.farmlife.at. With a high degree of practicability in application, the focus of this assessment system is on the animal, but at the same time the assessment result should also allow conclusions to be drawn about the influencing factors and provide the farmer with recommendations for improving any housing or management deficiencies. As part of two projects, the FarmLife Welfare Tool has been used on a number of Austrian dairy farms over the past two years. The practical application of this online tool in a total of 375 farm surveys resulted in overall index values ranging from 46 to 97 points and showed that management has a very strong influence on farm results, regardless of the husbandry system. From this it can be deduced that animal welfare or animal welfare potential on farms can only be mapped in a suitable manner by taking management factors into account and including animal-related indicators. Statements such as these must be based on both flexibility and robustness of the underlying models. The FarmLife Welfare Index achieves its flexibility through the broad parameterization in the individual indicators. The robustness is created by a balanced arrangement of indicator groups in the three sub-areas. The test of the robustness of the FarmLife Welfare Index is part of this work. This important property could be confirmed.

Keywords: animal welfare, cattle, dairy cows, index, animal husbandry

1. Einleitung

Das Thema Tierwohl gewinnt in der Landwirtschaft aber auch in der gesellschaftlichen Diskussion immer mehr an Stellenwert. Konsumentinnen und Konsumenten wollen über die Herkunft von landwirtschaftlichen Produkten besser informiert werden und Landwirtinnen und Landwirte wollen ein transparentes Bild ihrer Tierhaltung in Richtung der Gesellschaft geben. Was unter Tierwohl zu verstehen ist, lässt sich aber nicht einfach definieren.

Im Laufe der Jahre wurden verschiedene Methoden entwickelt, um Tierwohl zu messen. Bereits in den 1980er Jahren veröffentlichte der britische „Farm Animal Welfare Council“ (FAWC) das Konzept der „Five Freedoms“ (FAWC 1979), als grundlegende Anforderungen für die Haltung von Nutztieren. Sie bilden die Ausgangsbasis für verschiedene Systeme zur Beurteilung von Tierwohl. Diese fünf Freiheiten umfassen:

- Freiheit von Hunger und Durst (freedom of hunger and thirst)
- Freiheit von haltungsbedingten Beschwerden (freedom of discomfort)
- Freiheit von Schmerz, Verletzungen und Krankheit (freedom of pain, injury and disease)
- Freiheit von Angst und Stress (freedom of fear and distress)
- Freiheit zum Ausleben natürlicher Verhaltensmuster (freedom to express natural behavior)

Zur Messung von Tierwohl stehen verschiedene Indikatoren zur Verfügung, die ressourcenbezogen, managementbezogen oder tierbezogen sein können. D. h. man kann die Gestaltung des Stalles, die Tierbetreuung und das Tier selbst (z. B. Verletzungen, Lahmheiten, Verschmutzung, usw.) beurteilen. Jede dieser Indikatorengruppen besitzt eine spezifische Aussagekraft und birgt verschiedene Vor- und Nachteile in sich. Durch die verschiedenartige Kombination dieser Indikatoren entstehen Beurteilungssysteme mit deren Hilfe man Tierwohl messen kann. Beispiele dafür sind der Tiergerechtheitsindex (TGI), die Welfare Quality® assessment protocols, der Leitfaden Tierwohl von Bio Austria

oder die Tierschutzindikatoren für die betriebliche Eigenkontrolle des KTBL (BARTUSSEK 1996; BIO AUSTRIA 2015; KTBL 2016; WELFARE QUALITY 2009).

Fasst man die Literatur zur Tierwohlbewertung zusammen, dann wird bei der Beurteilung den tierbezogenen Indikatoren ein großes Augenmerk geschenkt. Ergänzend wird aber auch die Berücksichtigung ressourcen- und managementbezogener Indikatoren empfohlen und angewandt. Eine Gesamtbewertung von Tierwohl durch Integration verschiedener Parameter wurde bisher erst in wenigen Systemen vorgenommen.

Das Thema Tierwohl gliedert sich in die Strategie der nachhaltigen und gesamthaften Betriebsbewertung und -beratung ein. Nachhaltige Betriebsentwicklung berücksichtigt innerhalb der Systemgrenze verschiedene Managementebenen. Alle Ebenen dienen der inneren Optimierung der Betriebe, zeichnen aber auch ein Bild in Richtung des Konsumenten. Diese Aspekte wurden von der Forschungsgruppe Ökoeffizienz der HBLFA Raumberg-Gumpenstein gemeinsam mit den Kollegen der Arbeitsgruppe Ökobilanzen vom Schweizer Agroscope in dem Betriebsmanagement-Werkzeug FarmLife zusammengeführt (HERNDL et al. 2016).

2. Der FarmLife-Welfare-Index

Der an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein entwickelte Farmlife-Welfare-Index (OFNERSCHRÖCK et al. 2020) ist ein Web-Tool mit Anschluss zu einer gesamtbetrieblichen Bewertung im Betriebsmanagement-Tool FarmLife (Ökoeffiziente Landwirtschaft). Bei der Bewertung steht das Tier im Fokus, aber auch eine Schwachstellenanalyse im Stall und ein Feedback für den Landwirt mit Empfehlungen zur Verbesserung von Mängeln sind von entscheidender Bedeutung. Das Tool ist derzeit für alle Haltungssysteme in der Milchviehhaltung (Laufställe und Anbindehaltung) anwendbar und berücksichtigt die Besonderheiten regionaler, österreichischer Betriebsformen und Strukturen (z. B. kleinstrukturierte Betriebe) sowie die Bestimmungen des österreichischen Tierschutzrechts.

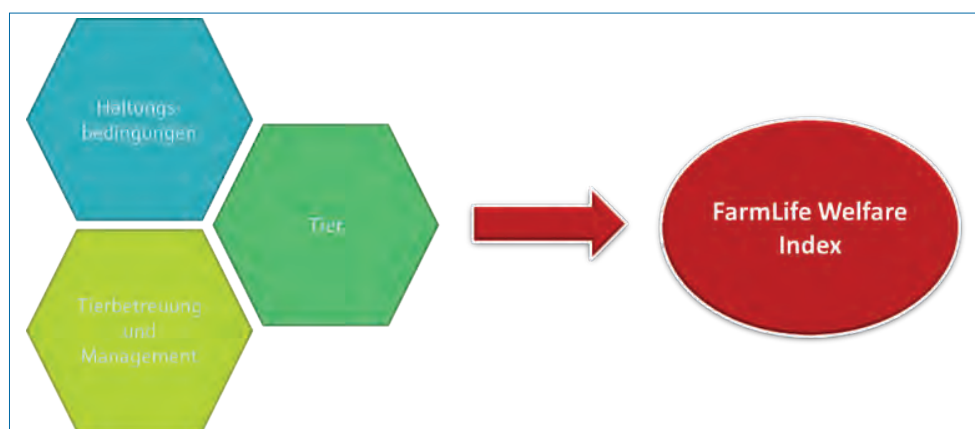


Abbildung 1: Gliederung des FarmLife-Welfare-Index (FWI) in drei Teilbereiche

Der FarmLife-Welfare-Index gliedert sich in die drei Teilbereiche „Haltungsbedingungen“, „Tierbetreuung und Management“ sowie „Tier“ (Abbildung 1). In diese drei Teilbereiche fließt die Bewertung von 18 Indikatorengruppen bestehend aus 43 Einzelindikatoren ein (Tabelle 1). Bei den **Haltungsbedingungen** wird beispielsweise die Weichheit und Trittsicherheit des Liegebereiches oder die Qualität der Wasserversorgung beurteilt. Auslauf und Weide spielen in der Bewertung eine große Rolle. Einzelne ressourcenbezogene Indikatoren werden hier auch für Beurteilungsbereiche eingesetzt, die mit tierbezogenen Indikatoren in der Praxis nicht bzw. nur bedingt abgebildet werden können. Im Teilbereich **Tierbetreuung und Management** geht es unter anderem darum, die Mensch-Tier-Beziehung durch Ermittlung der Ausweichdistanz der Tiere zu beurteilen, aber auch das Pflege- und Gesundheitsmanagement werden bewertet. Außerdem werden Aussagen zur Tiergesundheit aus Daten des bestehenden Erfassungssystems der

Milchleistungsprüfung (LKV) getroffen. Der Teilbereich **Tier** bildet direkte Indikatoren für die Gesundheit und das Wohlbefinden von Rindern ab. Dazu wird das Tier selbst genau betrachtet und beispielsweise auf Verletzungen an den Gelenken, Klauenzustand oder Lahmheiten untersucht. Ein **Gesamt-Index** fasst die drei Teilergebnisse zusammen und bildet das **Tierwohl-Potenzial für die Milchviehherde** ab. Dabei werden die tierbezogenen Indikatoren am stärksten (50 %) gewichtet.

Die Beurteilung erfolgt direkt im Stall online über die technische Plattform **www.farm-life.at**. Als Ergänzung wurde ein umfangreiches **Begleithandbuch** zur Erhebung des FarmLife-Welfare-Index entwickelt (OFNER-SCHRÖCK et al. 2021), in dem jeder einzelne Indikator genau beschrieben wird. Es liefert einen detaillierten Erläuterungstext zur Erhebungsmethodik und zur Bedeutung jedes einzelnen Indikators für die Tierwohl- und Tierwohlpotenzial-Beurteilung.

Bei einem hohen Maß an Praktikabilität in der Anwendung steht bei diesem Beurteilungssystem das Tier im Fokus, gleichzeitig soll das Beurteilungsergebnis aber auch Rückschlüsse auf die jeweiligen Tierwohl-Einflussfaktoren zulassen und dem Landwirt Empfehlungen zur Verbesserung etwaiger Haltungs- oder Managementmängel an die Hand geben. Wie erste praktische Anwendungsergebnisse zeigen, ist die Beurteilung innerhalb eines überschaubaren Zeitraums von zirka zwei Stunden abzuschließen. Durch die hohe Granularität des Systems sind, neben der Fokussierung auf einen Gesamt-Index, die Ergebnisse in den einzelnen Themenbereichen klar erkennbar (*Abbildung 2*). Dieses Feedback können die Bäuerinnen und Bauern gezielt für das zukünftige Tier- und Betriebsmanagement nutzen. Eine Weiterentwicklung des Beurteilungssystems ist vorgesehen; derzeit startet eine Anpassung für Aufzuchtrinder, Mastrinder und Kälber.

Abbildung 2: Ergebnisblatt des FarmLife-Welfare-Index

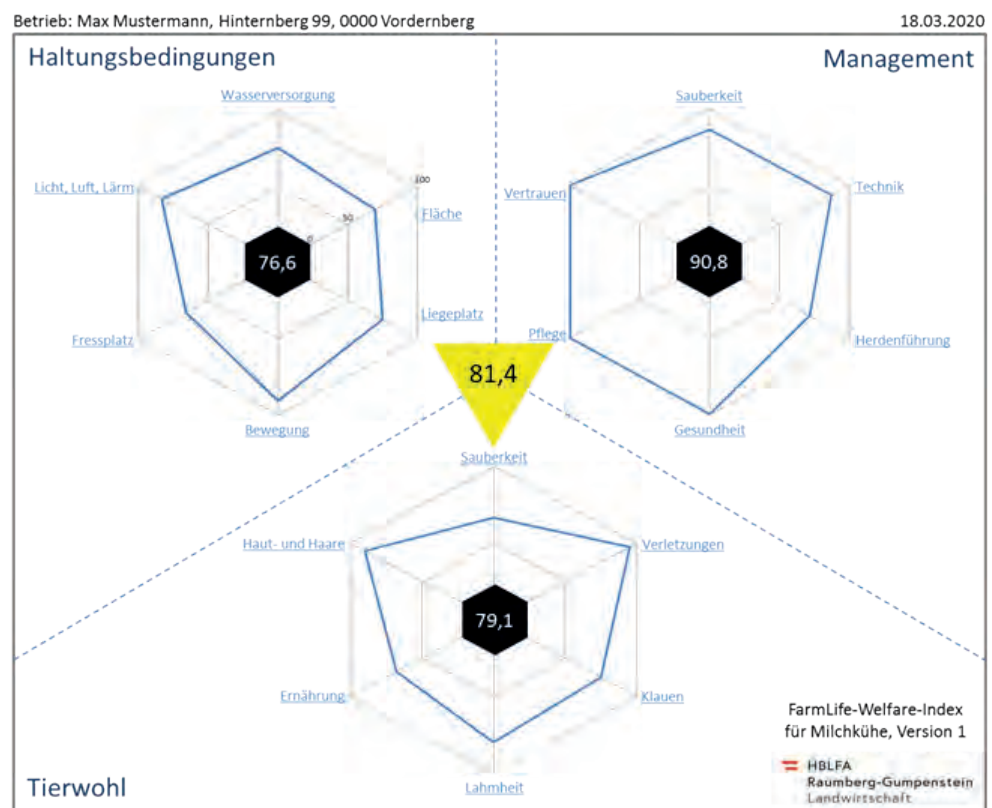


Tabelle 1: Zuordnung von Indikatoren zu den Indikatorgruppen

Indikatorengruppen	Indikatoren
Flächenangebot	<ul style="list-style-type: none"> • Begehbare Gesamtbewegungsfläche pro Tier in Stall und Auslauf • Nutzungsdauer der einzelnen Bereiche: Stall, Auslauf, Weide
Qualität Bewegungsflächen	<ul style="list-style-type: none"> • Technischer Aufbau der Bewegungsflächen • Subjektive Beurteilung der Trittsicherheit der Bewegungsflächen
Qualität Liegeplatz	<ul style="list-style-type: none"> • Art der Liegefläche / des Haltungssystems • Funktionsmaße und technische Gestaltung des Liegebereiches • Technischer Aufbau der Liegefläche und Einstreu • Subjektive Beurteilung der Trittsicherheit und Weichheit der Liegefläche
Qualität Fressplatz	<ul style="list-style-type: none"> • Fressplatzbreite • Technische Gestaltung des Fressplatzes (Neigung, Futterbarnsohle) • Tier : Fressplatzverhältnis
Licht, Luft, Lärm	<ul style="list-style-type: none"> • Bauweise des Stallgebäudes / Lüftungssystem • Ausmaß Fensterfläche • Technische Gestaltung und Management der Fenster und transparenter Flächen • Dachgestaltung • Subjektive Erfassung indirekter Indikatoren (z. B. Luftfeuchtigkeit, Zugluft, usw.) • Schattenspende auf der Weide • Lärmerzeugende Gerätschaften im Stall
Wasserversorgung	<ul style="list-style-type: none"> • Art und Anzahl an Tränken (bezogen auf die Tierzahl) in allen Aufenthaltsbereichen der Tiere • Wassernachlaufgeschwindigkeit
Technischer Zustand der Stalleinrichtung	<ul style="list-style-type: none"> • Technischer Zustand des Liegebereiches • Technischer Zustand der Tränke • Technischer Zustand des Fressplatzes
Herdenstruktur	<ul style="list-style-type: none"> • Herdenstabilität
Pflege, Gesundheitsmanagement	<ul style="list-style-type: none"> • Qualität und Häufigkeit der Klauenpflege • Art und Qualität der Fellpflege • Abkalbebucht, Kranknbucht, Special Needs Bereich
Mensch-Tier-Beziehung	<ul style="list-style-type: none"> • Einzeltierbezogene Beurteilung der Ausweichdistanz
Tiergesundheit	<ul style="list-style-type: none"> • Stoffwechsel-/Euter-/Fruchtbarkeits-/ Atemwegs-/ Klauenerkrankungen aus LKV-Daten • Gehalt somatischer Zellen (Zellzahl) • Anteil der Kühe mit mind. 5 Kälbern • Nutzungsdauer
Sauberkeit im Stall	<ul style="list-style-type: none"> • Subjektive Beurteilung der Sauberkeit der Futtereinrichtung • Subjektive Beurteilung der Sauberkeit der Tränke • Subjektive Beurteilung der Sauberkeit der Bewegungsflächen • Subjektive Beurteilung der Sauberkeit im Liegebereich
Sauberkeit der Tiere	<ul style="list-style-type: none"> • Einzeltierbezogene Beurteilung der Sauberkeit der Tiere anhand einer bebilderten Skala
Hautschäden und Gelenksveränderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Einzeltierbezogene Beurteilung von Hautschäden und Gelenksveränderungen anhand einer bebilderten Skala
Ernährung	<ul style="list-style-type: none"> • Beurteilung der Konsistenz von Kotfladen • Einzeltierbezogene Beurteilung des BCS anhand einer bebilderten Skala • Fett-Eiweiß-Quotient der Milch aus LKV-Daten
Haut- und Haarkleid	<ul style="list-style-type: none"> • Einzeltierbezogene Beurteilung des Zustandes des Haarkleides und des Vorhandenseins von Hautpilzen und Hautparasiten anhand einer bebilderten Skala
Klauenzustand	<ul style="list-style-type: none"> • Einzeltierbezogene Beurteilung des Klauenzustandes anhand einer bebilderten Skala
Lahmheit	<ul style="list-style-type: none"> • Einzeltierbezogene Beurteilung der Lahmheit

3. Praktische Anwendung auf österreichischen Milchviehbetrieben

Im Rahmen von zwei Projekten wurde das FarmLife-Welfare Tool in den letzten zwei Jahren auf einer Reihe von österreichischen Milchviehbetrieben angewendet. Im ersten Projekt wurden insgesamt 57 Betriebserhebungen (17 auf konventionell und 40 auf biologisch wirtschaftenden Betrieben) durch eine wissenschaftliche Mitarbeiterin der HBLFA Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Im zweiten Projekt erfolgten die Erhebungen auf 318 Bio-Betrieben durch geschulte Kontrollorgane österreichischer Kontrollstellen, wobei 196 Betriebe mit Laufstallhaltung und 122 Betriebe mit Kombinationshaltung besucht wurden. Die durchschnittliche Betriebsgröße aller 236 Laufstallbetriebe lag bei 21 Kühen, wobei ein Viertel aller Betriebe mehr als 27 Kühe hielt. Die 139 Kombinationshaltungsbetriebe waren mit einer durchschnittlichen Betriebsgröße von 12 Kühen kleiner strukturiert, hier war kein Betrieb mit mehr als 25 Kühen vertreten.

4. Ergebnisse und Diskussion

Wie oben beschrieben gliedert sich der an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein entwickelte FarmLife-Welfare-Index in drei Erhebungs-Teilbereiche: „Haltungsbedingungen“, „Tierbetreuung und Management“ und „Tier“. Ein Gesamt-Index fasst die drei Teilergebnisse zusammen und bildet das Tierwohl-Potenzial für die untersuchte Milchviehherde ab.

4.1 Ergebnisse Projekt 1

Im ersten Projekt wurden 57 Betriebserhebungen durchgeführt. Dabei entfielen 17 auf konventionell und 40 auf biologisch wirtschaftende Betriebe. Die FarmLife-Welfare-Gesamt-Indexwerte lagen in einem Bereich von 48 bis 95 Punkten und wiesen ein arithmetisches Mittel von 86 Punkten und einen Median von 89 Punkten auf (Tabelle 2). Laufstallbetriebe lagen mit einem Median von 90 um rund 8 Punkte höher als Kombinationshaltungsbetriebe, wobei eine große Spannweite bei der Punktezahl innerhalb der Gruppe des gleichen Haltungssystems vorlag. Abbildung 3 zeigt die Punktezahlen der drei Teilbereiche.

Abbildung 3: Ergebnisse der FarmLife-Welfare-Bewertung im Projekt 1

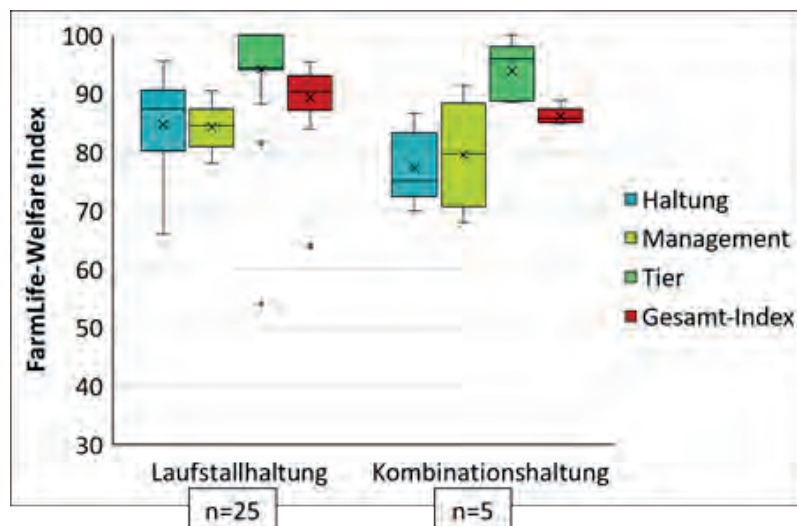


Tabelle 2: FarmLife-Welfare-Ergebnisse zu Projekt 1 und 2 und Gesamtergebnis

	Projekt 1	Projekt 2	Gesamt
Anzahl	57	318	375
Arithm. Mittelwert	86	83	84
Minimum	48	58	46
Maximum	95	97	97
Median	89	84	85

4.2 Ergebnisse Projekt 2

Im zweiten Projekt erfolgten die Erhebungen auf 318 Betrieben, wobei es sich hier ausschließlich um Bio-Betriebe handelte. Der arithmetische Mittelwert der Gesamt-Punktezahl lag bei 83 Punkten, der Median bei 84 Punkten (Tabelle 2). Zwischen Laufstall- und Kombinationshaltungsbetrieben bestand im Median ein Punkteunterschied von 7 Punkten – die Laufstallbetriebe wiesen etwas höhere Werte auf. Die Ausprägung der Punkte in den drei Teilbereichen ist aus Abbildung 4 ersichtlich.

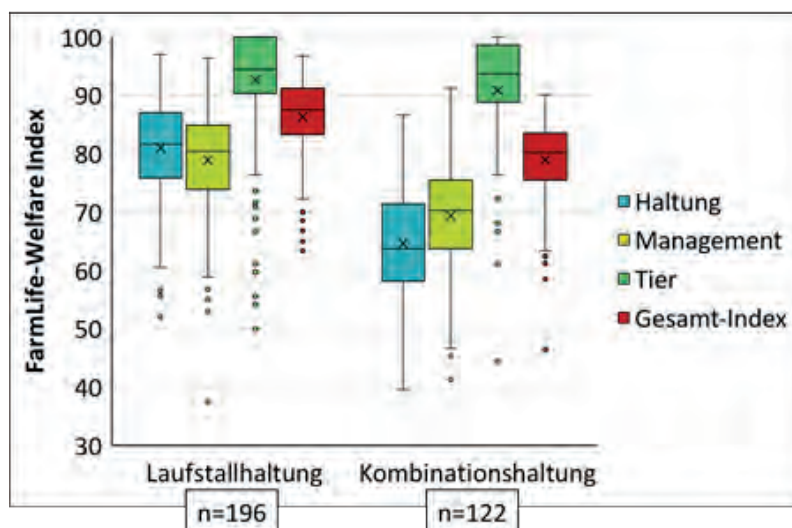


Abbildung 4: Ergebnisse der FarmLife-Welfare-Bewertung im Projekt 2

4.3 Zusammenfassende Ergebnisse zur praktischen Anwendung und Diskussion

Abbildung 5 zeigt die Verteilung der Gesamt-Index-Werte der insgesamt 375 Betriebs-erhebungen. Das arithmetische Mittel lag bei 84 Punkten (Tabelle 2). Die Häufigkeits-verteilungen für die 236 Laufstallbetriebe und die 139 Kombinationshaltungsbetriebe in Abbildung 6 lassen einen Überschneidungsbereich erkennen. Das arithmetische Mittel der Kombinationshaltungsbetriebe lag bei 79 Punkten, jenes der Laufstallbetriebe bei 86 Punkten.

Wie die Ergebnisse zeigen, beeinflusste bei den ausgewerteten Betrieben das Betriebsmanagement die Ergebnisse unabhängig vom Haltungssystem sehr stark (Abbildung 7). Die Streuung des Index-Wertes im Bereich „Management und Tierbetreuung“ war bei Kombinationshaltungsbetrieben größer als in Laufstallbetrieben. Im Bereich „Haltungsbedingungen“ lagen die Laufstallbetriebe höher, wobei hier speziell der hohe Bio-Anteil (Weidehaltung und Auslauf sehr bedeutend) zu beachten ist. Bei den tierbezogenen Indikatoren („Tier“) lagen die Medianwerte bei Laufstall- und Kombinationshaltungsbetrieben auf vergleichbarem Niveau.

Vergleicht man die Gesamt-Index-Werte, dann zeigt sich im Medianwert eine Differenz von rund 8 Punkten – Laufstallbetriebe erreichten etwas höhere Werte. Ein gut geführter

Kombinationshaltungsbetrieb, der beispielsweise ein sehr gutes Management umsetzt und Auslauf und Weide anbietet, kann aber auch das Niveau von Laufstallbetrieben erreichen bzw. besser abschneiden. Daraus lässt sich ableiten, dass durch gezielten menschlichen Einsatz, umfangreiche Pflege und Betreuung der Tiere, Weidehaltung und regelmäßigen Auslauf das Gesamt-Ergebnis eines Kombinationshaltungsbetriebes stark aufgewertet werden kann. Der beispielsweise positive Einfluss der Weidetage auf Parameter des Tierwohls und der Tiergesundheit konnte auch in der Studie von SCHENKENFELDER und WINCKLER (2019) statistisch abgesichert werden.

Die vorliegenden Ergebnisse aus 375 Betriebserhebungen weisen darauf hin, dass das Tierwohlpotenzial eines Betriebes nicht allein durch die Art des Haltungssystems definiert werden kann. Dazu werden in der Literatur zahlreiche darüberhinausgehende Tierwohlindikatoren empfohlen. Vor allem das Betriebsmanagement, die Tierbetreuung und Pflege, der Umgang mit den Tieren, die Mensch-Tier-Beziehung, eine stabile Herdenstruktur, fachgerechte Klauenpflege, die bedarfsangepasste Fütterung, Weidehaltung, regelmäßiger Auslauf, die baulichen Details in den Stallungen etc. sind besonders wichtig. Innerhalb des gleichen Haltungssystems kann eine große Variationsbreite hinsichtlich des Tierwohls vorliegen. Eine Tierwohlbeurteilung soll eine Zusammenschau verschiedener Indikatortypen sein und neben der Haltungsumwelt auch das Management berücksichtigen und insbesondere auch das Tier anhand von tierbezogenen Indikatoren im Blickfeld haben.

Abbildung 5: Verteilung der Gesamt-Index-Werte der insgesamt 375 Betriebserhebungen

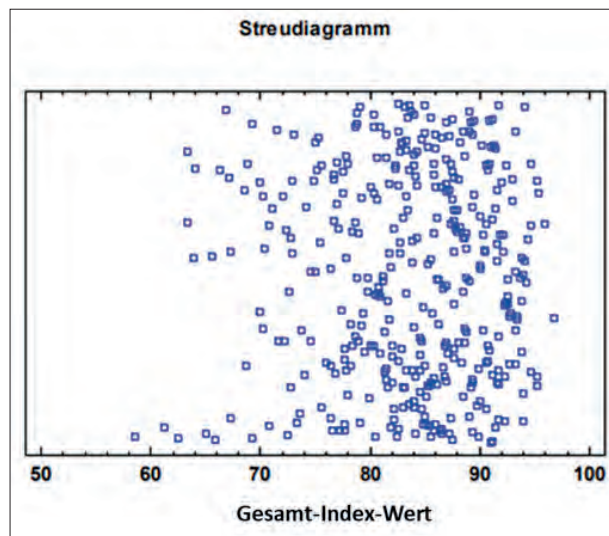
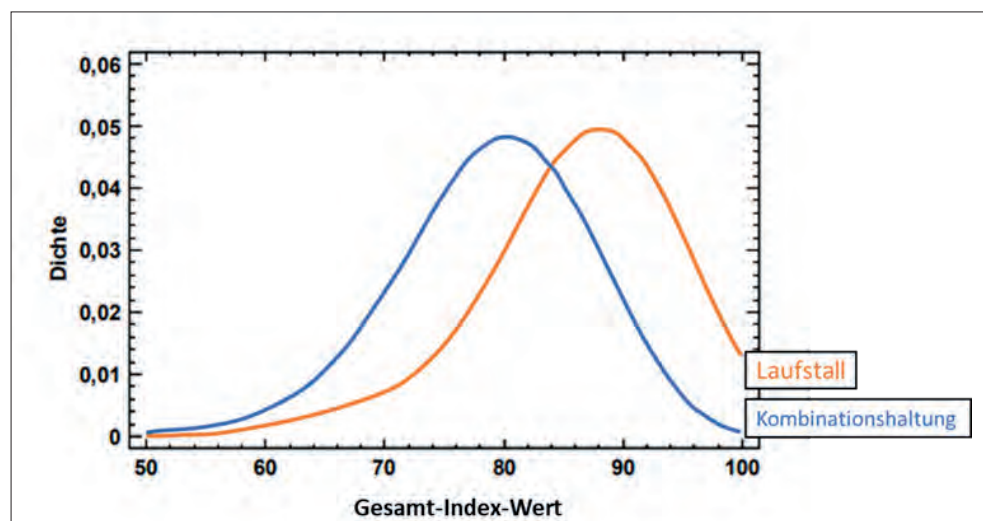


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der untersuchten Laufstall- und Kombinationshaltungsbetriebe (n = 375)



Nachdem im derzeitigen Datensatz biologisch wirtschaftende Betriebe dominieren und auf Bio-Betrieben besondere Vorgaben zu den Haltungsbedingungen bestehen (Weide, Auslauf, Stallflächen etc.) werden weiterführende Erhebungen auch auf zufällig ausgewählten konventionellen Betrieben angeregt.

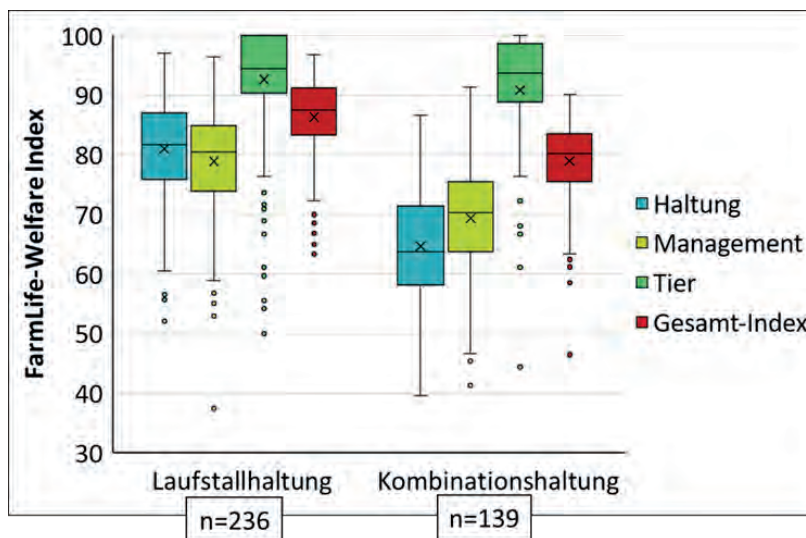


Abbildung 7: Ergebnisse der FarmLife-Welfare-Bewertung auf 375 österreichischen Milchviehbetrieben

5. Einfluss veränderter Aggregationsgewichte auf den FarmLife Welfare-Index

Ein bis dato offenes Arbeitsfeld war die Gewichtung von Teilergebnissen innerhalb des FarmLife-Welfare-Index (OFNER-SCHRÖCK et al. 2020). Diese Gewichtung ist von Bedeutung, weil sie Teil der Aggregation von Indikatorgruppen zu Teilbereichen und dann weiter zum Gesamtergebnis ist. Damit kann sie das Endergebnis beeinflussen. Für dieses zweistufige Aggregationsverfahren wurden vorläufig folgende Regeln festgelegt:

1. Aggregation von Indikatorgruppen: Jede Indikatorgruppe erhält das gleiche Aggregationsgewicht.
2. Aggregation von Teilbereichen: Der Teilbereich „Tierwohl“ bestimmt das Ergebnis zu 50 %, die Teilbereiche „Haltungsbedingungen“ bzw. „Tierbetreuung und Management“ teilen sich den Rest zu gleichen Teilen.

Da seit der Fertigstellung des Bewertungsmodells eine ausreichend große Stichprobe an Milchviehstallungen (n=375) erhoben wurden, konnte der Effekt geänderter Aggregationsgewichte auf das Endergebnis im Rahmen einer Simulation geprüft werden. Dafür wurde ein Ansatz gewählt, der nach der Methode der Monte-Carlo-Simulation einzelne Aggregationsgewichte schrittweise verändert. Mit den veränderten Gewichten wurde eine Neubewertung der Daten vorgenommen und das Ergebnis in eine Datenreihe eingefügt. Aus den fertigen Datenreihen kann eine Beziehung zwischen verändertem Aggregationsgewicht und neuem Ergebnis berechnet werden. Idealerweise führen die Veränderungen innerhalb der Teilbereiche zu keiner dramatischen Verschiebung und das Modell reagiert robust auf die schrittweisen Änderungen.

5.1 Simulation der Teilbereiche

Die Teilbereiche wurden jeweils unabhängig voneinander geprüft, wobei das Gewicht jeder Indikatorgruppe iterativ in 5 Stufen um je 20 % erhöht wurde. Maximal konnte ein Faktor das doppelte Aggregationsgewicht erreichen.

Zum Verständnis folgendes Beispiel: Ausgehend vom Wert 1 (Aggregationsgewicht im Teilbereich = 0,166) wird die Indikatorgruppe Flächenangebot um 20 % auf 1,2 gesteigert. Die anderen 5 Indikatorgruppen verbleiben auf dem Wert 1, sodass sich das

Summengewicht aller Gruppen auf 6,2 erhöht. Nach der Normierung mit dem neuen Summengewicht hat die veränderte Indikatorgruppe innerhalb des Teilbereiches ein Aggregationsgewicht von 0,1935 alle anderen hingegen das Aggregationsgewicht 0,161. Das Anheben eines Gewichtes wirkt somit immer auch auf die anderen Gewichte. Das höchste so erreichte Aggregationsgewicht einer Indikatorgruppe liegt bei 0,28 und ist damit 72 % höher als im Ausgangszustand.

Um die Effekte in zwei unterschiedlichen Gruppen zu untersuchen, wurden die Ergebnisse der Kombinationshaltung und der Laufstallhaltung getrennt dargestellt (Abbildung 8 bzw. Abbildung 9). Jede Säulengruppe zeigt nicht das Ergebnis der Indikatorgruppe, sondern den Mittelwert des gesamten Teilbereiches nach der Veränderung jener Indikatorgruppe die in der Beschriftung genannt wird. Im Teilbereich „Haltungsbedingungen“ in Abbildung 8 zeigt sich, dass die Indikatorgruppen „Wasserversorgung“, „Qualität Liegeplatz“,

Abbildung 8: Auswirkung veränderter Wirkungsgewichte auf die Indikatorgruppen der Kombinationshaltung

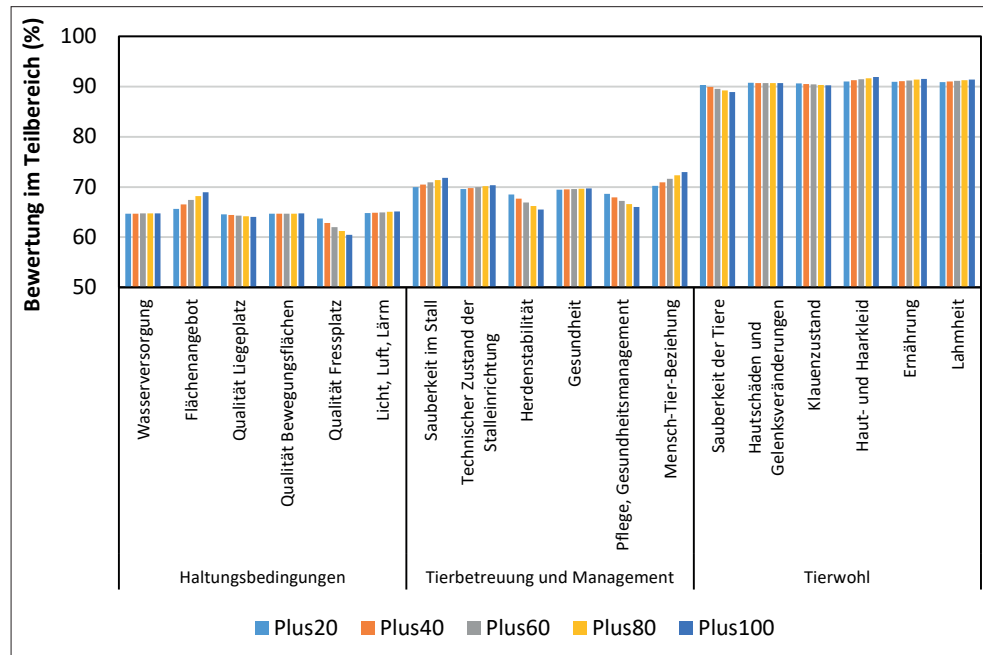
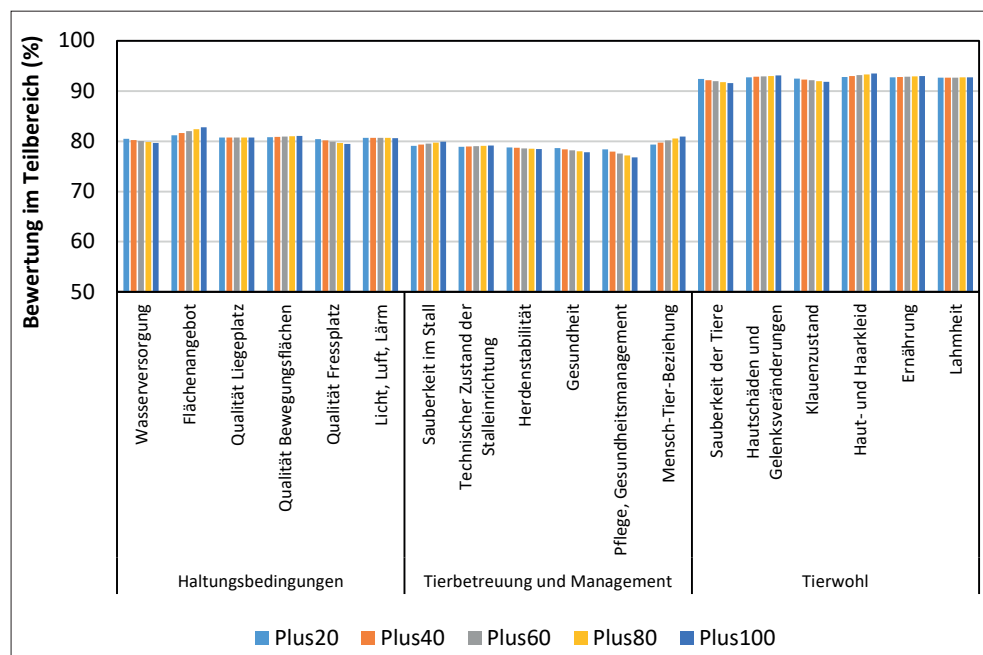


Abbildung 9: Auswirkung veränderter Wirkungsgewichte auf die Indikatorgruppen der Laufstallhaltung



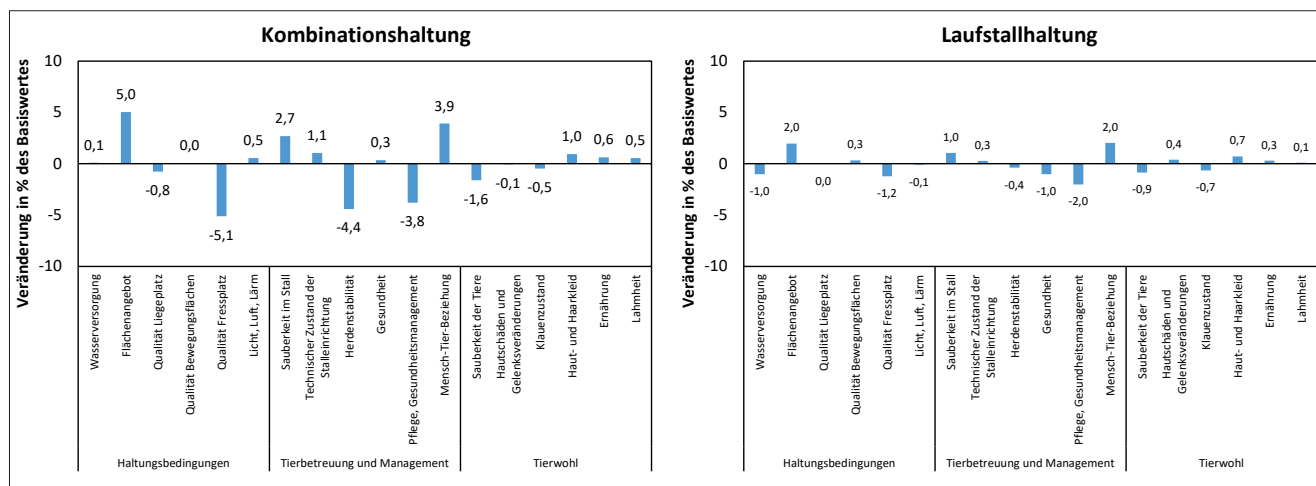


Abbildung 10: Effekte der Simulation in den Haltungformen

„Qualität Bewegungsfläche“ und „Licht, Luft, Lärm“ in der Kombinationshaltung bei ihrer Veränderung keinen Gradienten ausbilden. Die Säulen sind annähernd gleich hoch. Für die Indikatorgruppen „Flächenangebot“ und „Qualität Fressplatz“ kann eine Veränderung festgestellt werden. Ähnliches gilt auch für andere Indikatoren in anderen Teilbereichen.

Singgemäß gleich verhält sich die Simulation für die Laufstallhaltung in *Abbildung 9*. Allerdings sind die Unterschiede der Indikatorgruppen in den Teilbereichen noch geringer. Zusätzlich ist auch das Plateau in den Teilbereichen Haltungsbedingungen bzw. Tierbetreuung und Management höher.

Aus den maximalen Differenzen zwischen den Veränderungen der Säulengruppen in *Abbildung 8* und *Abbildung 9* lässt sich der maximale Effekt eines um 72 % höheren Aggregationsgewichtes auf das Endergebnis im Teilbereich (siehe *Abbildung 10*) ableiten.

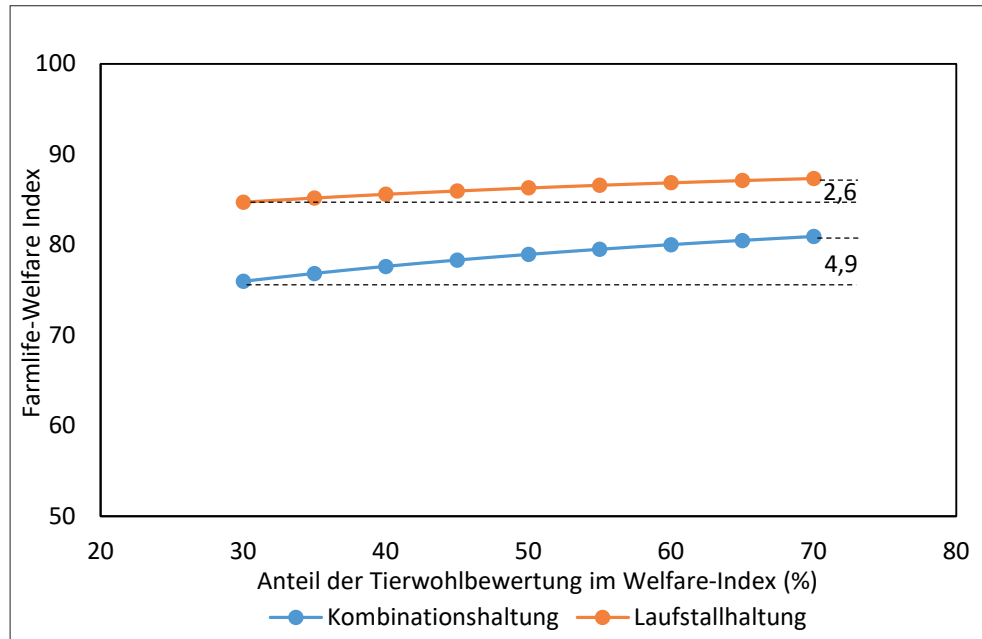
Aus der Simulation der einzelnen Teilbereiche können folgende Schlüsse gezogen werden:

- 1.) Selbst wenn das Aggregationsgewicht einer Indikatorgruppe verdoppelt wird schwankt das Ergebnis im Teilbereich maximal um etwa ± 5 %.
- 2.) Diese Schwankungsbreite wird nur von wenigen Indikatorgruppen innerhalb ihrer Teilbereiche tatsächlich ausgenutzt. Die Teilbereiche „Haltungsbedingungen“ und „Tierbetreuung und Management“ zeigen eine höhere Dynamik als der Teilbereich „Tierwohl“. Unterschiede zwischen der Kombinationshaltung und der Laufstallhaltung werden sichtbar.
- 3.) Die einzelnen Indikatorgruppen innerhalb eines Teilbereiches sind gut aufeinander abgestimmt. Das Modell ist beweglich, bleibt aber zugleich auch robust.

5.2 Simulation im Gesamtergebnis

Für die Bildung des Gesamtergebnisses werden die drei Teilbereiche mit einem Aggregationsgewicht versehen. Derzeit liegt der Gewichtsanteil des Teilbereiches „Tierwohl“ bei 50 %. Die beiden anderen Teilbereiche werden jeweils gleichbehandelt und haben in der Ausgangsgewichtung je 25 %. In der Simulation wurde dieser Gewichtsanteil im Teilbereich „Tierwohl“ von 30 % in 5 % Schritten auf 70 % angehoben. Die beiden anderen Teilbereiche passen sich gemäß der Verteilungsregelung an. *Abbildung 11* zeigt die Ergebnisse der Simulationen auf das Gesamtergebnis. Geringere Anteile führen zu geringeren Gesamtergebnissen. Die Entwicklung zwischen der Kombinationshaltung und der Laufstallhaltung ist dabei nicht vollkommen parallel. Insgesamt verändert sich das Endergebnis im Farmlife-Welfare Index bei der Kombinationshaltung mit 4,9 Punkten mehr als bei der Laufstallhaltung mit 2,6 Punkten.

Abbildung 11: Einfluss des Anteils der Tierwohlbewertung auf das Gesamtergebnis



Die Simulation mit ansteigenden Gewichten für den Teilbereich „Tierwohl“ von 30 % auf 70 % führt zu folgenden Schlüssen:

- 1.) Mit steigendem Anteil des Teilbereiches „Tierwohl“ am FarmLife-Welfare Index wird die Wirkung der anderen Teilbereiche zunehmend verdrängt.
- 2.) Der maximale Verdrängungseffekt der Simulation liegt bei der Kombinationshaltung bei 4,9 Punkten und bei der Laufstallhaltung bei 2,6 Punkten. Vor dem Hintergrund der Standardabweichung der Kurven in *Abbildung 6*, diese beträgt im Mittel 7,66 Punkte, wirkt die Simulation etwa mit der Hälfte der Standardabweichung.
- 3.) Die derzeitige Annahme eines Wirkungsanteils von 50 % ist plausibel und robust.

5.3 Zusammenfassende Ergebnisse zum Einfluss veränderter Aggregationsgewichte

Der Einfluss von Aggregationsgewichten im Modell des FarmLife Welfare-Index wurden nach dem Vorliegen von 375 Einzeluntersuchungen in Milchviehstallungen erstmals untersucht. In einer Simulation wurde dabei jeder Indikatorgruppe bzw. jedem Teilbereich iterativ ein leicht verändertes Teilgewicht zugesprochen und damit das Teil-/Endergebnis neu berechnet. Veränderungen in den Gewichten zeigen Wirkungen im kleinen Ausmaß, der Rahmen der zu erwartenden Ergebnisse wird nie verlassen. Insgesamt ist der FarmLife-Welfare Index robust.

6. Literatur

BARTUSSEK, H., 1996: Tiergerechtheitsindex für Rinder, TGI 35 L/1996, Stand Mai 1996, Veröffentlichungen der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft (BAL) Gumpenstein, Irdning, www.raumberg-gumpenstein.at

BIO AUSTRIA, 2015: Leitfaden Tierwohl – Rind. Bio Austria, Linz.

FAWC, 1979: Five Freedoms. Farm Animal Welfare Council. <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20121010012427/http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm>, Zugriffsdatum: 08.05.2020.

HERNDL, M., D.U. BAUMGARTNER, T. GUGGENBERGER, M. BYSTRICKY, G. GAILLARD, J. LANSCHKE, C. FASCHING, A. STEINWIDDER und T. NEMECEK, 2016: Einzelbetriebliche Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Betriebe in Österreich. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, Österreich und Agroscope, Zürich, Schweiz, Abschlussbericht BMLFUW, 99 S.

KTBL, 2016: Tierschutzindikatoren: Leitfaden für die Praxis – Rind. Vorschläge für die Produktionsrichtung Milchkuh, Aufzuchtalb, Mastrind. KTBL-Sonderveröffentlichung, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt.

MARCH, S., A. BERGSCHMIDT, C. RENZIEHAUSEN und J. BRINKMANN, 2017: Indikatoren für eine ergebnisorientierte Honorierung von Tierschutzleistungen. Bonn: BÖLN, 280 p.

OFNER-SCHRÖCK, E., T. GUGGENBERGER, A. STEINWIDDER, M. HERNDL, G. TERLER, C. FRITZ, E. SCHERZER, I. ZAMBERGER und J. GASTEINER, 2020: Abschlussbericht zum Projekt „Entwicklung eines Beurteilungssystems für Tiergerechtigkeit zur Implementierung in das Betriebsmanagement-Werkzeug FarmLife“. Projekt-Nr. 2440. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal.

OFNER-SCHRÖCK, E., T. GUGGENBERGER, E. SCHERZER, I. ZAMBERGER, A. STEINWIDDER und J. GASTEINER, 2021: Begleithandbuch zur Erhebung des FarmLife-Welfare-Index. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal.

SCHENKENFELDER, J. und C. WINCKLER, 2019: 24.000 Kühe lügen nicht – Tierwohlmonitoring in den Betrieben einer österreichischen Molkereigenossenschaft. Tagungsband zur 26. Freilandtagung/33. IGN-Tagung 2019, 42-47.

WELFARE QUALITY, 2009: Assessment Protocol for Cattle. Welfare Quality® consortium, Lelystad.

Warum Klimaneutralität und Wiederkäuerhaltung kein Widerspruch ist

Climate neutrality does not contradict ruminants

Wilhelm Windisch^{1*}

Zusammenfassung

Im Gegensatz zur weitverbreiteten öffentlichen Meinung sind Wiederkäuer ein unverzichtbares Instrument der Landwirtschaft zur klimaneutralen Erzeugung von Lebensmitteln. Voraussetzung für diese Funktion ist die Begrenzung der Futtergrundlage auf die unvermeidlich anfallende, nicht-essbare Biomasse aus absolutem Grasland, der Erzeugung von Ernteprodukten pflanzlicher Herkunft und ihrer anschließenden Verarbeitung zu Lebensmitteln bzw. Industriegütern (z.B. Biotreibstoffe). Über diesen Weg der Verwertung von Biomasse erzeugen Wiederkäuer hochwertige Lebensmittel in einem Umfang, der der Produktion an veganen Nahrungsmitteln nahekommt, und zwar ohne Nahrungskonkurrenz zum Menschen und ohne zusätzlichen Verbrauch an Ressourcen sowie ohne zusätzliche Emissionen. Die Methanbürde von Milch und Fleisch in Bezug auf das Klima wird dadurch bei weitem kompensiert. Die Optimierung der Futtereffizienz des gesamten Haltungssystems der Wiederkäuer trägt zur weiteren Drosselung der Emissionen aus der Nutztierhaltung bei und mildert den Rückgang der Produktionsmengen an Milch und Fleisch, die durch den Verzicht auf Nahrungskonkurrenz zum Menschen entsteht. Wiederkäuer fördern darüber hinaus die Rolle von absolutem Grünland und von Klee gras etc. im Zuge der Ackerfruchtfolge als klimaneutrale Biomassequellen bzw. als Kohlenstoffsenken.

Schlagwörter: Klima, Wiederkäuer, nicht-essbare Biomasse, Nutztiere

Summary

In contrast to the widespread public believe, ruminants play an indispensable role to agricultural production of human food in a climate-neutral way. Precondition for this function is limitation of the feed basis to non-edible biomass emerging inevitably from absolute grassland, production of plant-based harvests, and their subsequent processing to vegan foods as well as to industry products (e.g., bio-fuels). Along this way of utilizing biomass, ruminants generate high-quality food at amounts comparable with the production of vegan food, completely without food competition to humans, without additional consumption of resources, and without additional emissions. This compensates by far the climate burden of milk and meat caused by ruminant methane production. Optimizing the feed efficiency of the entire ruminant production system further reduces emissions and mitigates the losses in milk and meat production quantities which arise from abdication of food competition to humans. In addition, ruminants support the role of grassland and of clover-grass etc. grown on arable land along with crop rotation systems in their role as climate-friendly sources of biomass, and of a carbon sink, respectively.

Keywords: Climate, ruminants, non-edible biomass, livestock

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Tierernährung, Liesel-Beckmann-Straße 2, D-85354 Freising

* Ansprechpartner: Prof. Dr. Wilhelm Windisch, email: wilhelm.windisch@tum.de

Einleitung

In der öffentlichen Diskussion werden Nutztiere oftmals mit einem massiven Verbrauch an Ressourcen (Land, Wasser, Nahrung) und einer signifikanten Belastung von Umwelt und Klima durch hohe Emissionen (v.a. Stickstoff, Methan) in Verbindung gebracht. Dieser Vorwurf betrifft insbesondere die Wiederkäuer, die zur Erzeugung von Lebensmitteln im Vergleich zu Schweinen und Geflügel relativ große Futtermengen konsumieren, für deren Bereitstellung mehr Nutzfläche benötigt wird. Darüber hinaus setzen Wiederkäuer im Zuge der Verdauung ihres Futters das Treibhausgas Methan frei. In der Tat haben sich Nutztiere weltweit zu bedeutsamen Nahrungskonkurrenten des Menschen entwickelt. So werden etwa ein Drittel der globalen Ernte an Getreide und Mais und über drei Viertel der Produktion von Soja an Nutztiere verfüttert. Diese Umwidmung von essbaren Ernteprodukten des Ackerbaus gewinnt durch den anhaltenden Zuwachs der Weltbevölkerung und den gleichzeitig fortschreitenden Verlust an landwirtschaftlicher Nutzfläche aufgrund von Siedlungstätigkeit, Erosion etc. noch weiter an Brisanz. Die zunehmende Limitierung der pro Erdenbürger verfügbaren Nutzfläche wird vielfach als eine der bedeutendsten Bedrohungen der Menschheit neben der Klimakrise angesehen. Vor diesem Hintergrund erscheint die Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft immer problematischer zu werden, insbesondere über Wiederkäuer. Im Folgenden soll dargelegt werden, dass genau das Gegenteil zutrifft: Nutztiere und allem voran die Wiederkäuer sind für eine klimaschonende Landwirtschaft unverzichtbar. Entscheidend ist hierbei der verantwortungsvolle Umgang mit der landwirtschaftlichen Biomasse im Sinne der Kreislaufwirtschaft in einer standortgerechten Landwirtschaft. Weitere Erläuterungen und ein ausführliches Literaturverzeichnis findet sich in WINDISCH und FLACHOWSKY (2020).

Die Landwirtschaft generiert überwiegend nicht-essbare Biomasse

Ein erheblicher Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche besteht aus absolutem Grasland, welches aufgrund klimatischer und topographischer Gegebenheiten (z.B. Hangneigung) für die Ackernutzung ausgeschlossen ist. Weltweit sind es drei Viertel der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche, in Mitteleuropa etwa ein Drittel. Unter unseren lokalen Bedingungen (relativ hohe Niederschläge) kommt Grasland in der Produktivität an Biomasse durchaus in die Nähe von Ackerland. Aber auch Ackerflächen generieren erhebliche Mengen an nicht-essbarer Biomasse. „Essbare“ Pflanzenkulturen (z.B. Weizen) liefern nicht nur das eigentliche Ernteprodukt (z.B. Weizenkörner), sondern in ähnlichem Umfang auch nicht-essbare Koppelprodukte (z.B. Stroh). Darüber hinaus enthält die Fruchtfolge der Ackernutzung häufig nicht-essbare Zwischenkulturen wie etwa Klee gras und Luzerne. Solche Zwischenkulturen dürften künftig stark an Bedeutung gewinnen, denn sie erhalten die Bodenfruchtbarkeit, stellen für die Landwirtschaft bedeutsame Kohlenstoffsenken dar und helfen darüber hinaus bei der Einsparung von mineralischem Stickstoffdünger, dessen Herstellung mit einem enormen Aufwand an (fossiler) Energie und demzufolge mit negativen Klimawirkungen assoziiert ist. Diese nicht-essbaren Zwischenkulturen erzeugen Biomasse in einem Umfang, der mit „essbaren“ Ackerkulturen durchaus vergleichbar ist. Darüber hinaus sind auch die pflanzlichen Ernteprodukte selbst (z.B. Getreide, Mais, Ölsaaten, Zuckerrüben) bedeutsame Quellen von nicht-essbarer Biomasse, die bei der Weiterverarbeitung zu den eigentlichen Lebensmitteln bzw. Industriegütern anfällt (z.B. Kleie, Schlempe/Treber, Extraktionsschrot, Trockenschnitzel). Das Verhältnis zwischen essbarer und nicht-essbarer Biomasse variiert zwischen 3:1 (z.B. Mehl zu Kleie) bis 1:2 (z.B. Rapsöl zu Rapsextraktionsschrot). Diese sogenannten Nebenprodukte haben oftmals einen hervorragenden Futterwert und stellen insbesondere in der Fütterung von Wiederkäuern die Hauptbestandteile des „Kraftfutters“ dar. Der agrarische Stoffkreislauf ist somit keinesfalls auf den landwirtschaftlichen Betrieb begrenzt, sondern umspannt ein

komplexes Netzwerk mit (über)regionalen Ausmaßen. Insgesamt stehen hinter jedem Kilogramm Lebensmittel pflanzlicher Herkunft, das im Handel angeboten wird, mindestens 4 kg nicht-essbare Biomasse, die im Zuge der Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzflächen und der industriellen Weiterverarbeitung der Ernteprodukte anfallen.

Die Verwertung der nicht-essbaren Biomasse durch Nutztiere ist eine win-win-Situation

Die nicht-essbare Biomasse aus der Landwirtschaft enthält enorme Mengen an Pflanzennährstoffen (Stickstoff (N), Phosphor (P), etc.), die in den landwirtschaftlichen Kreislauf zurückgeführt werden müssen. Sehr bedeutsam sind in diesem Zusammenhang die Nebenprodukte der Weiterverarbeitung pflanzlicher Erntegüter zu Lebensmitteln bzw. Industrieprodukten. So gelangen etwa drei Viertel des P-Entzugs durch die Getreidernte in die Kleie. Bei der Herstellung von Speiseöl, Zucker, Stärke und Biotreibstoffen landet der Ernteentzug an N und P sogar vollständig in den Nebenprodukten. Auch hier wird offensichtlich, dass der agrarische Stoffkreislauf ein (über)regionales Netzwerk darstellt und sich weit über die Grenzen des einzelnen landwirtschaftlichen Betriebs hinaus erstreckt.

Die in der nicht-essbaren Biomasse fixierten Pflanzennährstoffe müssen rezykliert und den pflanzlichen Folgekulturen wieder zur Verfügung gestellt werden. Dies lässt sich auf drei Wegen realisieren:

1. Auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche verrotten lassen.
2. Vergärung in Biogasanlagen und Nutzung der Gärreste als Dünger.
3. Verfütterung an landwirtschaftliche Nutztiere und Nutzung der Wirtschaftsdünger.

Diese Szenarien waren Gegenstand einer neueren Untersuchung unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus über die gesamte Fruchtfolge hinweg (BRYZINSKI 2020). Daraus geht hervor, dass sich die Szenarien (2) und (3) aus dem Blickwinkel des Pflanzenbaus als gleichwertig erwiesen und dem Szenario (1) deutlich überlegen sind. Sie generieren jeweils einen lagerbaren organischen Dünger, der im Gegensatz zum bloßen Verrotten der Biomasse die Möglichkeit bietet, Pflanzennährstoffe synchron zum Bedarf der Kulturpflanzen gezielt auszubringen. Dies verbessert signifikant die N-Effizienz, reduziert die N-Emissionen und verdoppelt die Produktivität an Getreideeinheiten pro Hektar und Jahr im Vergleich zum Szenario (1). Dieses Beispiel zeigt eindrücklich die enorme Bedeutung der Verwertung der nicht-essbaren Biomasse in Rahmen eines effizienten Düngermanagements. Im Gegensatz zu Strategie (2) erzeugt die Verfütterung der nicht-essbaren Biomasse an Nutztiere jedoch nicht nur einen lagerbaren organischen Dünger, sondern ohne jegliche Nahrungskonkurrenz zum Menschen darüber hinaus auch noch höchstwertige Lebensmittel (win-win-Situation). In dieser synergistischen Kopplung von Pflanzenproduktion und Nutztierhaltung erreicht die Summe der pro Hektar und Jahr generierbaren Lebensmittel (vegan + tierisch) ein Maximum.

Der Zugewinn an menschlicher Nahrung über den Weg der Verfütterung der unvermeidlich anfallenden, nicht-essbaren Biomasse an Nutztiere ist sehr bedeutsam. Unterstellt man eine Verwertung über Milchkühe, entsprechen die 4 kg nicht-essbare Biomasse je kg pflanzlichem Lebensmittel einem Produktionswert von etwa 6 bis 7 kg Milch. Davon muss allerdings der Futteraufwand zur Bestandserhaltung der Rinderherde abgezogen werden (Aufzucht von Jungtieren, Erhaltungsbedarf von Milchkühen, etc.). Für die Ernährung des Menschen verbleiben dann noch etwa 3 kg Milch. Die darin enthaltenen Nährstoffe – insbesondere das Eiweiß von höchster Qualität – ist dem mittleren Nährstoffgehalt des einen Kilogramms an veganem Lebensmittel durchaus vergleichbar. Insgesamt ist davon auszugehen, dass die Verwertung der unvermeidlich anfallenden, nicht-essbaren Biomasse durch Nutztiere die Gesamtproduktion von Nahrung (vegan + tierisch) pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche und Jahr im Vergleich zur pflanzlichen Basisproduktion

um mindestens die Hälfte steigern kann, und zwar völlig ohne Nahrungskonkurrenz zum Menschen. Umgekehrt impliziert der (hypothetische) Verzicht auf Nutztiere, dass eine ausschließlich „vegane“ Landwirtschaft die Produktivität an pflanzlicher Nahrung auf derselben Fläche um den gleichen Betrag erhöhen müsste.

Ressourcenverbrauch und Emissionen von Nutztieren müssen im Zusammenhang mit Nahrungskonkurrenz betrachtet werden

Zur Beurteilung von Ressourcenverbrauch (z.B. Land, Wasser) und Emissionen (z.B. CO₂-Äquivalente, Stickstoff) ist die geeignete Bezugsgröße von großer Bedeutung. Bei den von Nutztieren erzeugten Lebensmitteln (Milch, Fleisch, Eier) ist naturgemäß der Bezug zum essbaren Protein am sinnvollsten. Typische Footprints (FP) für den Verbrauch an Land bzw. Wasser sowie für CO₂-Äquivalente und Stickstoff bezogen auf essbares Eiweiß sind in der neueren Literatur beschrieben (z.B. WINDISCH und FLACHOWSKY 2020). Sie zeigen, dass die FP mit steigendem Leistungsniveau asymptotisch sinken, hauptsächlich wegen der Verdünnung des Erhaltungsbedarfs am Gesamtumsatz an Nährstoffen. Der größte Unterschied ist jedoch zwischen einzelnen Tierspezies und Produktkategorien zu erkennen, wobei Rindfleisch durch besonders hohe FP und Hühnerfleisch durch besonders niedrige Werte auffällt. Die Milchproduktion liegt im Mittelfeld, was die hohe Effizienz der Nährstofftransformation der Milchbildung im Vergleich zur Rindermast widerspiegelt. Auch bei der Gewinnung von essbarem Eiweiß je kg Futtertrockenmasse nimmt Hühnerfleisch die Spitzenposition ein, gefolgt von Eiproduktion, Milchproduktion und Schweinefleisch. An letzter Stelle kommt Rindfleisch mit einem Unterschied in der Produktivität von etwa 1:10 gegenüber Hühnerfleisch. Diese Daten erwecken den Eindruck, als ob Wiederkäuer, allem voran Mastrinder, in eine klimaschonende Landwirtschaft nur noch eingeschränkt integriert werden können.

Die isolierte Betrachtung einzelner Footprints birgt jedoch erhebliche Gefahren einer Fehlinterpretation. Ein grundlegendes Problem liegt in der regionalen Selektivität der publizierten Daten, wie etwa die kraftfutterbetonte Rindermast der USA, die die sehr hohen FP von Rindfleisch in der FAO-Publikation „Livestock's long shadows“ erklärt (STEINFELD et al. 2006). Unter mitteleuropäischen Bedingungen produziertes Rindfleisch (weit höhere Anteile an Grobfutter) dürfte weitaus günstigere FP aufweisen. Grundvoraussetzung für die Beurteilung der Klimawirkungen der Erzeugung von Lebensmitteln ist demnach die Verwendung von Daten aus dem Ort der Produktion.

Ein weiteres Problem bei der selektiven Interpretation von Footprints liegt darin, dass die Nahrungskonkurrenz zum Menschen oftmals ignoriert wird. So erhalten gerade die mit niedrigen FP hervortretenden Nutztiere (z.B. Geflügel) besonders viel hochwertige Futtermittel, die auch vom Menschen essbar wären (z.B. Getreide, Mais und Soja). Die scheinbar hohe Effizienz und geringe Umweltwirkung der damit erzeugten Lebensmittel wird somit indirekt durch Nahrungskonkurrenz erkauft, was aufgrund der schwindenden Verfügbarkeit an landwirtschaftlicher Nutzfläche zunehmend problematisch werden wird. Auf der anderen Seite werden Wiederkäuer vorrangig mit nicht-essbarer Biomasse gefüttert, deren Verdauung naturgemäß schwieriger ist und bilanztechnisch relativ verlustreich abläuft. Es ist demnach völlig trivial, dass Wiederkäuer zur Erzeugung der gleichen Menge an menschlicher Nahrung deutlich mehr Futter fressen müssen, mehr Ausscheidungen produzieren und auch mehr Quadratmeter an landwirtschaftlicher Nutzfläche „verbrauchen“ als Schweine und vor allem als Geflügel. Es handelt sich jedoch primär um nicht-essbare Biomasse und um landwirtschaftliche Nutzflächen, auf denen permanent oder temporär keine Lebensmittel pflanzlicher Herkunft anfallen (absolutes Grünland; Klee gras etc. als Bestandteil der Fruchtfolge auf Ackerflächen). Die hohen FP der Erzeugung von Milch und Fleisch durch Wiederkäuer spiegeln somit keineswegs eine ineffiziente und emissionsintensive Produktionsform von Lebensmitteln wider. Sofern die

Fütterung der Tiere ausschließlich mit nicht-essbarer Biomasse erfolgt und auf einen zusätzlichen Ackerfutterbau auf Kosten der Produktion veganer Lebensmittel verzichtet wird, sind Wiederkäuer der bestmögliche Weg der Erzeugung zusätzlicher Lebensmittel.

Ein Verzicht auf Wiederkäuer hätte keinen Vorteil für das Klima

Der zentrale Aspekt der synergistischen Einbindung von Nutztieren in die landwirtschaftliche Erzeugung von Lebensmitteln (vegan + tierisch) ist die Verwertung der unvermeidlich anfallenden, nicht-essbaren Biomasse und die Rückführung der darin gebundenen Pflanzennährstoffe über die Wirtschaftsdünger. Für diese Aufgabe sind Wiederkäuer aufgrund ihrer Fähigkeit zur Verdauung faserhaltiger Biomasse besonders gut geeignet. Bei der Bewertung der damit assoziierten Umwelt- und Klimawirkungen ist zunächst festzuhalten, dass der Auslöser für die Entstehung der nicht-essbaren Biomasse die Erzeugung von veganen Lebensmitteln ist. Deshalb muss der Verbrauch an Ressourcen (Land, Wasser, Energie) auch diesen Lebensmitteln zugeschrieben werden. Gleiches gilt für die Emissionen an Kohlenstoff, Stickstoff etc., denn der Pfad der Rezyklierung der nicht-essbaren Biomasse (verrotten, Biogas, Nutztiere) hat keinen grundsätzlichen Einfluss auf die Massenbilanz. Eine gewisse Sonderrolle nimmt hierbei das absolute Grünland ein, denn es liefert kein veganes Lebensmittel, dem man den Ressourcenverbrauch und die Emissionen zuordnen könnte. Es besteht jedoch keine andere Möglichkeit der Biomasse-Nutzung dieser Flächen außer als Grünland oder als Wald. In beiden Fällen entsteht ausschließlich nicht-essbare Biomasse, die im Falle der Nutzung als Wald auch nicht verfütterbar wäre. Insgesamt erzeugt jegliche Form von Landnutzung große Mengen an nicht-essbarer Biomasse, die dem Stoffkreislauf unterworfen ist und unabhängig von der Art der (Nicht)Nutzung unvermeidlich zu Emissionen führt.

Für die Beurteilung der Umwelt- und Klimawirkungen des jeweiligen Pfads der Rezyklierung der nicht-essbaren Biomasse sind nicht die ohnehin anfallenden Emissionen entscheidend, sondern die Höhe des erzielten Nutzens. Im Falle des bloßen Verrottens der nicht-essbaren Biomasse auf dem Feld entsteht praktisch kein Zusatznutzen im Vergleich zur Düngerwirkung von Gärresten bzw. Wirtschaftsdüngern. Biogasanlagen generieren dagegen nutzbare Energieträger und die Verfütterung an Nutztiere erzeugt höchstwertige Lebensmittel ohne Nahrungskonkurrenz. Sofern man den primären Zweck der Landwirtschaft in der Sicherstellung der Ernährung des Menschen sieht, ist die Verwertung der unvermeidlich anfallenden, nicht-essbaren Biomasse durch Wiederkäuer der bioökonomisch sinnvollste Verwertungspfad. Ein Verzicht auf die Verfütterung an Nutztiere hätte somit keine grundsätzliche Entlastung von Umwelt und Klima zur Folge. Die Landwirtschaft wäre vielmehr gezwungen, die entgangene Nahrung durch eine intensivere Produktion an Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft zu kompensieren. Wie oben bereits ausgeführt, entspricht dies einer Steigerung der Pflanzenproduktion um mindestens 50 %, was mit erheblichen Zunahmen des Ressourcenverbrauchs und der Emissionen verbunden wäre. Dieser Zusammenhang zeigt, dass das Minimum der Umwelt- und Klimaeffekte der Erzeugung von Lebensmitteln in einer bioökonomisch austarierten Kopplung von Pflanzenbau und Nutztierhaltung liegt. Wiederkäuer als die leistungsfähigsten Verwerter von nicht-essbarer Biomasse sind hierfür unverzichtbar.

Bei der Verwertung der nicht-essbaren Biomasse durch Wiederkäuer entsteht allerdings auch Methan (CH_4). Dieses hochwirksame Treibhausgas wird im Zuge der mikrobiellen Fermentation in den Vormägen gebildet. Es schützt den Wiederkäuer vor Entgleisungen der Fermentation, allem voran vor der Bildung von Alkohol. Die CH_4 -Bildung ist somit ein biologisch unverzichtbarer Vorgang, dessen Drosselung, etwa durch Futtermittelzusatzstoffe, eine Verlangsamung des Stoffabbaus in den Vormägen und damit eine unerwünschte Reduzierung des Futtermittels zur Folge haben kann. Damit steht fest, dass die Produktion von Milch und Fleisch über Wiederkäuer stets mit einer gewissen

CH₄-Klimabürde gekoppelt ist. Das Ausmaß dieser Bürde hängt allerdings maßgeblich vom Umfang des Futtermittelsverzehrs ab, der zur Erzeugung dieser Lebensmittel erforderlich ist (HRISTOV et al. 2018). Damit wird die Optimierung der Futtereffizienz des gesamten Haltungssystems inklusive Futtermittelverbrauch für Nachzucht, Trockenstehtzeit der Milchkühe, usw. zu einem Instrument, mit dem man auf einfache und zugleich hocheffiziente Weise die CH₄-Klimabürde von Milch und Fleisch signifikant minimieren kann.

Die Klimawirkungen der CH₄-Emissionen von Wiederkäuern werden in der Öffentlichkeit intensiv diskutiert und dabei oftmals überschätzt. Tatsächlich verursacht die landwirtschaftliche Tierhaltung unter unseren Bedingungen in Summe etwa 4 % der jährlichen Gesamtemissionen an Treibhausgasen (z.B. UBA 2022). Dieser Beitrag ist zwar absolut gesehen relativ begrenzt, aber dennoch groß genug, um eine konsequente Minimierung der CH₄-Bürde von Milch und Fleisch einzufordern. Atmosphärisches CH₄ hat jedoch eine relativ kurze Lebensdauer und zerfällt mit einer Halbwertszeit von etwa 8 Jahren zu CO₂. Dieses CO₂ ist klimaneutral, denn es stammt aus pflanzlicher Biomasse und ist damit Bestandteil des natürlichen Kohlenstoff-Kreislaufs zwischen Vegetation und Atmosphäre. Die „Klimaschuld“ einer CH₄-Emission von Wiederkäuern dauert demnach nur so lange, wie sich nennenswerte Mengen an CH₄ noch in der Atmosphäre befinden, also etwa 20 Jahre. Gezielte Maßnahmen zur Eindämmung der CH₄-Emissionen von Wiederkäuern haben somit nicht nur einen raschen Wirkungsbeginn, sondern gleichzeitig auch eine relativ kurze Wirkungsdauer.

Im Gegensatz zu CH₄ verursacht die fortlaufende Freisetzung von CO₂ aus fossilen Quellen sowie durch Landnutzungsänderung (Rodung von Wald, Trockenlegung von Mooren, etc.) eine fortschreitende Akkumulation in der Atmosphäre, da CO₂ praktisch nicht noch weiter zerfallen kann. Der extreme Unterschied zwischen der Lebensdauer von atmosphärischem CO₂ und von CH₄ hat zur Folge, dass der relative Beitrag des CO₂ zur Klimakrise von Jahr zu Jahr wächst und der des Methans dementsprechend sinkt. Dieser Umstand führt zur Kritik an der isolierten Betrachtung der jährlichen Emissionen, denn sie ignoriert den kumulativen Effekt der CO₂-Emissionen seit Beginn der Industrialisierung. Gemäß dieser Sichtweise wird der tatsächliche Klimabeitrag von CO₂ bis zum heutigen Zeitpunkt etwa um den Faktor 3 bis 4 unterschätzt und der des CH₄ entsprechend überschätzt (sogenanntes Oxford-Modell) z.B. ALLEN et al. 2018. Im Verhältnis zur der bis heute aufgelaufenen atmosphärischen CO₂-Akkumulation wäre demnach der Klimaeffekt von Einsparungen der CH₄-Emission aus der Landwirtschaft wesentlich kleiner als bislang diskutiert. Dies entbindet allerdings nicht von der Verpflichtung zur Minimierung der CH₄-Bürde von Milch und Fleisch.

Insgesamt erscheint das CH₄ aus dem Verdauungstrakt von Wiederkäuern die Klimawirksamkeit der Nutztierhaltung nur begrenzt zu beeinflussen. Die CH₄-Klimabürde von Milch und Fleisch, die mit der Verfütterung der unvermeidlich anfallenden, nicht-essbaren Biomasse assoziiert ist, wird durch den Zugewinn an höchstwertigen Lebensmitteln bei weitem kompensiert, denn dieser entsteht ohne Nahrungskonkurrenz zum Menschen und ohne zusätzlichen Ressourcenverbrauch bzw. zusätzliche Emissionen an Kohlenstoff und Stickstoff. Umgekehrt lässt die Ersatzbeschaffung dieses Zugewinns an Nahrung über den Weg einer massiv intensivierten Pflanzenproduktion einen weit bedeutsameren Zuwachs an Emissionen erwarten. Das Minimum an Klimawirksamkeit der Erzeugung von menschlicher Nahrung (vegan + tierisch) aus einer gegebenen Fläche lässt sich somit nur unter Einbeziehung von Wiederkäuern erzielen. Darüber hinaus können Wiederkäuer absolutes Grünland und Biomasse aus Gründüngung (z.B. Klee) hervorragend verwerten. Beide Quellen an Biomasse schneiden in der Kohlenstoff-Bilanz der Landwirtschaft besonders günstig ab und stellen im Falle der Gründüngung sogar Kohlenstoffsenken dar. Wiederkäuer können somit das Ziel einer CO₂-neutralen Landwirtschaft maßgeblich unterstützen.

Die großen Vorteile der Einbindung von Wiederkäuern in ein klimaschonendes Gesamtsystem der Landwirtschaft haben allerdings auch ihre Grenzen. Sobald über die unvermeidlich anfallende, nicht-essbare Biomasse hinaus zusätzliche Futtermittel produziert

werden, entsteht unweigerlich eine Konkurrenz zwischen Futter und menschlicher Nahrung um die Ackerfläche. Futtermittel, die unter diesen Bedingungen erzeugt werden, müssen dann auch den jeweiligen Verbrauch an Ressourcen und die entsprechenden Emissionen verantworten, und zwar auch dann, wenn die geerntete Biomasse nicht essbar ist. Noch deutlicher wird dieser Zusammenhang bei der intensiven Schweine- und Geflügelhaltung, denn das Futter besteht hier zu einem erheblichen Anteil oder sogar nahezu vollständig (Geflügel) aus essbarer Biomasse (z.B. Getreide, Mais, Soja). Ein zusätzlicher Kritikpunkt aus der öffentlichen Diskussion zielt darauf ab, dass die globale Erzeugung dieser potenziell essbaren Futtermittel häufig mit Landnutzungsänderungen verbunden sei (z.B. Sojaproduktion auf gerodetem Urwald). In der Tat verursachen solche Landnutzungsänderungen massive Emissionen. Diese dürfen der Nutztierhaltung jedoch nicht einseitig angelastet werden, denn der Schaden an Umwelt und Klima durch solche Landnutzungsänderung ist genauso groß, wenn man die darauf erzeugte Biomasse primär in die menschliche Ernährung leiten würde. Insgesamt nimmt die Klimaverträglichkeit der Nutztierhaltung immer mehr ab und kehrt sich zunehmend in einen Belastungsfaktor des Klimas um, je stärker Nutztiere zu indirekten oder direkten Nahrungskonkurrenten des Menschen werden (indirekt: Futterbau auf Ackerflächen; direkt: Verfütterung essbarer Biomasse).

Schlussfolgerungen und Ausblick

Angesichts der globalen Verknappung der landwirtschaftlichen Nutzfläche wird es immer wichtiger, mit möglichst geringem Input an klima- und umweltbelastenden Faktoren aus einer begrenzten Fläche ein Maximum an Nahrung für den Menschen zu gewinnen. Entscheidend ist somit die Effizienz des Gesamtsystems. Ohne Zweifel liegt hier die Priorität auf der Produktion von veganen Lebensmitteln, also auf der direkten Nutzung von essbarer Biomasse pflanzlicher Herkunft als menschliche Nahrung. Oberstes Ziel ist hierbei die Optimierung der Ausbeute an essbarer Biomasse entlang der gesamten Strecke von der landwirtschaftlichen Primärproduktion über die Weiterverarbeitung der Ernteprodukte bis zum verkaufsfähigen Lebensmittel. Die zweite Säule eines effizienten Gesamtsystems besteht in der Einschleusung der nicht-essbaren Biomasse in einen sekundären Verwertungskreislauf auf der Basis von Nutztieren, allem voran von Wiederkäuern. Auch hier muss die Effizienz der Transformation optimiert werden. Dazu zählt die Pflanzenzüchtung auf einen hohen Futterwert der nicht-essbaren Biomasse, die Minimierung der Verluste an Biomasse bei Ernte und Konservierung, die konsequente Nutzung der Nebenprodukte aus der Verarbeitung pflanzlicher Erntegüter, eine präzise Nutztierfütterung einschließlich der Supplementierung limitierender Nährstoffe, sowie die Förderung der Verdauungskapazität. Einen wesentlichen Beitrag liefert auch die Minimierung des „unproduktiven“ Futterverzehr im Gesamtsystem der Nutztierhaltung, etwa durch Reduzierung der Remonte und Förderung von Langlebigkeit und Tiergesundheit. All diese Maßnahmen tragen dazu bei, den Gewinn an hochwertigen Lebensmitteln aus derselben, limitiert verfügbaren, nicht-essbaren Biomasse zu steigern. Im Gegenzug sinken die Emissionen und insbesondere auch die CH₄-Klimabürde der Erzeugung von Milch und Fleisch durch Wiederkäuer.

Insgesamt muss die Intensität der Nutztierhaltung an die lokalen Produktionspotenziale der Landwirtschaft angepasst werden. Entscheidend sind hierbei die Menge und Qualität der in der Region unvermeidlich anfallenden, nicht-essbaren Biomassen einschließlich ihrer industriellen Nebenprodukte. Eine dergestalt auf Kreislaufwirtschaft ausgerichtete, standortgerechte Landwirtschaft erreicht ihr Minimum an Ressourcenverbrauch, Emissionen und Klimawirksamkeit. Damit geht allerdings auch eine deutliche Drosselung der insgesamt produzierten Gesamtmenge an Lebensmittel tierischer Herkunft einher, insbesondere an Schweinefleisch und Geflügelprodukten (BAUR und FLÜCKINGER 2018). Die in der öffentlichen Diskussion häufig geforderte Senkung des „Fleischkonsums“ zu Gunsten des Klimas wäre dann nicht etwa eine klimaschonende Maßnahme, sondern viel-

mehr das Resultat einer standortgerechten Landwirtschaft, in der die Relation zwischen Pflanzenbau und Tierhaltung in ein bioökonomisches Gleichgewicht gebracht wurde.

Literatur

ALLEN, M.R., K.P. SHINE, J.S. FUGLESTVEDT, R.J. MILLAR, M. CAIN, D.J. FRAME und A.H. MACEY, 2018: A solution to the misrepresentations of CO₂-equivalent emissions of short-lived climate pollutants under ambitious mitigation. *npj Clim Atmos Sci* 1, 16. <https://doi.org/10.1038/s41612-018-0026-8>

BAUR, P. und S. FLÜCKINGER, 2018: Nahrungsmittel aus ökologischer und tiergerechter Produktion. Eine Studie im Auftrag von Greenpeace Schweiz. Wädenswil: ZHAW Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen. doi:10.21256/zhaw-1411

BRYZINSKI, T., 2020: Erträge, Energieeffizienz und Treibhausgasemissionen ökologischer und konventioneller Pflanzenbausysteme: Methodische Einflüsse und feldexperimentelle Ergebnisse. Dissertation an der Technischen Universität München, Germany. ISBN: 979-8574395912/; <https://hypel.ink/bryzinski>

HRISTOV, A.N., E. KEBREAB, M. NIU, J. OH, A. BANNINK, A.R. BAYAT, T.M. BOLAND, A.F. BRITO, D.P. CASPER, L.A. CROMPTON, J. DIJKSTRA, M. EUGÈNE, P.C. GARNSWORTHY, N. HAQUE, A.L.F. HELLWING, P. HUHTANEN, M. KREUZER, B. KUHLA, P. LUND, J. MADSEN, C. MARTIN, P.J. MOATE, S. MUETZEL, C. MUÑOZ, N. PEIREN, J.M. POWELL, C.K. REYNOLDS, A. SCHWARM, K.J. SHINGFIELD, T.M. STORLIEN, M.R. WEISBJERG, D.R. YÁÑEZ-RUIZ und Z. YU, 2018: Symposium review: Uncertainties in enteric methane inventories, measurement techniques, and prediction models. *J. Dairy Sci.* 101, 6655-6674.

STEINFELD, P., T. GERBER, T. WASSENAAR, M. CASTEL, M. ROSALES und C.D. HAAN, 2006: *Livestock's long shadow: Environmental Issues and Options*. FAO, Rome, 390 p.

UBA (Umweltbundesamt), 2022: Treibhausgas-Emissionen in Deutschland. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>. [11.03.2022].

WINDISCH, W. und G. FLACHOWSKY, 2020: Tierbasierte Bioökonomie. In: Thrän, D., Moesenfechtel, U. (Hrsg.): *Das System Bioökonomie*. Springer Nature, Berlin 2020. ISBN 978-3-662-60730-5. 70-86.

Standortgerechte Landwirtschaft: Was ist am Betrieb zu tun?

Edina Scherzer^{1*} und Reinhard Scherzer¹

Einleitung

Vielfältig, wie die Voraussetzungen österreichischer landwirtschaftlicher Betriebe, sind auch die konkreten Antworten auf die gestellte Frage. Anhand des Beispiels unseres Betriebes werden verschiedene Überlegungen beschrieben und daraus ableitbare, allgemein gültige Aspekte hervorgehoben.

Voraussetzungen des Betriebes erkennen

Der Grundstein für die Gegebenheiten am Betrieb, wie wir sie heute vorfinden, wurde bereits vor Jahrzehnten gelegt. Unsere Vorfahren haben sich intensiv mit der Landwirtschaft, insbesondere mit der Rinderhaltung, beschäftigt – Rinderzucht hat auf unserem Hof Tradition.

Durch überschaubare Investitionen wurde der Stall mehrfach ausgebaut und schrittweise vergrößert. Ein Laufstallsystem, das den Tieren ein komfortables Umfeld und den Menschen einen angenehmen Arbeitsplatz bietet, entstand als Resultat.

Weidehaltung stellt für die Tiere und für uns Abwechslung dar. Die Kühe haben den ganzen Sommer über Zugang zur direkt angrenzenden Nachtweide, das Jungvieh verbringt die warmen Monate auf der Heimweide (Frühling und Herbst) und auf der Alm.

Die Flächen unseres Betriebes wurden nachhaltig intensiviert. Höchste Grundfutterqualität hat oberste Priorität und daher wird besonderes Augenmerk auf das Funktionieren der Erntekette gelegt. Die Maschinenausstattung unseres Betriebes ist durchschnittlich. Manche Maschinen befinden sich im Gemeinschaftsbesitz, viele Feldarbeiten werden ausgelagert.

Vom Standort ausgehend wurde ursprünglich die Entwicklungsrichtung von landwirtschaftlichen Betrieben durch die räumliche Lage, Flächenbeschaffenheit, Flächenausmaß, Boden, usw. bestimmt. Durch stete Intensivierung spezialisierter Betriebe und die Globalisierung in den letzten Jahrzehnten rückte dieser wichtige Aspekt in den Hintergrund. Nun ist es höchste Zeit, die Gegebenheiten des Standortes im Betriebskonzept zu berücksichtigen.

Persönliche Vorlieben herausfinden

Die Art der Landwirtschaft wird auf typischen, österreichischen Familienbetrieben von den dort mitwirkenden Menschen stark geprägt. Jede Generation hat die Möglichkeit, ihre Visionen am Betrieb zu verwirklichen. Wagt man einen Blick über den Tellerrand, so erkennt man unzählige Möglichkeiten für landwirtschaftliche Betriebe.

Damit die eigene Richtung klar wird und darauf aufbauend Ziele formuliert werden können, nutzen wir umfangreiches fachliches Weiterbildungsangebot. Die Diskussion über richtungsweisende Entscheidungen oder Entwicklungen unseres Betriebes und darüber hinaus über die gesamte Landwirtschaft führen wir gerne – sehr oft auch innerhalb der Familie abends nach der Stallarbeit während der Tierbeobachtung am Futtertisch.

Praktika bieten eine wertvolle Möglichkeit fremde Betriebsstrategien kennen zu lernen und für eine begrenzte Zeit in eine „andere Welt“ einzutauchen. Im Laufe der Ausbildung,

¹ Draustraße 10, A-9711 Paternion

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Edina Scherzer, email: edina.scherzer@raumberg-gumpenstein.at

aber auch später werden persönliche Stärken und Vorlieben erkennbar, die die Grundlage für eine erfolgreiche landwirtschaftliche Zukunft darstellen.

Die in Österreich typische Struktur des Familienbetriebes bringt neben den Herausforderungen auch viele Vorteile mit sich. Der Betrieb wird bei uns als gemeinsames Projekt angesehen. Verantwortlichkeiten werden bestmöglich aufgeteilt und gewisse Aufgaben gemeinsam erledigt. Das enge Zusammenleben und Zusammenarbeiten kann jedoch auch sehr fordernd sein. Eine gesunde Gesprächsbasis innerhalb der Familie ist Grundvoraussetzung. Getroffene Entscheidungen werden von allen Familienmitgliedern mitgetragen.

Ziele – abgestimmt auf meinen Betrieb

Betriebsziele entstehen ausgehend von den Voraussetzungen am Betrieb und schließen die persönlichen Interessen der Betriebsführer:innen unter klarer Berücksichtigung von Marktsituation und Konsumentenwünschen ein. Stehen die Ziele fest, wird die Betriebsentwicklung dahingehend schrittweise vorangetrieben. Manchmal bedarf es einer Anpassung der Ziele – äußere Umstände oder Betriebsressourcen können sich stets verändern.

Wir sind sehr vom Konzept der Standortgerechten Landwirtschaft überzeugt und richten daher die Betriebsziele darauf aus. Folgende Maßnahmen ergeben sich für uns daraus:

- Gezielter Einsatz von Arbeitskapazitäten, nicht in Kleinigkeiten verzetteln
- Tiere, die zu meinem Produktionskonzept passen (Zuchtziel)
- Intensitätsstufe an Voraussetzungen des Betriebes anpassen
- Landwirtschaftliche Maschinen und Geräte abgestimmt auf Einsatzraum und Einsatzumfang
- Tierwohl gewährleisten, Weide anbieten
- Gesunde Tiere halten und präventiv dafür sorgen
- Erneuerbare Energie nutzen (Biomasse, Photovoltaik)
- Gesunde Böden, regelmäßige Grünlandnachsaat, aktuell: Versuch Soja-Ganzpflanzensilage
- Wirtschaftlicher Erfolg – doppelte Buchführung

Ausblick mit positiver Grundhaltung

Um das schlüssige Konzept der standortgerechten Landwirtschaft weiter zu forcieren, wird eine einfache, klare, verständliche Aufbereitung der Inhalte notwendig sein. Es ergeben sich sämtliche Vorteile für die Landwirtschaft von selbst, aber auch für Konsument:innen, Umwelt, Tourismus und unser aller Gesundheit.

Das Betriebsmanagementtool „FarmLife“ zur Bewertung von Betrieben wurde auf unserem Betrieb bereits verwendet. Es bietet nach überschaubarem Aufwand durch diverse Eingaben einen umfangreichen Überblick, der den Betrieb hinsichtlich mehrerer Standpunkte auf Standortgerechtigkeit prüft.

Besteht von der Politik das Interesse, diese Entwicklung zu forcieren und endlich den Trend der ständig sinkenden Zahlen an landwirtschaftlichen Betrieben anzuhalten, so wäre eine Verteilung von Fördermitteln (Flächenprämien, Investitionsförderungen, ...) auf Basis dieses Tools denkbar. Auch Molkereien (Heben der konventionellen Produktion auf einen neuen Level), Erzeugergemeinschaften (standortgerechte Mastprogramme zB. Kalbinnen- und Ochsenmast – Produkte von der Alm) und Zuchtorganisationen (Forcierung betriebsindividueller Zuchtziele) haben die Möglichkeit, ihre Entwicklung dahingehend voranzutreiben.

Durch Standortgerechte Landwirtschaft werden Abhängigkeiten und damit auch Risiken reduziert, der Fokus liegt auf den eigenen Potenzialen des Betriebes. Betriebsmittelzuzäufe dienen dem Ausgleich der eigenen Ressourcen.

Erfreulicherweise nimmt das Interesse unserer Konsument:innen an Lebensmitteln und ihrer Produktionsweise zu. Jede Bäuerin, jeder Bauer ist gefordert aktiv mit Konsument:innen im Kontakt zu bleiben. Dadurch erlangen unsere landwirtschaftlichen Produkte den ihnen gebührenden Wert.

Die Zahlen und Fakten aus der FarmLife-Anwendung für den eigenen Betrieb liefern uns völlig neue Argumente und Rückmeldungen zur eigenen Betriebsführung. Damit können Bäuerinnen und Bauern proaktiv im gesellschaftlichen Dialog das Bild der österreichischen Landwirtschaft mitgestalten.



Werte für die Zukunft aktiv kommunizieren

Hannes Royer^{1*}

Die standortgerechte Landwirtschaft gibt Antworten auf die brennendsten Fragen der heutigen Zeit, wie etwa Klimaschutz oder Biodiversität. Die große Herausforderung ist nicht nur die Umsetzung auf den Betrieben, sondern auch die Kommunikation der neuen Ausrichtung an die Konsumentinnen und Konsumenten.

Die Stärke der österreichischen Landwirtschaft liegt nicht in billigsten Lebensmitteln, sondern in einer hohen Qualität. Mit Qualität sind vor allem die von der Gesellschaft geforderten Faktoren, wie Regionalität, Tierwohl oder Klimaeffizienz gemeint. In der standortgerechten Landwirtschaft werden diese Faktoren fokussiert – mit dem Ziel, eine regionale Landwirtschaft zu etablieren, die mit den vorhandenen Ressourcen optimal produziert. Grundidee: Der Standort des Bauernbetriebes bestimmt mit, in welchem Rahmen Milch, Fleisch oder Kartoffeln produziert werden und wieviel davon. Das bedeutet, dass jeder einzelne Bauernhof eine eigene betriebliche Perspektive vorfindet. Die standortgerechte Landwirtschaft ist die Antwort auf die brennendsten Fragen der heutigen Zeit, wie Klimaschutz und Biodiversität. Regional und klimafreundlich zu produzieren ist kein Trend, sondern in Österreich notwendig, damit die heimische Landwirtschaft langfristig bestehen kann.

Aus dieser neuen Ausrichtung der Landwirtschaft soll auch ein Marktvorteil für die österreichischen Bäuerinnen und Bauern resultieren, der marketingtechnisch genutzt werden kann. Die standortgerechte Landwirtschaft soll nicht nur ein reines Produktionsmodell sein, sondern auch an die Konsumentinnen und Konsumenten als ein nachhaltiges Modell kommuniziert werden. Im folgenden Beitrag geht es also um die Beantwortung der Frage: Wie kann der Mehrwert der standortgerechten Landwirtschaft an die Konsumentinnen und Konsumenten kommuniziert werden?

Wirklichkeit vs. Werbung

Derzeit ist eine Kluft zwischen der Landwirtschaft und der Entwicklung der Gesellschaft erkennbar. Konsumentinnen und Konsumenten erheben ihre Stimme immer kritischer gegenüber der Landwirtschaft und fordern eine nachhaltige Lebensmittelproduktion. Das Bild, das viele von der österreichischen Landwirtschaft haben, wird durch Werbung und Skandalisierung häufig verzerrt. Während die Werbung eine märchenhafte Bauernhofidylle vorgaukelt, skandalisieren einige Berichterstattungen. Die Werbung suggeriert, dass es keinen Bedarf gibt, etwas zu verändern. Die Skandalisierung der NGOs, Medien und anderen Organisationen erweckt wiederum den Anschein, dass die Herausforderungen unserer Lebensmittelproduktion ausweglos sind. Doch weder die Idylle aus der Werbung noch die Skandalisierung entspricht der Realität, die Wahrheit liegt in der Mitte. Die Herausforderung ist, diese Wahrheit herauszuarbeiten, einzuordnen sowie transparent an die Konsumentinnen und Konsumenten zu bringen. Jedoch geben die Bäuerinnen und Bauern ihrerseits derzeit kaum Antworten. Ihr Anteil an der Wertschöpfungskette von Lebensmitteln bleibt so unbekannt. Eine aktive Kommunikation bringt Vorteile sowohl für die standortgerechte Landwirtschaft als auch für Österreichs Landwirtschaft allgemein. Zunächst einmal gilt es zu erkennen, dass Konsumentinnen und Konsumenten mit jedem Griff ins Regal und jeder Bestellung im Restaurant die Qualität und die gesamte Wertschöpfungskette von der Produktion auf dem landwirtschaftlichen Betrieb über die Art der Verarbeitung bis hin zur Präsentation im Lebensmittelhandel und am Teller mitbestimmen können. Denn im Supermarktregal wird beispielsweise nur das nachgeschichtet, was vorher herausgenommen wurde. Das heißt, die Entscheidung jedes einzelnen Konsumierenden wirkt sich unter anderem auf Anbau- und Arbeitsbedingungen,

¹ Land schafft Leben, Erzherzog-Johann-Strasse 248b, A-8970 Schladming

* Ansprechpartner: Hannes Royer, email: post@landschaftleben.at

Transportwege, Tierwohl und den Lebensraum aus. Die Konsumentinnen und Konsumenten haben es mit ihrer Kaufentscheidung also in der Hand, jene Produktionsbedingungen zu fördern, die ihnen wichtig sind.

Jeder Griff ins Regal ist ein Produktionsauftrag

Wie treffen viele Menschen in Österreich derzeit ihre Kaufentscheidung? Hauptsächlich über den Preis. Die österreichischen Bäuerinnen und Bauern können aber praktisch nirgendwo in der landwirtschaftlichen Produktion den Kampf um den niedrigsten Preis führen. Seit dem EU-Beitritt 1995 ist Österreich Teil des freien Marktes, was den Markt radikal verändert hat. Um beim steigenden Marktkampf mithalten zu können, versuchen viele Bäuerinnen und Bauern frei nach dem Motto „wachse oder weiche“ alles aus ihren Böden und Tieren herauszubekommen. Was dabei übersehen wird: Die Gegebenheiten der österreichischen Landschaft, Topografie, Böden und Natur bleiben dieselben. Auch die Produktions- und Sozialstandards sind oft höher als im Ausland, was sich meist im höheren Preis widerspiegelt. Die standortgerechte Landwirtschaft setzt hier an, indem sie dem Preiskampf den Rücken zuwendet.

Die Abkehr von billigsten Preisen und das Setzen von höheren Preisen ist nur möglich, wenn die Konsumentinnen und Konsumenten wissen, wofür sie tiefer in die Tasche greifen. Die standortgerechte Landwirtschaft wird somit in einem ersten Schritt auf den bäuerlichen Betrieben umgesetzt. In einem zweiten geht es darum, die standortgerechte Landwirtschaft vermarktungstechnisch zu nutzen. Der Schlüssel zu einer erfolgreichen Vermarktung ist die Kommunikation. Es geht darum, darauf aufmerksam zu machen, welche Mehrwerte die standortgerechte Landwirtschaft mit sich bringt, welche heutigen Herausforderungen beantwortet werden und was die Österreicherinnen und Österreicher mit ihr gewinnen. Mit aktiver Kommunikation soll das Bewusstsein um den Wert der heimischen Lebensmittelproduktion geschaffen werden. Das ist eine wichtige Aufgabe unterschiedlicher Akteure, wie beispielsweise von unabhängigen Institutionen und Organisationen oder den Bäuerinnen und Bauern selbst.

Höheres Bewusstsein durch aktive Kommunikation

Der Obmann von Land schafft Leben, Hannes Royer, sieht sich als Brückenbauer zwischen der Landwirtschaft, der Verarbeitung, dem Handel und den Konsumentinnen und Konsumenten. Der Verein Land schafft Leben zeigt den Konsumentinnen und Konsumenten transparent und ohne zu werten, wie in Österreich Lebensmittel produziert werden, wie die Produktion vor Ort am Bauernhof erfolgt, wie die Verarbeitung funktioniert und wie das fertige Produkt schließlich im Lebensmittelhandel landet. Für die Konsumentinnen und Konsumenten ergibt sich durch die leicht nachvollziehbaren und ausführlich aufbereiteten Informationen ein neues Verständnis für die Zusammenhänge innerhalb der Lebensmittelproduktion und damit ein höheres Wert-Bewusstsein für österreichische Lebensmittel.

Weiters sind die Bäuerinnen und Bauern selbst wichtige Sprachrohre der Landwirtschaft. Als Teil der Wertschöpfungskette von Lebensmitteln haben sie auch eine Verantwortung. Nämlich sind sie mitunter dafür verantwortlich, wie die österreichische Landwirtschaft als Gesamtbild wahrgenommen wird. „Nur mit unserem aktiven Zutun können wir es schaffen, Menschen einerseits für regionale Lebensmittel zu begeistern, andererseits Verständnis und Vertrauen aufzubauen. Deshalb bin ich davon überzeugt, dass es uns immens weiterbringt, wenn wir das Gespräch zu Konsumentinnen und Konsumenten suchen“, ist Hannes Royer überzeugt, selbst Bio-Bergbauer.

Auf vielfältige Art und Weise kann der Landwirtschaft eine Stimme gegeben werden. Für eine authentische Kommunikation ist es entscheidend, dass die Bäuerinnen und Bauern eine für sie passende Maßnahme wählen – sei das über Social-Media-Kanäle, über die

Direktvermarktung oder einfach ein persönliches Gespräch mit Spaziergängerinnen und Spaziergängern. So können die Landwirtinnen und Landwirte, die am Beginn der Wertschöpfungskette stehen, mitteilen: „Mit der Umsetzung der standortgerechten Landwirtschaft auf unserem Betrieb handeln wir verantwortungsvoll im Hinblick auf die österreichische Versorgungssicherheit und auf die Ökologie.“

Vortrag: Werte für die Zukunft

Hannes Royer spricht in seinem Vortrag zusammenfassend also über die Notwendigkeit einer aktiven Kommunikation, die von der heimischen Landwirtschaft aus kommt. Er zeigt auf, inwiefern eine solche die Wertschätzung der heimischen Produktion fördern kann – insbesondere in Zusammenhang mit dem neuen Ansatz der standortgerechten Landwirtschaft.



Datenvernetzung in der Milchleistungsprüfung: Vorteile durch die Nutzung von Melkroboter- und Tankmilchdaten für Betriebe

Data networking in milk performance testing: farmers' benefits from using milk robot and tank milk data

Gerhard Lindner^{1*}

Zusammenfassung

Die Österreichischen Landeskontrollverbände (LKV) sind wichtige Partner der heimischen Milchbäuerinnen und Milchbauern. Die Dienstleistungen werden für 83,6 % der österreichischen Milchkühe in Anspruch genommen. Durch die Kooperation mit deutschen Partnern beim Betrieb der RDV-Datenbank ist es möglich, den LKV-Mitgliedern moderne Herdenmanagementanwendungen für PC und Smartphone zur Verfügung zu stellen. Die Kernstücke hierbei sind die online Anwendung LKV-Herdenmanager und das dazugehörige Smartphone App RDV-Mobil. Sämtliche für das Herdenmanagement relevante Daten können hier abgerufen und erfasst werden. Durch den zunehmenden Einsatz digitaler Stalltechnik steigt der Wunsch der Bäuerinnen und Bauern nach Datenvernetzung. Diesem Anliegen tragen die LKV's Rechnung und treiben den Datenaustausch beispielsweise mit den Herstellern automatischer Melksysteme und Milchverarbeitungsbetrieben voran. Künftig sollen Daten automatisiert ausgetauscht werden, um Doppeleingaben vermeiden und Arbeitszeit einsparen zu können.

Schlagwörter: Milchleistungsprüfung, Datenvernetzung, RDV-Mobil, automatische Melksysteme

Summary

Some of the most important partners for local dairy farmers are the Austrian Milk Recording Associations (LKVs). Their services are used for at least 83.6% of all Austrian dairy cows. Thanks to the cooperation with German partners concerning the operation of the RDV database, it is possible to provide LKV members modern herd management applications for PCs and smartphones. The most important management tools are the online application LKV Herdenmanager and the smartphone app RDV-Mobil. There, all data relevant for professional herd management can be retrieved and recorded. Due to the increasing use of digital barn technology, the farmers' desire for data networking is obviously rising. These concerns are taken into account through the LKVs by promoting data exchange with, for example, milk processing companies and manufacturers of automated milking systems. In future data exchanging should be possible automatically in order to save working time and avoid the necessity of double entries.

Keywords: milk recording, data networking, RDV-Mobil, automated milking systems

¹ Landwirtschaftskammer Salzburg, Abteilung Landwirtschaft, Schwarzstraße 19, A-5020 Salzburg

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Gerhard Lindner, BEd, email: gerhard.lindner@lk-salzburg.at

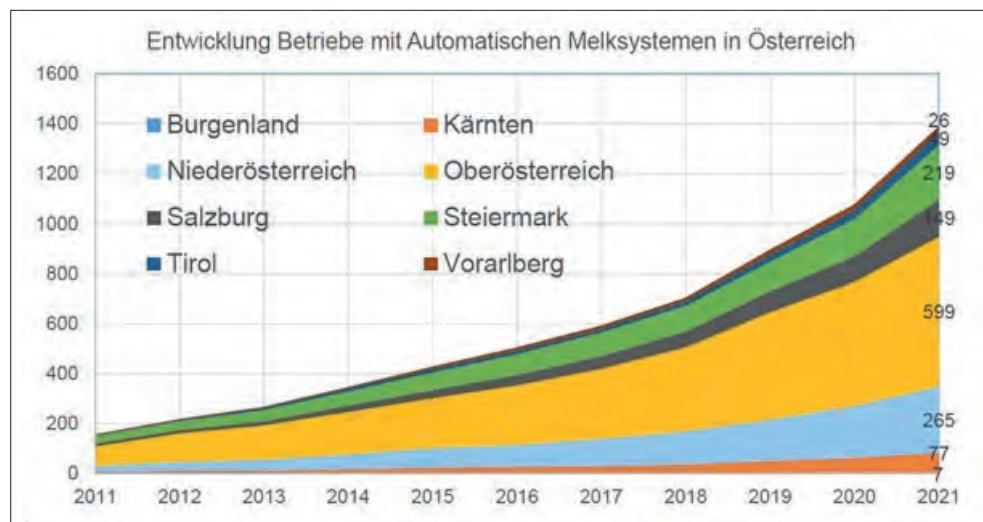
Einleitung

In Österreich wird die Milchleistungsprüfung und Qualitätssicherung von den Landeskontrollverbänden (kurz „LKV“) in den einzelnen Bundesländern durchgeführt. Die zentralen Aufgabenfelder der LKV's sind die Datenerfassung und Datenverarbeitung für das einzelbetriebliche Herdenmanagement und die Zuchtwertschätzung sowie die Sicherung der Milchqualität und des Tierwohls im Rahmen des Programmes Q^{plus} Kuh. Österreichweit vertrauen 18.435 Milchkuhbetriebe mit 435.426 Milchkühen auf den Service der LKV's. Diese Mitgliedsbetriebe halten beachtliche 83,6 % der österreichischen Milchkühe (KALCHER 2021).

Um den LKV-Mitgliedern die Daten in aufbereiteter Form zur Verfügung stellen zu können, erfolgt die Verarbeitung der erhobenen Ergebnisse und Daten zentral durch die ZuchtData GmbH in Wien, welche für die Datenverarbeitung die Datenbank des Rinderdatenverbundes (kurz „RDV“) nutzt. Diese RDV-Datenbank ist ein Gemeinschaftsprojekt der Rinderzucht Austria und vier LKV's aus Deutschland (RDV GmbH). Die RDV-Datenbank bietet dabei die Möglichkeit, den Mitgliedern die erfassten Daten in Form von online-Anwendungen und Apps grafisch optimal aufbereitet samt Handlungsempfehlungen zur Verfügung zu stellen.

Die Digitalisierung der Stalltechnik spielt in modernen Milchviehställen seit einigen Jahren eine große Rolle. Ein Beispiel dafür ist die starke Zunahme an automatischen Melksystemen (kurz AMS) auf den Betrieben der LKV-Mitglieder. Ende 2021 konnte auf knapp 1.400 LKV-Betrieben ein Melkroboter gezählt werden (siehe *Abbildung 1*). Damit hat sich die Anzahl der Betriebe mit Melkroboter in den letzten vier Jahren mehr als verdoppelt (KALCHER 2022). Genau aus diesem Grund und dem Wunsch der Mitglieder nach Datenvernetzung wird seit einigen Jahren verstärkt daran gearbeitet, auch Daten von Stalltechnikherstellern und Untersuchungslaboren in die Auswertungen und Darstellungen einzubauen. Das Ziel dabei ist, aus der Verknüpfung der Daten einen Mehrwert und eine bessere Übersicht für Bäuerinnen und Bauern zu schaffen sowie unnötige Doppelerfassungen zu vermeiden.

Abbildung 1: Entwicklung LKV-Betriebe mit automatischem Melksystem in Österreich (KALCHER 2022)



Digitale Anwendungen für Milchviehbetriebe

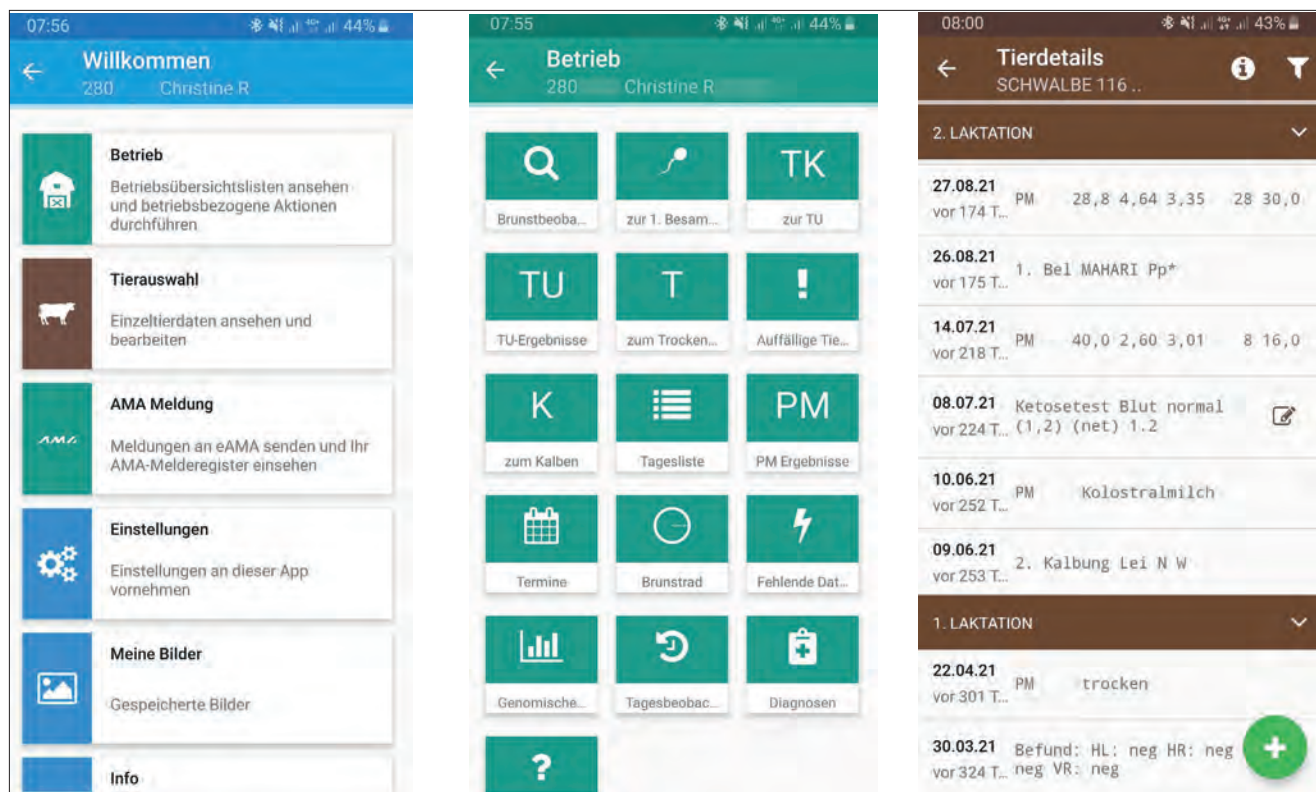
Als im Jahr 2000 die Datenverarbeitung in der RDV-Datenbank begann, waren Ergebnisse der Leistungsprüfung nur in Papierform am LKV Tages-, Quartals- und Jahresbericht ersichtlich. Mit der Verbreitung des Internets und des PCs bei den LKV-Mitgliedern wurde nach und nach daran gearbeitet, die Ergebnisse mittels Grafiken und Auswertungen samt historischer Entwicklung online zur Verfügung zu stellen. Eine der ersten Anwendungen

war RDV4M, das Vorläuferprogramm des heutigen LKV-Herdenmanagers. Bald darauf folgten ein online-Rationsberechnungsprogramm, das online-Anpaarungsprogramm Optibull für Zuchtbetriebe, das Nachrichtenmodul, der Effizienz Check sowie die Klauenprofi App. Mit der Verbreitung von Smartphones wurde schließlich im Jahr 2014 die Smartphone-App RDV-Mobil entwickelt, um das Herdenmanagementprogramm sprichwörtlich in die Hosentasche zu bringen. Mit dieser App ist es nun möglich, alle tier- und betriebsbezogenen Aufzeichnungen für das Herdenmanagement zu führen sowie die Ergebnisse aus der Milchleistungsprüfung einzusehen. Alle AMA-Meldungen und sonstigen Erfassungen in



Abbildung 2: online-Angebote für LKV Mitglieder

Abbildung 3: Übersicht über die Möglichkeiten und Informationen in der App RDV-Mobil



einem Tierleben von der Geburt bis zum Abgang eines Tieres können durch alle am Betrieb tätigen Personen erfasst werden. Besonders Wert gelegt wird auf den automatischen Fluss von tierspezifischen Informationen anderer Datenquellen in die RDV-Datenbank (Tierarzt, Besamungstechniker, Klauenpfleger, BU-Labor, Milch-Trächtigkeitstest, ...). Somit sind viele Informationen übersichtlich in einer Anwendung für Bäuerinnen und Bauern ersichtlich und ein richtiges Management der Milchkuhherden wird möglich.

Überblick über bereits vorhandene Schnittstellen der RDV-Datenbank zu externen Datenbanken:

- AMA Tierbewegungsmeldungen (AMA Rinderdatenbank)
- Milch-Trächtigkeitstest (Milchuntersuchungslabor, TGD)*
- Bakteriologische Milchuntersuchung (BU; TGD Labors)*
- Antibiogramm zur BU*
- Sensordaten, Stammdaten (smaXtec, SCR by Allflex)*
- Fleisch-Klassifizierungsergebnisse (ÖFK)
- Grundfutteruntersuchungsergebnisse (Futtermittellabor Rosenau)*
- Tankmilchuntersuchungsergebnisse (Milchverarbeitungsbetriebe)*
- Besamungen (Besamungsstationen, Besamungstechniker)
- Tierärztliche Diagnosen (Tierärzte)*
- Tierärztliche Behandlung, EMED (Tierärzte)*
- Klauenbefunde (Klauenpfleger)*

Mit * gekennzeichnete Ergebnisse können nach Zustimmung der LKV-Mitglieder von den Anbietern in die RDV-Datenbank übernommen werden.

Tankmilchuntersuchungsergebnisse im RDV

Bereits 2021 wurde mit der Berglandmilch eGen ein Pilotprojekt zur Übermittlung der Tankmilchuntersuchungsergebnisse der Milchlieferanten an die RDV-Datenbank gestartet. Ziel dieser Datenübermittlung ist es, alle für das Herdenmanagement (Fütterung, Euter-gesundheit und Milchqualität) relevanten Informationen über die LKV-Anwendungen zur Verfügung zu stellen. Die Kombination von drei bis fünf Tankmilchuntersuchungsergebnissen monatlich mit den Milchleistungsergebnissen alle vier bis sechs Wochen ermöglicht ein rechtzeitiges Reagieren auf nicht erwünschte Entwicklungen in der Milchkuhherde. Durch die Einbindung dieser Ergebnisse in bereits vorhandene Auswertungen, beispielsweise im LKV-Herdenmanager, sollen tiefere Einblicke in den eigenen Betrieb ermöglicht werden.

Abbildung 4: Darstellung der Tankmilchuntersuchungsergebnisse im LKV-Herdenmanager

Datum von: 30.04.2021		Datum bis: 29.06.2021		Anzeigen									
Untersuchungsergebnisse der Anlieferungsmilch													
P-Datum	M-Menge	Fett	Eiweiß	Laktose	FFT	ZZ	KZ	GPkt.	Hemm	Ham.	Milchtemperatur	pH-Wert	
22.06.2021		3,89	3,05	4,69	8,59	78	5	,521		19,0	5,6	6,6	
16.06.2021		4,19	3,13	4,71	8,69	78	5	,524	N	17,0	5,0	6,7	
10.06.2021		4,27	3,07	4,74	8,66	140	0	,523		21,0	4,9	6,6	
04.06.2021		4,14	3,19	4,84	8,87	210	6	,524		27,0	5,3	6,7	
19.05.2021		4,00	3,14	4,89	8,88	66	5	,525		25,0	5,0	6,7	
15.05.2021		3,99	3,22	4,87	8,94	111	0	,523		29,0	5,3	6,7	
09.05.2021		3,95	3,18	4,85	8,88	52	6	,527	N	34,0	5,2	6,6	
03.05.2021		3,96	3,21	4,82	8,89	172	5	,524		25,0	5,0	6,7	
Monatsmittelwerte der Anlieferungsmilch													
Monat	RMW Fett	RMW Eiweiß	MW FFT	MW ZZ	MM ZZ	MW KZ	MM KZ	MW GPkt.	Hemm pos	MW Harnstoff			
Jun 2021	4,12	3,11	86			5		0,52	0	21			
Mai 2021	3,97	3,18	77			6		0,52	0	28			
Apr 2021	4,06	3,22	102			7		0,52	0	24			

Vernetzung mit AMS

Für Milchviehbetriebe, die mit einem Melkroboter arbeiten, ist die Datenvernetzung von besonderer Bedeutung. Um die technischen Möglichkeiten dieser Systeme optimal nutzen zu können, ist eine breite Palette an Dateneingaben durch Bäuerinnen und Bauern erforderlich. Beispielsweise muss erfasst werden:

- Bei Neuinstallation des AMS die Tier-Stammdaten
- laufender Tierverkehr (Zu- und Abgänge)
- Brunsten
- Ergebnis der Trächtigkeitsuntersuchung
- Besamungen
- Behandlungen, Klauenpflege, Diagnosen
- Milchuntersuchungsergebnisse zur Kalibrierung des AMS (LKV, Tankmilch)

Da diese Daten bereits in der RDV-Datenbank verarbeitet sind, erscheint es nur logisch, dass es einen Datenfluss vom RDV hin zum AMS geben muss. In umgekehrter Richtung ist dies ebenfalls von besonderer Bedeutung, da den Bäuerinnen und Bauern mit den Ergebnissen des AMS zusätzliche Auswertungen und Handlungsanleitungen über die RDV-Datenbank zur Verfügung gestellt werden können. Durch einen Austausch der Daten kann also nicht nur die Qualität der Arbeit des AMS verbessert sondern auch ein Teil der Arbeitszeit eingespart werden.

Zusammenarbeit LKV mit AMS-Herstellern

Mit den drei am häufigsten auf den Betrieben vertretenen AMS-Herstellern in Österreich DeLaval, GEA und Lely arbeiten die österreichischen LKV's und die Rinderzucht Austria im Rahmen des Projekts D4Dairy seit einigen Jahren daran, diesen Datenaustausch zu fördern. Am weitesten fortgeschritten ist dabei die Zusammenarbeit mit dem AMS-Hersteller Lely. Bereits seit Herbst 2021 können bei Neuinstallationen die Tierdaten ohne Erfassung durch Bäuerin oder Bauer in die AMS-Software eingespielt werden. Ab Mitte 2022 wird es für alle Betriebe mit der AMS-Software Horizon möglich sein, die oben beschriebenen Daten zwischen dem Melkroboter und der RDV-Datenbank automatisch auszutauschen. Durch die RDV GmbH sind die LKV's auch Mitglied der internationalen Organisation IDDEN (international dairy data exchange network). Das Ziel dieser Organisation ist es, ähnlich dem Beispiel ISOBUS aus der Landtechnik, einheitlich definierte Schnittstellen zwischen den Systemen zu schaffen. Über diese Organisation wird auch mit den Roboterherstellern GEA und DeLaval an einheitlichen Schnittstellen zum Datenaustausch gearbeitet.

Vorteile der Datenvernetzung für Bäuerinnen und Bauern mit AMS

Der wesentliche Vorteil der Vernetzung zwischen RDV-Datenbank und AMS-Software für Milchviehbetriebe mit AMS und LKV-Mitgliedschaft ist der Wegfall von Doppelerfassungen beispielsweise der Besamungserfassung per RDV-Mobil App und in der AMS-Herdenmanagementsoftware. Künftig können die Erfassungen im Stall mit der RDV-Mobil App erledigt werden (AMA Tierbewegungsmeldungen, Erfassung TU-Ergebnis, ...). Diese Daten werden in der RDV-Datenbank verarbeitet und mehrmals täglich an die jeweilige AMS-Software weitergeleitet. Somit sind immer beide Systeme, RDV-Datenbank und AMS-Software, am aktuellen Stand.

Mittlerweile verfügen auch viele neu installierte Melkroboter über eine Milchinhaltstoffmessung. Damit das AMS aussagekräftige Ergebnisse liefern kann, ist die Kalibrierung des

Messgerätes zwingend notwendig. Bisher müssen dafür Tankmilchuntersuchungsergebnisse oder die Ergebnisse der Milchleistungsprüfung händisch beim AMS eingegeben werden. Durch den automatischen Datenaustausch wird es nun möglich, dass sich das AMS mit diesen Untersuchungsergebnissen regelmäßig selbstständig kalibriert. Dadurch kann eine wesentliche Steigerung der Arbeitsqualität des AMS und eine Zeitersparnis für Bäuerin und Bauer erreicht werden.

Projekt D4Dairy

Im aktuell laufenden Projekt D4Dairy arbeiten die Rinderzucht Austria, die LKV's und AMS-Hersteller neben der Datenvernetzung auch daran, mithilfe der AMS-Daten weitere aussagekräftige Informationen und Entscheidungshilfen zur Verfügung stellen zu können. Dazu erfolgte in den Jahren 2020 und 2021 auf über 100 Pilotbetrieben in ganz Österreich eine umfassende Datenerfassung (AMS-Daten, BCS, Lahmheit, ...). Somit soll die vorhandene Informationsfülle einen weiteren Zusatznutzen für Bäuerinnen und Bauern bringen.

Literatur

KALCHER, L., 2021: Milchleistungsprüfung 2021: Zuchtfortschritt steigt kontinuierlich – Umwelteinflüsse dämpfen diesjährige Leistungsentwicklung. <https://www.rinderzucht.at/nachricht/20220110-milchleistungspruefung-2021-zuchtfortschritt-steigt-kontinuierlich-umwelteinfluesse-daempfen-diesjaehrige-leistungsentwicklung.html>

KALCHER, L., 2022: Bereits 1.400 Automatische Melksysteme in Österreich im Einsatz. <https://www.rinderzucht.at/nachricht/20220201-bereits-1-400-automatische-melk-systeme-in-oesterreich-im-einsatz.html>

MIR kann mehr: Nutzung des Infrarot-Spektrums der Milch von Kühen für Gesundheitsmanagement und Zucht

More with MIR: use of mid infrared spectra of milk for herd management and genetic improvement of cattle

Lisa Rienesl¹, Andreas Steinwidder², Astrid Köck³,
Christa Egger-Danner³ und Johann Sölkner^{1*}

Zusammenfassung

Die Mid-Infrarot (MIR) Spektroskopie von Milch ist die Methode der Wahl zur Quantifizierung ihrer Hauptinhaltsstoffe wie Fett, Protein und Laktose. In den letzten Jahren wurden zahlreiche Studien zur Bestimmung weiterer Milchkomponenten und -eigenschaften (z. B. Fettsäuremuster, Mineralgehalte) durchgeführt. Da die biochemische Zusammensetzung der Milch mit der Gesundheit und dem Stoffwechsel einer Kuh zusammenhängt, besteht zudem die Möglichkeit, MIR-Spektren zur Vorhersage des Gesundheitszustandes, sowie der Effizienz und Umweltwirkung von Milchkühen zu verwenden. Im Zuge der Milchleistungsprüfung werden routinemäßig Milchproben mit einem Spektrometer analysiert. Verknüpft man die daraus resultierenden kuhindividuellen MIR-Spektren mit Phänotypen (z.B. Krankheitsdiagnosen), können Vorhersagemodelle für die jeweiligen Krankheiten bzw. Merkmale entwickelt werden.

Im vorliegenden Beitrag werden Anwendungen dieser Methoden für Energieaufnahme und Energieeffizienz, Mastitis und Trächtigkeitsstatus von Kühen vorgestellt. Im Rahmen eines recht kleinen Versuchs zur kurzfristigen Energie restriktion an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurden diverse Parameter ermittelt. Energieaufnahme und Energiebilanz wurden mit moderater Genauigkeit vorhergesagt, die Ergebnisse waren ähnlich denen aus internationalen Studien. Für das Monitoring der Euterkrankheit Mastitis ist die somatische Zellzahl ein etablierter Indikator. In einer aktuellen Studie entwickelten wir Mastitis-Vorhersagemodelle, basierend auf Zellzahl und MIR-Spektraldaten. Das Modell, welches beide Informationsquellen verwendet, erreichte die höchsten mittleren Genauigkeiten: 65-77 %. Die geschätzten Mastitis-Wahrscheinlichkeiten werden in weitere Folge zur Entwicklung eines Management-Tools und zur züchterischen Verbesserung der Eutergesundheit verwendet. Die Ermittlung des Trächtigkeitsstatus aus MIR-Spektren-Daten wäre besonders interessant für das Herdenmanagement. Leider konnte dieser nicht mit für eine praktische Anwendung ausreichender Genauigkeit ermittelt werden.

Für die Umweltwirkung der Milcherzeugung sind Energieeffizienz und Methanausstoß von Kühen entscheidende Faktoren. Ein großer Datensatz zur Energieeffizienz mit täglichen MIR-Spektren-Daten liegt an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein bereits vor, für Methanausstoß gibt es aktuell Projektplanungen der in diesem Bericht involvierten Institutionen. MIR kann mehr, aber nicht alles!

Schlagwörter: Infrarotspektrum, Milch, Rind, Energiebilanz, Mastitis, Trächtigkeit

¹ Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

² HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Bio-Landwirtschaft und Nutztierbiodiversität, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

³ ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH, Dresdner Straße 89/B1/18, A-1200 Wien

* Ansprechpartner: Univ.-Prof. Dr. Johann Sölkner, email: johann.soelkner@boku.ac.at

Summary

Mid-Infrared (MIR) spectroscopy of milk is the method of choice for quantifying its main components such as fat, protein and lactose. In recent years, numerous studies have been carried out to determine other milk components and properties (e.g. fatty acid pattern, mineral content). Since the biochemical composition of the milk is related to the health and metabolism of a cow, there is also the possibility of using MIR spectra to predict the state of health, as well as the efficiency and environmental impact of dairy cows. Milk samples are routinely analyzed with a spectrometer as part of milk recording. If the resulting individual cow MIR spectra are linked to phenotypes (e.g. disease diagnoses), prediction models for the respective diseases or characteristics may be developed.

In the present article, applications of these methods for energy intake and energy efficiency, mastitis and pregnancy status of cows are presented. Various parameters were determined as part of a fairly small experiment on short-term energy restriction at AREC Raumberg-Gumpenstein. Energy intake and energy balance were predicted with moderate accuracy, with results similar to those from international studies. The somatic cell count is an established indicator for monitoring the udder disease mastitis. In a recent study, we developed mastitis prediction models based on somatic cell count and MIR spectral data. The model using both sources of information achieved the highest mean accuracies: 65-77%. The estimated mastitis probabilities will be used to develop a management tool and to improve udder health through breeding. Determining the pregnancy status from MIR spectra data would be particularly interesting for herd management. Unfortunately, this could not be determined with sufficient accuracy for a practical application.

Energy efficiency and methane emissions from cows are decisive factors for the environmental impact of milk production. A large data set on energy efficiency with daily MIR spectra data is already available at AREC Raumberg-Gumpenstein, and the institutions involved in this report are currently planning projects for methane emissions. MIR can do more, but not everything!

Keywords: Mid infrared spectra, milk, cattle, energy balance, mastitis, pregnancy

Einleitung

Die Fett-, Eiweiß-, Laktose- und Harnstoffgehalte der Milch von Kontrollkühen werden in Milchlabors, aus während der Milchleistungskontrolle gesammelten Milchproben, ermittelt. Diese Gehalte der Inhaltsstoffe werden nicht nass-chemisch ermittelt, sondern aus den Infrarotspektren der Milch. Diese Infrarotspektren wurden von den Herstellerfirmen der Milchanalysegeräte (in Österreich ist das in allen Milchlabors die Firma FOSS Analytics, DK) mit nass-chemischen Analyseergebnissen in Beziehung gesetzt und daraus Schätzformeln ermittelt, die laufend intern kontrolliert und aktualisiert werden. Die Milchanalysegeräte speicherten traditionell nur die Gehalte, nicht aber die Spektren selbst. Auf Anregung von Prof. Johann Sölkner von der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) werden seit dem Jahr 2014 auch die jeweils 1060 Mid-Infrared (MIR) Spektrwerte routinemäßig im Rinderdatenverbund (RDV) gespeichert. Der Hintergrund zu dieser Anregung waren internationale wissenschaftliche Arbeiten, welche zeigten, dass Fettsäuremuster oder andere Inhaltsstoffe der Milch mit entsprechenden Schätzformeln gut approximiert werden können (SOYEURT et al. 2006). Wissenschaftler stellten sich als Nächstes die Frage, ob nicht auch physiologische Zustände der Kuh, welche als Folgewirkung auch die Milchinhaltsstoffe verändern, mit Schätzformeln aus den MIR-Spektren der Milch (oder auch des Bluts) ermittelt werden können. Die Energiebilanz und auch die Futteraufnahme waren hier erste Zielgrößen (McPARLAND et al. 2014).

Man versuchte auch die Rationszusammensetzung zu ermitteln (KLAFFENBÖCK et al. 2017, STEINWIDDER et al. 2017). Die Wahrscheinlichkeiten von Ketose und Mastitis sind weitere Zielgrößen, die man aus MIR-Spektren vorherzusagen versucht (DRÖSSLER et al. 2018, WERNER et al. 2019). Diese Werte können, wenn entsprechend transparent in Milchkontrollberichte einbezogen, wesentliche Hilfen für das Herdenmanagement sein. Information zum Trächtigkeitsstatus von Kühen aus MIR-Spektren, wenn hinreichend sicher geschätzt, wäre ein weiteres extrem wichtiges Management-Tool, das sozusagen gratis aus den im Rahmen der Milchanalyse verwendeten MIR-Spektren anfallen könnte. Erste Analysen (LAINE et al. 2014) waren vielversprechend, aktuelle Ergebnisse (RIENESL et al. 2020, KHANAL und TEMPELMAN 2022, TIPLADY et al. 2022) zeigen eine zu geringe Genauigkeit, um in die Praxis umgesetzt zu werden.

In diesem Bericht werden Analysen vorgestellt, in denen MIR-Spektraldaten der Milch herangezogen wurden, um Energieaufnahme und Energiebilanz, tierärztliche klinische Mastitis-Diagnosen sowie den Trächtigkeitsstatus von Kühen vorherzusagen. Diese Analysen stammen aus Forschungsprojekten der Arbeitsgruppe Tierzucht am Institut für Nutztierwissenschaften der Universität für Bodenkultur Wien in Kooperation mit Forschungspartnern der ZuchtData EDV-Dienstleistungen GmbH und der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, sowie internationalen Partner*innen.

Energieaufnahme und Energiebilanz, Versuch Moarhof (HBLFA Raumberg-Gumpenstein)

In einem Experiment aus dem Jahr 2014 am Bio-Lehr- und Forschungsbetrieb „Moarhof“ der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurden die Effekte einer kurzfristigen energetischen Unterversorgung auf biologische Parameter von Milchkühen untersucht. Es wurden 20 Kühe der Rassen Brown Swiss und Holstein Friesian für diese Studie verwendet. Der Versuch wurde in drei Durchgängen von Mai bis Juli 2014 bei Stallhaltung durchgeführt, der Beobachtungszeitraum betrug jeweils 8 Wochen, wobei die Tiere in der dritten Versuchswoche durch Futterrestriktion energetisch unterversorgt (-20 bzw. -30 MJ NEL/Tag) wurden. Insgesamt standen 635 vollständige Datensätze inklusive MIR-Spektren zur Verfügung.

Das Ziel der hier vorgestellten Analysen war es, die Tauglichkeit der Vorhersage von Energiebilanz, Futteraufnahme sowie den damit in Zusammenhang stehenden Gehalten der Beta-Hydroxy-Buttersäure im Blut und der Freien Fettsäuren in der Milch aus MIR-Spektren zu untersuchen (PRINZ 2015).

Wie in *Tabelle 1* dargestellt ist die Vorhersagequalität von Futteraufnahme und Energieeffizienz aus MIR-Spektraldaten mit Korrelationen von 0.57 bzw. 0.59 in der Validierung moderat. Die Vorhersagequalität lässt sich durch Einbezug der Milchmenge in das Vor-

Tabelle 1: Qualität der MIR-Vorhersage (Korrelation von vorhergesagtem mit gemessenem Wert) im Datensatz zur Formelentwicklung (Training) und einem unabhängigen Validierungsdatensatz (Test)

Parameter	Korrelation	
	Training	Test
Energiebilanz, MJ NEL/Tag	0.81	0.59
Energiebilanz, MJ NEL/Tag (mit Milchleistung im Modell)	0.83	0.60
Energieaufnahme, MJ NEL/Tag	0.84	0.57
Energieaufnahme, MJ NEL/Tag (mit Milchleistung im Modell)	0.89	0.72
Energieaufnahme, MJ NEL/Tag (mit Milchleistung und Lebendmasse im Modell)	0.90	0.75
Beta-Hydroxy-Buttersäure (BHB) im Blut, mmol/l	0.95	0.28
Freie Fettsäuren (FFS) in der Milch, mmol/l	0.93	0.15
Fettgehalt der Milch, %	0.999	0.997

hersagemodell für Futteraufnahme wesentlich erhöhen ($r=0.75$), für die Energiebilanz jedoch nur unwesentlich ($r=0.60$). Die Ergebnisse für Beta-Hydroxy-Buttersäure und Freie Fettsäuren in der Milch in Trainings- und Test-Datensätzen zeigen deutlich das Problem des „Overfittings“ bei vielen Variablen (1060 MIR-Werte) bei wenigen Beobachtungen (635, von 20 Tieren) auf. Im Trainings-Datensatz zeigt sich eine scheinbar sehr gute Vorhersagequalität ($r=0.95$ bzw. 0.93) in der Validierung sinken die Korrelationen auf 0.28 bzw. 0.15 . Der Fettgehalt der Milch, der ja mit einer MIR-Formel der Gerätehersteller-Firma FOSS Inc. ermittelt wurde, kann mit der eigenen MIR-Vorhersage extrem exakt und robust ($r=0.999$ bzw. 0.997) vorhergesagt werden.

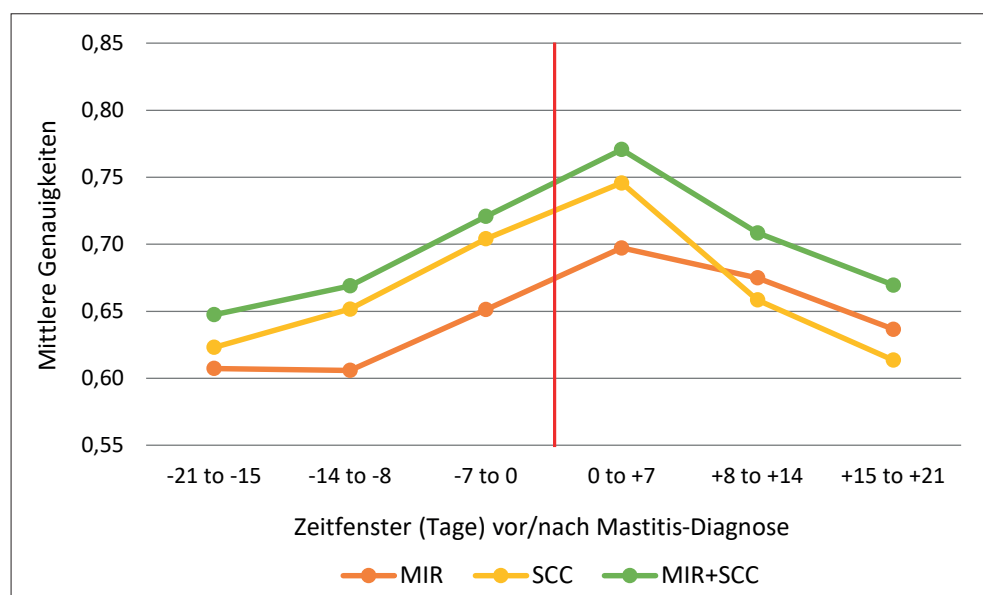
Die hier aus den Daten eines recht kleinen Versuchs vorgestellten Genauigkeiten von MIR-Vorhersage von Futteraufnahme und Futtermittelverwertung decken sich mit Studien aus der Literatur mit größeren Datensätzen (McPARLAND et al. 2014, WALLÉN et al. 2018).

Mastitis

Die somatische Zellzahl der Milch wird im Rahmen der Milchleistungsprüfung routinemäßig als Indikator für die Eutergesundheit verwendet und fließt auch in die Zuchtwertschätzung für das Merkmal Eutergesundheit ein. Da der Gesundheits- und Stoffwechselzustand einer Kuh mit der Zusammensetzung der Milch zusammenhängen, kann das MIR-Spektrum potentiell für die Vorhersage von Krankheiten verwendet werden. Bei einer Studie, die im Rahmen des Comet-Projekts D4Dairy (d4dairy.com) durchgeführt wurde, zeigten erste Untersuchungen mit rund 600.000 Testtags-Ergebnissen und 8.000 klinischen Mastitis-Fällen (RIENESL et al. 2019) durchaus vielversprechende Ergebnisse. Mastitis-Fälle wurden zu rund 60 % korrekt zugeordnet, was angesichts einer klinischen Mastitis-Rate von 1,2 % durchaus sehr gut ist. Allerdings waren auch sehr viele Fälle, rund 20 %, falsch positiv, also als Mastitis klassifiziert, obwohl keine Mastitis-Diagnose vorlag.

Die hier vorgestellten Ergebnisse stammen aus aktuellen Analysen mit rund 800.000 Testtags-Ergebnissen. Es wurde geprüft, ob Vorhersage von klinischer Mastitis aus MIR-Spektren vergleichbar ist mit jener aus Zellzahl (SCS) und ob die Kombination von Zellzahl und MIR-Spektren eine bessere Vorhersagequalität für Mastitis hat als jeder dieser beiden Indikatoren alleine. *Abbildung 1* bestätigt letztere Hypothese, die Vorhersagegenauigkeit ist am besten bei Kombination von MIR und SCS, mit Vorhersageformeln auf Basis der Partial Least Squares Diskriminanz-Analyse (PLS-DA). Weil der Tag der Mastitis-Diagnose und der Testtag, an dem die Milchproben erhoben werden, selten zusammenfallen, wurde in dieser Studie auch geprüft, wie sich die Vorhersagequalität

Abbildung 1: Mittlere Genauigkeiten zur Vorhersage von klinischer Mastitis der verschiedenen Modelle (MIR, SCS, MIR+SCS) für einzelne Zeitfenster von Testtagen vor bzw. nach einer Mastitis-Diagnose; Mastitis-Diagnose = Tag 0 (rote Linie)



in Abhängigkeit vom Abstand zwischen Diagnose und Testtag verhält. Es zeigte sich, dass Mastitis-Ereignisse bis zu 3 Wochen davor und 3 Wochen danach vorhergesagt werden können, wobei die Genauigkeiten bei geringem Abstand zwischen Testtag und Diagnose am höchsten sind. Auffällig ist, dass mit MIR Mastitis-Ereignisse in den Wochen nach der Diagnose besser vorhergesagt werden können als mit SCS, was auf die veränderte Zusammensetzung der Milch als Folge der Mastitis und möglicherweise einer antibiotischen Behandlung zurückzuführen ist.

Trächtigkeitsstatus

Der biologische Status einer Kuh ändert sich mit der Konzeption und die Zygote sendet biologische Signale aus (SPENCER 2013). Mit zunehmendem Alter des Embryos wird mehr Energie für das Wachstum desselben kanalisiert. Es steht zu vermuten, dass sich mit der Trächtigkeit die Zusammensetzung der Milch ändert und dass dies im MIR-Spektrum der Milch reflektiert wird. Erste Studien schienen diese Vermutung zu bestätigen (LAINE et al. 2014). Auch erste eigene Analysen zeigten gute Sensitivitäten und Spezifitäten der MIR-Vorhersage des Trächtigkeitsstatus (Tabelle 2).

Tabelle 2: Qualität der MIR-Vorhersage des Trächtigkeitsstatus (trächtig/nicht trächtig) bei Anwendung einer Vorhersageformel über die gesamte Laktation. Ergebnisse in Training und Test: Sensitivität (Anteil korrekt vorhergesagter trächtiger Tiere); Spezifität (Anteil korrekt vorhergesagter nicht trächtiger Tiere); Mittlere Genauigkeit (Mittel aus Sensitivität und Spezifität)

	Sensitivität	Spezifität	Mittlere Genauigkeit
Training	0,857	0,837	0,847
Test	0,856	0,836	0,846

Eine vertiefte Analyse zeigte jedoch, dass sich eine tatsächlich vorliegende Trächtigkeit in den ersten drei Laktationsmonaten nicht vorhersagen ließ, und nicht trächtige Kühe nach dem 4 Laktationsmonat fälschlicherweise fast immer als trächtig eingestuft wurden (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Sensitivität und Spezifität der Vorhersageformel für Trächtigkeit, aufgesplittet nach Laktationsmonaten

Laktationsmonat	Sensitivität	Spezifität	Laktationsmonat	Sensitivität	Spezifität
1	0,000	0,999	6	0,997	0,008
2	0,000	1,000	7	0,999	0,003
3	0,011	0,997	8	0,999	0,000
4	0,466	0,722	9	0,999	0,000
5	0,949	0,131	10	0,999	0,000

Die Ergebnisse zeigten also, dass mit den MIR-Formeln weniger der Trächtigkeitstatus als vielmehr das Laktationsstadium vorhergesagt wurde. Dies bestätigte sich durch eine Analyse, in der die Vorhersage der Trächtigkeit ausschließlich anhand des Laktations-tages durchgeführt wurde und die ähnliche Sensitivitäten und Spezifitäten aufwies, wie jene aus der Vorhersageformel mit MIR-Spektren. Um den störenden Effekt des Laktationsstadiums auszuschalten, wurden individuelle Vorhersage-Formeln für jedes Laktationsmonat entwickelt. Die mittleren Genauigkeiten lagen hierbei zwischen 0,50 und 0,60 und sind für eine Implementierung der Trächtigkeit-Vorhersage aus MIR-Spektren in der Praxis nicht ausreichend (RIENESL et al. 2020). Diese wird auch durch aktuelle internationale Studien bestätigt (DELHEZ et al. 2020, KHANAL und TEMPELMAN 2022, TIPLADY et al. 2022).

Diskussion

Die 1060 MIR-Spektralwerde der Milch, wie sie im Rahmen der Milchleistungsprüfung routinemäßig anfallen, können zu minimalen Kosten digital gespeichert und für diverse Analysen herangezogen werden. Die hier vorgestellten Untersuchungen liefern Hinweise auf potentiell erfolgreiche (Futtermittelaufnahme, Futtermittelverwertung, Mastitis) und wenig erfolgreiche (Trächtigkeitsstatus) Anwendungen von Vorhersageformeln basierend auf MIR-Spektren der Milch für Herdenmanagement und Zucht.

Aktuell steht den Landwirt*innen in Österreich die Vorhersage von Ketose aufgrund von MIR-Spektren, KetoMIR, entwickelt vom LKV Baden-Württemberg, zur Verfügung (DRÖSSLER et al. 2018, WERNER et al. 2019, KÖCK et al. 2020). Die eigenen Untersuchungen zu klinischer Mastitis ermutigen zur Implementierung eines ähnlichen Warnsystems mit den Farben grün/gelb/rot in den Tagesberichten der Milchleistungsprüfung. Auch die Einbeziehung der MIR-basierten Vorhersage von Mastitis in der Zuchtwertschätzung für Eutergesundheit, derzeit ein Index aus Zellzahl und klinischer Mastitis-Diagnosen, ist in Prüfung. Testtage, die zeitlich ganz nahe bei Diagnosen sind, ergeben bessere Schätzgenauigkeiten. Ob und wie die MIR-Spektren-Technologie im Rahmen von automatischen Melksystemen implementiert wird, ist derzeit unklar. Die hier verwendeten Methoden der Klassifizierung von Ereignissen (PLS-DA) oder Schätzung von quantitativen Werten (PLS) bieten sich auch für Sensor-Daten an und werden dort auch eingesetzt.

Die Analyse sehr komplexer, großer Datensätze (big data) birgt aber auch Fallen, wie uns die Ermittlung des Trächtigkeitsstatus von Kühen zeigte. Hier wiesen erste Ergebnisse auf gute Sensitivität und Spezifität hin, bis klar wurde, dass die ursprünglich eingesetzten Schätzformeln in erster Linie das Laktationsstadium ermittelten und daraus den Trächtigkeitsstatus ableiteten. Viele weitere Zielgrößen, wie jene der Umweltwirkung durch Ermittlung des Methanausstoßes der Milch, warten noch auf die Erstellung von MIR-basierten Schätzformeln und die darauffolgende Anwendung in Herdenmanagement und Zucht.

Danksagung

Die hier vorgestellten Arbeiten im Zusammenhang mit Trächtigkeiten und Mastitis wurden im Rahmen des Projektes D4Dairy (Digitalisation, Data integration, Detection and Decision support in Dairying, Projektnummer: 872039) durchgeführt. Das COMET-Projekt D4Dairy wird vom BMK, BMDW und den Ländern Niederösterreich und Wien im Rahmen von COMET Kompetenzzentren für exzellente Technologien unterstützt und wird von der FFG abgewickelt.

Literatur

DELHEZ, P., P. HO, N. GENGLER, H. SOYEURT und J. PRYCE, 2020: Diagnosing the pregnancy status of dairy cows: How useful is milk mid-infrared spectroscopy? *J. Dairy Sci.* 103, 3264-3274.

DRÖSSLER, K., A. WERNER und L. DALE, 2018: KetoMIR-a new tool for LKV member farms. 45. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 57-63.

KHANAL, P. und R.J. TEMPELMAN, 2022: The use of milk Fourier-transform mid-infrared spectroscopy to diagnose pregnancy and determine spectral regional associations with pregnancy in US dairy cows. *J. Dairy Sci.*

KLAFFENBÖCK, M., A. STEINWIDDER, C. FASCHING, G. TERLER, L. GRUBER, G. MÉSZÁROS und J. SÖLKNER, 2017: The use of mid-infrared spectrometry to estimate the ration composition of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 100, 5411-5421.

KÖCK, A., M. MAYERHOFER und C. EGGER-DANNER, 2020: Anwendung von MIR-Daten aus der Milch – was ist praxisreif? 47. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 7-14.

LAINE, A., H. BEL MABROUK, L.-M. DALE, C. BASTIN und N. GENGLER, 2014: How to use mid-infrared spectral information from milk recording system to detect the pregnancy status of dairy cows. *Communication on Applied Biological Science*.

McPARLAND, S., E. LEWIS, E. KENNEDY, S. MOORE, B. McCARTHY, M. O'DONOVAN, S.T. BUTLER, J. PRYCE und D.P. BERRY, 2014: Mid-infrared spectrometry of milk as a predictor of energy intake and efficiency in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97, 5863-5871.

PRINZ, M., 2015: Einfluss einer kurzfristigen Energieunterversorgung auf Milchleistung, physiologische Parameter und das Mid-Infrarot-Spektrum der Milch von Kühen im ersten Laktationsdrittel (Masterarbeit). Universität für Bodenkultur Wien.

RIENESL, L., N. KHAYATZADEH, A. KÖCK, L. DALE, A. WERNER, C. GRELET, N. GENGLER, F.-J. AUER, C. EGGER-DANNER und X. MASSART, 2019: Mastitis detection from milk mid-infrared (MIR) spectroscopy in dairy cows. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendel. Brun* 67, 1221-1226.

RIENESL, L., P. PFEIFFER, N. KHAYATZADEH, A. KÖCK, L. DALE, A. WERNER, C. GRELET, N. GENGLER, F.-J. AUER und C. EGGER-DANNER, 2020: Prediction of pregnancy state from milk mid-infrared (MIR) spectroscopy in dairy cows. *Acta Fytotechnica et Zootechnica* 23.

SOYEURT, H., P. DARDENNE, F. DEHARENG, G. LOGNAY, D. VESELKO, M. MARLIER, C. BERTOZZI, P. MAYERES und N. GENGLER, 2006: Estimating fatty acid content in cow milk using mid-infrared spectrometry. *J. Dairy Sci.* 89, 3690-3695.

SPENCER, T.E., 2013: Early pregnancy: concepts, challenges, and potential solutions. *Animal frontiers* 3, 48-55.

STEINWIDDER, A., M. KLAFENBÖCK, C. FASCHING, G. TERLER, L. GRUBER, D. MÉSZÁROS und J. SÖLKNER, 2017: Potenzial der Mid-Infrarot-Spektrometrie bei Kuhmilchproben zur Abschätzung der Rationszusammensetzung.

TIPLADY, K., M.-H. TRINH, S. DAVIS, R. SHERLOCK, R. SPELMAN, D. GARRICK und B. HARRIS, 2022: Pregnancy status predicted using milk mid-infrared spectra from dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 105, 3615-3632.

WALLÉN, S., E. PRESTLØKKEN, T. MEUWISSEN, S. McPARLAND und D. BERRY, 2018: Milk mid-infrared spectral data as a tool to predict feed intake in lactating Norwegian Red dairy cows. *J. Dairy Sci.* 101, 6232-6243.

WERNER, A., F. GOLLÉ-LEIDREITER, K. DROESSLER, F.J. AUER, M. MAYERHOFER, A. KÖCK, C. EGGER-DANNER und L.M. DALE, 2019: „KetoMIR2“-modellierung von Ketose-Risiko unter Verwendung von veterinärmedizinischer Diagnose und MIR-Spektren für Milchkuh im frühen Laktationsstadium. *ICAR Technical Series*, 303-307.

Mais-Stangenbohnen-Silage: Siliereigenschaften und Eignung für die Milchviehfütterung

Maize/pole-bean silage: fermentability and suitability for dairy cattle feeding

Elisabeth Gerster^{1*}, Annette Jilg¹, Daniel Brugger² und Thomas Jilg³

Zusammenfassung

In zwei aufeinanderfolgenden Jahren (2018 und 2019) wurde ein Mais-Stangenbohnen-Gemenge im Vergleich zu Silomais angebaut. Das Gemenge wurde auf seine Siliereignung und nach dem Silierprozess auf seine Eignung zur Fütterung von Milchvieh untersucht. Die Siliereignung wurde mittels Laborsiloversuch und regelmäßigem Silocontrolling an den Futterstöcken geprüft. Die Ergebnisse zur Fütterungseignung wurden durch zwei Fütterungsversuche (Cross-Over-Design) mit je 32 Fleckviehmilchkühen gewonnen. Beim Ernteertrag wurde kein nennenswerter Unterschied zwischen Silomais (181 dt Trockenmasse (TM) * ha⁻¹) und Gemenge (177 dt TM * ha⁻¹) festgestellt. Das Gemenge hatte eine vergleichbar gute Siliereignung wie Silomais. Nach dem Öffnen bestand bei Mais-Stangenbohnen-Silage, wie bei Maissilage, eine Nacherwärmungsgefahr. Es wurde sowohl mit Maissilage (22,8 kg TM und 31,9 kg Milch * Tag⁻¹) als auch mit Mais-Stangenbohnen-Silage (22,6 kg TM und 31,7 kg Milch * Tag⁻¹) eine hohe Futteraufnahme und eine hohe Milchleistung erreicht. Dass in der Mais-Stangenbohnen-Silage kein Phasin nachgewiesen wurde, ist erfreulich. Die erhoffte Einsparung von Eiweißkraftfutter bestätigte sich nicht, weil die Rohprotein (XP)-Konzentration in der Mais-Stangenbohnen-Silage nur wenig höher lag (3 bis 9 g * kg⁻¹ TM) als in der Maissilage. Mais-Stangenbohnen-Silage eignet sich gut für die Silierung und die Milchviehfütterung. Die Hauptvorteile des Gemengeanbaus liegen im pflanzenbaulichen und agrarökologischen Bereich.

Schlagwörter: Mais-Stangenbohnen-Gemenge, Rohprotein, Phasin, Nacherwärmung, Milchleistung

Summary

In two consecutive years (2018 and 2019), a maize/pole-bean intercrop was grown in comparison to silage maize. The intercrop was evaluated for fermentability and, after ensiling, for its suitability for dairy cattle feeding. The fermentability was tested using laboratory silage trials and regular silage monitoring at the bunker silos. The results on the suitability for dairy cattle feeding were obtained by two feeding trials (cross-over design) with 32 German Fleckvieh cows each. No considerable difference was detected in the harvest yield between silage maize (181 dt dry matter (dm) * ha⁻¹) and intercrop (177 dt dm * ha⁻¹). The intercrop fermented as well as the silage maize. After opening, maize/pole-bean silage, like maize silage, was at risk of reheating. High feed intake and high milk yield were achieved with both maize silage (22.8 kg dm and 31.9 kg milk * day⁻¹) and

¹ Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), Atzenbergerweg 99, D-88326 Aulendorf

² Universität Zürich, Vetsuisse-Fakultät, Institut für Tierernährung und Diätetik, Winterthurerstrasse 270, CH 8057 Zürich

³ a.D., ehemals Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), Atzenbergerweg 99, D-88326 Aulendorf

* Ansprechpartner: Dr. Elisabeth Gerster, email: elisabeth.gerster@lazbw.bwl.de

maize/pole-bean silage (22.6 kg dm and 31.7 kg milk * day⁻¹). Fortunately, no phasin was identified in the maize/pole-bean silage. The desired saving of protein concentrate was not confirmed, because the crude protein concentration in the maize/pole-bean silage was only slightly higher than in the maize silage (plus 3 to 9 g * kg⁻¹ dm). Maize/pole-bean silage is well suited for ensiling and dairy cattle feeding. The main advantages of the intercropping are related to crop cultivation and agroecology.

Keywords: maize/pole-bean intercrop, crude protein, phasin, reheating, milk yield

Einleitung

Der Anbau von Mais im Gemenge mit Bohnen und Kürbis ist als Milpa bekannt, wurde schon von den Maya praktiziert und hat in Mittelamerika bis heute Tradition. Der Gemengeanbau von Mais und Gartenbohne (*Phaseolus vulgaris*) ist zunächst aus agrarökologischen Gründen interessant. Zum agrarökologischen Potential des Gemenges zählen die Stickstoff-Fixierung durch die Bohne als Leguminose, der Bodenschutz durch die bessere Durchwurzelung und die Stärkung der floristischen und faunistischen Artenvielfalt (siehe *Abbildung 1*).

Abbildung 1: Mais-Stangenbohnen-Gemenge vor der Ernte 2018 (Foto: A. Jilg, LAZBW)



Für die Milchviehfütterung könnte die höhere XP-Konzentration einer Mais-Stangenbohnen-Silage von Interesse sein. Maissilage zeichnet sich durch eine hohe Energiekonzentration, kombiniert mit einer geringen XP-Konzentration aus. Das hat eine deutlich negative Ruminale-Stickstoffbilanz (RNB) des Futtermittels zur Folge. Nimmt Maissilage 50 % oder mehr in der Grobfuttertrockenmasse einer Milchviehration ein, erfordert das den Ausgleich mit Eiweißkraftfutterkomponenten. Der Zukauf von Eiweißkraftfutter belastet die Stickstoff-Hoftorbilanz und den Geldbeutel.

Am Landwirtschaftlichen Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), Standort Aulendorf, wurde deshalb die Eignung von Mais-Stangenbohnen-Gemenge für die Silagebereitung und die Milchviehfütterung in zwei aufeinanderfolgenden Jahren untersucht.

Material und Methoden

Im Jahr 2018 und 2019 wurden je 4,5 ha der Silomaissorte Figaro (9 Körner * m⁻²) in Reinanbau produziert. Die Anbaufläche des Gemenges mit der Silomaissorte Figaro (8 Körner * m⁻²) und der Stangenbohne (*Phaseolus vulgaris*) WAV 512 (4 Körner * m⁻²) betrug 2018 4,5 ha und 2019 4,7 ha. Die Aussaat erfolgte mit einer Einzelkornsämaschine. Zwischen den Reihen wurde im Anbaujahr 2018 ein Abstand von 75 cm gewählt. Im Anbaujahr 2019 war der Reihenabstand mit 50 cm enger. Zwei Tage nach der Aussaat wurde eine Herbizid-Vorauflauf-Behandlung mit 3,5 L * ha⁻¹ Stomp Aqua durchgeführt. Geerntet wurde mit einem reihenunabhängigen Maishäcksler (6-Reiher).

Die Ernte des Mais-Stangenbohnen-Gemenges bzw. des Silomais erfolgte in 2018 an zwei aufeinanderfolgenden Tagen (03. bzw. 04.09.2018) und in 2019 am selben Tag (01.10.2019). Die Ernte wurde jeweils mit einer identischen Silierkette durchgeführt. Gewalzt wurde mit einem Schlepper mit Schiebeschild und Zusatzgewicht. Insgesamt wog das Walzfahrzeug 13,9 t. Im Jahr 2019 wurde in den oberen ca. 50 cm der Futterstöcke ein biologisches Siliermittel (homo- und heterofermentative Milchsäurebakterien) eingesetzt. Nach der Befüllung wurden die Silos umgehend verschlossen. Die Abdeckung erfolgte mit einer am LAZBW standardmäßig verwendeten 2in1-Silofolie und einer Silogewebeplane aus PVC als Schutzgitter.

Probenmaterial der Stangenbohnen Samen, der Stangenbohnenpflanze und der Mais-Stangenbohnen-Silage wurde in beiden Jahren für die Phasinbestimmung gesammelt. Phasin analysierte das Labor am Lehrstuhl für Tierernährung, TU München-Freising nach BOLDUAN et al. (2016). Zum Prüfen der Siliereigenschaften wurde 2018 mit dem Erntegut Silomais bzw. Mais-Stangenbohne ein Laborsiloversuch durchgeführt. Zusätzlich wurde der Siliererfolg der Maissilage bzw. der Mais-Stangenbohnen-Silage nach dem Öffnen der Fahrsilos in beiden Jahren an sechs Terminen mittels Silocontrolling verglichen.

Der Laborsiloversuch wurde in 1,5 L Weckgläsern gemäß geltender DLG-Prüfrichtlinie für die Verleihung und Führung des DLG-Gütezeichens für Siliermittel (Stand Januar 2018) mit Silomais bzw. Mais-Stangenbohnen-Gemenge am Tage der Ernte 2018 aufgesetzt. Pro Behandlung wurden neun Weckgläser befüllt, d.h. in dreifacher Wiederholung für drei Auslagerungstermine (2, 49 (mit Luftstress) und 90 Tage). Die Ausgangsmaterialien für den Laborsiloversuch wurden am LTZ Augustenberg auf Zucker (VO (EG) 152 2/2009 III J, modifiziert), Pufferkapazität (WEISSBACH 1992, FAL, modifiziert) und Nitrat (BASSLER 1988, VDLUFA) untersucht. Die biogenen Amine (Messung mittels HPLC) bestimmte das LKS Labor in Lichtenwalde.

Nachfolgend werden lediglich die Ergebnisse des Auslagerungstermins nach 90 Tagen vorgestellt. Zu diesem Termin wurden im ausgelagerten Material folgende Merkmale bestimmt: pH-Wert, TM-Gehalt, Gärsäuren, Ammoniakgehalt, Futterwert, biogene Amine und die Phasin-Konzentration. Die Futterwert-Analysen erfolgten nach Vorgaben des Methodenbuchs zur chemischen Untersuchung von Futtermitteln (VDLUFA 2012) im Futtermittellabor des LAZBW. Bei den Silagen wurde die TM-Korrektur nach WEISSBACH und KUHLA (1995) angewandt. Der energetische Futterwert von Maissilage und Mais-Stangenbohnen-Silage wurde mittels Cellulaselöslichkeit (VDLUFA 2012) ermittelt. Auch die Analyse des pH-Werts, des Ammoniak-Gehalts, und der Gärsäuren (Milch-, Essig-, Butter-, Propionsäure, Propandiol und Ethanol mittels HPLC) wurden im Futtermittellabor des LAZBW durchgeführt.

Das Silocontrolling fand 14tägig an sechs Terminen pro Jahr statt (Zeitraum 08.02.-01.04.2019 bzw. 20.04.-29.06.2020.) Es wurden sechs Messstellen festgelegt (siehe *Abbildung 2*).

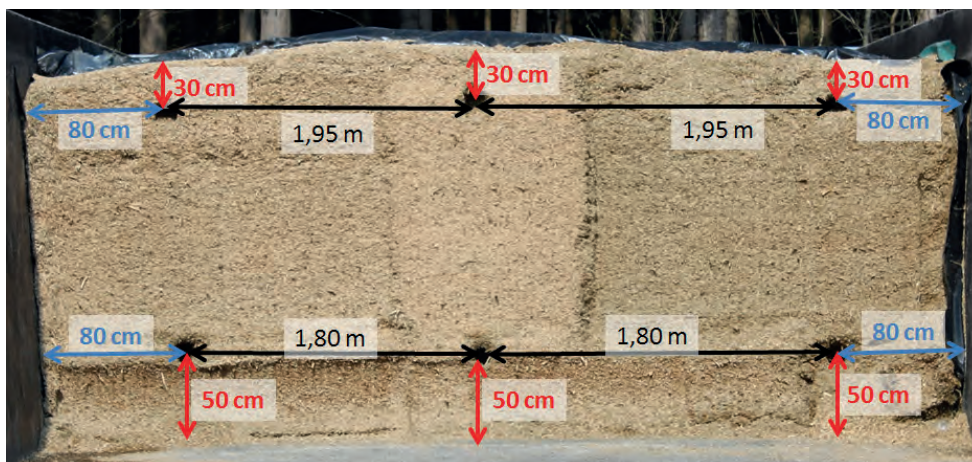


Abbildung 2: Probenahmestellen Silocontrolling (Foto: A. Jilg, LAZBW)

An den Messstellen wurden die Temperatur und die Dichte gemessen. Außerdem wurde jeweils Material zur Bestimmung des TM-Gehalts, des pH-Wertes, der Gärsäuren sowie für den Test auf aerobe Stabilität (ASTA) entnommen. Der ASTA wurde ebenfalls nach den Vorgaben der DLG-Prüfrichtlinie durchgeführt. Die Analyse des Futterwertes erfolgte jeweils aus der Messstelle „Mitte unten“.

Aufgrund des Versuchsdesigns erfolgten die Vergleiche im Laborsiloversuch sowie dem Silocontrolling zwischen Mais-Stangenbohnen-Silage und Maissilage mit Hilfe beschreibender Statistik.

Mit den Silagen aus 2018 wurde im Zeitraum 23.01.-23.04.2019 ein Fütterungsversuch im Cross-Over-Design (siehe *Abbildung 3*) durchgeführt, mit den Silagen aus 2019 im Zeitraum 25.03.-01.07.2020. Die Kühe waren im Versuchsbereich der Fress-Liege-Halle mit eingestreuten Liegeboxen aufgestellt. Die Milchgewinnung erfolgte mit einem automatischen Melksystem (AMS). In beiden Jahren waren jeweils 32 Fleckviehmilchkühe im Versuch. Die Einteilung in zwei Gruppen erfolgte zufällig unter Berücksichtigung der Milchleistung, des Laktationstags und der Laktationsnummer.

Abbildung 3: Versuchsdesign (Gruppe 1 n = 16; Gruppe 2 n = 16), MS = Maissilage und MBS = Mais-Stangenbohnen-Silage

	Angewöhnung	Periode 1		Periode 2	
		Anpassung	Datenerfassung	Anpassung	Datenerfassung
Dauer, 2019	7 Tage	7 Tage	35 Tage	7 Tage	42 Tage
Dauer, 2020	7 Tage	7 Tage	42 Tage	7 Tage	42 Tage
Gruppe 1	MS	MS		MBS	
Gruppe 2		MBS		MS	

Gemessen wurden täglich und tierindividuell die Aufnahme von Trogration an Wiegetrögen (RIC; Hokofarm, Niederlande), der Abruf des Milchleistungsfutters sowie die Milchleistung am AMS (VMS 300, DeLaval, Glinde D). Wegen einer technischen Panne bei der Kraftfutterdosierung am AMS konnten die Daten im zweiten Jahr bis zum 10.04.2020 nicht verwendet werden (Dauer Datenerfassung deshalb in Periode 1 nur 35 Tage). Gewogen wurden die Tiere einmal pro Woche auf einer Durchlaufwaage. Die Milchinhaltsstoffe wurden einmal wöchentlich analysiert vom Milchprüfing in Baden-Württemberg e.V. (Kirchheim, Teck). Die Futter-Einzelkomponenten wurden 14tägig beprobt (TM-Gehalt und Futterwert). Der energetische Futterwert der Rationskomponenten Grassilage, Heu und energiereiches Kraftfutter wurde mittels Hohenheimer Futterwerttest nach STEINGASS und MENKE (1986) bestimmt. Die Bonitur des Body Condition Score (BCS) nach EDMONSON et. al. (1989) erfolgte monatlich.

Zusätzlich wurden im ersten Jahr einmal pro Periode tierindividuell Blut- und Milchproben für die Phasinbestimmung gewonnen.

Die statistische Auswertung des Fütterungsversuchs erfolgte in den beiden Jahren getrennt, nach demselben Vorgehen. Nachfolgendes lineares gemischtes Modell wurde in SAS, Version 9.4 angewandt, unter Berücksichtigung der Laktationsverläufe (ALI und SCHAEFFER 1987):

$$y = \mu + TAG + LNO + f(ltg)(LNO) + GRP + BEH + kuh + e$$

mit:

y = Beobachtungswert des jeweiligen Merkmals

μ = allgemeines Mittel

TAG = fixer Effekt des Versuchstags

LNO = fixer Effekt der Laktationsnummer (1, 2, ≥ 3)

f(ltg)(LNO) = Laktationskurve innerhalb der Laktationsnummer

mit ltg = Laktationstag

f(ltg) = Laktationskurve: $ltg/330 + (ltg/330)^2 + \ln(330/ltg) + (\ln(330/ltg))^2$

GRP = fixer Effekt der Tiergruppe (1, 2) (= Carry-Over-Effekt)

BEH = fixer Effekt der Behandlung (MS, MBS)

kuh = zufälliger Effekt der Kuh

e = Restfehler

Ergebnisse

Aufgrund ausgeprägter Trockenheit im Anbaujahr 2018 fand die Ernte drei bis vier Wochen früher als regional üblich statt. Diese klimatische Besonderheit spiegelte sich auch in den Erträgen wieder (siehe *Tabelle 1*).

Tabelle 1: Erträge des Silomais und des Mais-Stangenbohnen-Gemenges in den beiden Anbaujahren 2018 und 2019

Erntejahr	2018		2019	
	Silomais	Gemenge	Silomais	Gemenge
Ertrag, dt TM * ha ⁻¹	146	162	215	192
TM-Gehalt, %	34,4	33,3	34,3	35,2
Anteil Stangenbohne in der TM, %	0	9	0	11

TM= Trockenmasse

Sowohl für das Ausgangssubstrat Silomais als auch das Ausgangssubstrat Mais-Stangenbohnen-Gemenge wurde eine sehr gute Vergärbarkeit festgestellt (Ziel: Vergärbarkeitskoeffizient > 45), wie *Tabelle 2* verdeutlicht. Zwischen den Jahren zeigten sich teilweise deutliche Unterschiede.

Tabelle 2: Siliereigenschaften von frischem Mais-Stangenbohnen-Gemenge (Gemenge) und Silomais

Substrat		TM, g * kg ⁻¹ FM	PK, g MS * 100 g ⁻¹ TM	Zucker, % TM	Z/PK	VK	Nitrat, mg * kg ⁻¹ TM
Erntejahr 2018, n = 3							
Gemenge	MW	333	4,9	8,3	1,7	47	3.234
	s	4	0,2	0,3	0,1	0,9	412
Silomais	MW	321	4,8	7,1	1,5	44	3.002
	s	2	0,0	0,3	0,1	0,7	183
Erntejahr 2019, n = 3							
Gemenge	MW	352	3,6	7,9	2,2	53	426
	s	14	0,2	0,8	0,2	0,2	43
Silomais	MW	343	3,2	8,9	2,8	57	377
	s	7	0,1	0,7	0,3	2,3	48
Orientierungswert (DLG 2011)							
Silomais		300	3,2	11,0	3,4	57	k. A.

FM = Frischmasse; TM = Trockenmasse; PK = Pufferkapazität; MS = Milchsäure; Z/PK = Zucker-Pufferkapazitätsquotient; VK = Vergärbarkeitskoeffizient (VK = TM+8*Z/PK); MW = Mittelwert; s = Standardabweichung; k. A. = keine Angabe

Die Ergebnisse des Laborsiloversuchs (siehe *Tabelle 3*) bestätigten die guten Siliereigenschaften des Ausgangsmaterials. Bei der Auslagerung nach 90 Tagen wiesen alle Silagen einen niedrigen Ammoniak-Stickstoffgehalt auf, ein indirekter Indikator für die gewünschte, schnelle Ansäuerung im Silierprozess. In den Mais-Stangenbohnen-Silagen bildeten sich etwas höhere Gehalte an biogenen Aminen. Grundsätzlich lagen die Werte jedoch deutlich unter der kritischen Grenze von max. 5 g * kg⁻¹ TM. Zwischen den Mais-

Tabelle 3: Vergleich des Siliererfolgs von Maissilage (MS) und Mais-Stangenbohnen-Silage (MBS) im Laborsiloversuch bei Auslagerung nach 90 Tagen

Substrat		NH3-N, % Nges	BAGES, g * kg ⁻¹ TM	pH-Wert	Essigsäure, g * kg ⁻¹ TM	Gärverluste, % der korrigierten TM-Einlage
Erntejahr 2018						
MS	MW	7,5	0,7	3,7	14,8	3,8
	s	0,3	0,1	0,0	0,2	0,1
MBS	MW	6,8	1,7	3,6	13,2	3,9
	s	0,2	0,9	0,0	0,9	0,0

NH3-N = Ammoniak-Stickstoff; BAGES = biogene Amine gesamt (Summe von Putrescin, Cadaverin, Histamin, Phenylethylamin, Tryptamin, Tyramin); MW = Mittelwert; s = Standardabweichung

Stangenbohnen-Silagen und den Maissilagen war kein nennenswerter Unterschied im pH-Wert feststellbar. Die Gärverluste lagen nach einer Lagerung von 90 Tagen auf einem vergleichbaren, üblichen Niveau.

Das Material, das beim Silocontrolling im Erntejahr 2018 aus dem unteren Bereich beider Futterstöcke entnommen wurde, erwärmte schneller als das aus dem oberen Bereich (siehe *Tabelle 4*). Jedoch waren alle Proben im Schnitt die gewünschten drei Tage aerob stabil. Das Material beider Silagen aus dem Erntejahr 2019 war weniger aerob stabil. Alle Proben der Maissilage sowie alle Proben aus dem unteren Bereich der Mais-Stangenbohnen-Silage zeigten eine Erwärmung. Im Mittel waren die Proben aus dem oberen Silobereich der Maissilage und die Proben aus dem unteren Bereich der Mais-Stangenbohnen-Silage keine drei Tage aerob stabil. In der Gesamtschau traten zwischen den Silagearten keine deutlichen Unterschiede hinsichtlich ihrer aeroben Stabilität auf.

Tabelle 4: Durchschnittliche Zeit bis zur Erwärmung (ASTA-Test über 168 Stunden) von Mais-Stangenbohnen-Silage (MBS) und Maissilage (MS) aus dem unteren und oberen Bereich der Siloanschnittsfläche aus den Erntejahren 2018 und 2019 (für nicht erwärmte Proben wurden 174 Stunden angesetzt)

Erntejahr 2018 (n = 18)				
Zeit bis Erwärmung in h	MS		MBS	
	unten	oben	unten	oben
MW	93	124	92	133
s	24	37	40	54
Min	81	81	37	31
Max	108	kalt	124	kalt
Erntejahr 2019 (n = 18)				
MW	82	66	64	135
s	30	29	26	54
Min	35	25	23	12
Max	149	141	124	kalt

MW = Mittelwert; s = Standardabweichung

Die Ergebnisse der Phasinuntersuchung zeigten die höchste Konzentration im Stangenbohnen Saatgut, eine deutlich geringere Konzentration in den Bohnenpflanzen und lediglich Spuren im Mais-Stangenbohnen-Gemenge. Ein geringer Phasingehalt in der Mais-Stangenbohnen-Silage war nur in der Ernte 2019 feststellbar (*Tabelle 5*). Im Blut und in der Milch (Analyse nur im ersten Jahr) war daher kein Phasin nachweisbar.

Tabelle 5: Mittlere Phasin-Konzentration (mg * g⁻¹ TM) im Saatgut, in den Bohnenpflanzen, im Mais-Stangenbohnen-Gemenge frisch und siliert sowie in Milch und Blut

Erntejahr	2018	2019
Saatgut, Sorte WAV 512 ¹⁾	2,07	0,62
Stangenbohnen-Pflanzen	0,10	0,27
Mais-Stangenbohnen-Gemenge	0,01	0,02
Mais-Stangenbohnen-Silage	0	0,03
Milch	0	keine Analyse
Blut	0	keine Analyse

¹⁾ Spannweite in 20 Sorten 0,16 bis 67,4 mg * g⁻¹ Trockenmasse (TM) (BRUGGER et al. 2016)

Die XP-Konzentration der Mais-Stangenbohnen-Silage war im Erntejahr 2018 bzw. 2019 um 3 bzw. 9 g * kg⁻¹ TM höher als die XP-Konzentration der Maissilage (siehe *Tabelle 6*). Im ersten Jahr war die Energiekonzentration in den beiden Silagen identisch. Im zweiten Jahr hatte die Maissilage eine um 0,2 MJ NEL * kg⁻¹ TM höhere Energiekonzentration. Auch weitere Futterwertmerkmale, wie die Neutrale-Detergenzien-Faser, lagen auf

einem ähnlichen Niveau. Nennenswerte Unterschiede zwischen Maissilage und Mais-Stangenbohnen-Silage wurden bei der Kalzium-Konzentration ermittelt. Hier wies die Mais-Stangenbohnen-Silage grundsätzlich höhere Konzentrationen auf (+0,8 bzw. +1,5 g * kg⁻¹ TM in 2018 bzw. 2019).

Tabelle 6: Mittlere Energie- und Nährstoffkonzentration der Maissilage (MS) und der Mais-Stangenbohnen-Silage (MBS) aus dem Erntejahr 2018 bzw. 2019

Erntejahr	2018		2019	
	MS	MBS	MS	MBS
TM, g * kg ⁻¹	323	317	350	351
XP, g * kg ⁻¹ TM	74	77	72	81
ME, MJ * kg ⁻¹ TM	11,0	11,0	11,8	11,5
NEL, MJ * kg ⁻¹ TM	6,6	6,6	7,2	7,0
ADFom, g * kg ⁻¹ TM	247	257	184	192
aNDFom, g * kg ⁻¹ TM	419	423	308	314
RNB, g * kg ⁻¹ TM	-9,1	-8,7	-10,6	-9,2
nXP, g * kg ⁻¹ TM	132	132	138	139
Ca, g * kg ⁻¹ TM	2,4	3,2	2,0	3,5
P, g * kg ⁻¹ TM	2,1	2,2	2,2	2,6

TM = Trockenmasse; XP = Rohprotein; ADF = Saure-Detergenzien-Faser; NDF = Neutrale-Detergenzien-Faser; RNB = Ruminale-Stickstoff-Bilanz; nXP = nutzbares Rohprotein; Ca = Kalzium; P = Phosphor

Die *Tabelle 7* zeigt die Zusammensetzung der Mischrationen (Ist-Ration) in den beiden Behandlungen. Im zweiten Jahr war der Anteil der Mais- bzw. Mais-Stangenbohnen-Silage in der Mischration rund 5 % geringer als im Vorjahr.

Tabelle 7: Zusammensetzung der Mischration in den Behandlungen Maissilage (MS) und Mais-Stangenbohnen-Silage (MBS) in den beiden Jahren, Anteile in % der Trockenmasse (TM)

Erntejahr	2018		2019	
	MS	MBS	MS	MBS
Grassilage	24,9	25,3	34,4	34,4
Maissilage	42,9		38,2	-
Mais-Stangenbohne-Silage		43,0	-	37,5
Stroh, Wintergerste	3,7	4,0	3,2	3,7
Rapsextraktionsschrot	17,2	17,1	12,7	13,3
Kraftfutter-Mix ¹⁾	10,3	9,6	10,4	10,1
Mineralfutter, kohlenaurer Futterkalk, Viehsalz	1,0	1,0	1,0	1,0
Kraftfutteranteil	27	27	27	28

¹⁾ 2018 20 % Weizen, 20 % Gerste, 40 % Ackerbohnen, 20 % Mais
 2019 bis 01.06. 40 % Weizen, 40 % Gerste, 20 % Ackerbohnen/Erbsen
 2019 ab 02.06. 48 % Weizen, 40 % Gerste, 12 % Rapsextraktionsschrot

Die XP-Konzentration der Mischration in der Behandlung MS lag mit 156 bzw. 152 g * kg⁻¹ TM in beiden Jahren etwas unter der in der Behandlung MBS mit je 157 g * kg⁻¹ TM (siehe *Tabelle 8*). Die Energiekonzentration der Ration MS betrug 6,7 bzw. 6,8 MJ NEL * kg⁻¹ TM, die der Ration MBS 6,6 bzw. 6,7 MJ NEL * kg⁻¹ TM. Die unterschiedlichen Konzentrationen sind auf die Unterschiede zwischen Maissilage und Mais-Stangenbohnen-Silage zurückzuführen (*Tabelle 6*). Trotz des höheren Anteils an Maissilage bzw. Mais-Stangenbohnen-Silage in den Mischrationen im ersten Jahr, bei vergleichbaren Strohanteilen (siehe *Tabelle 7*), wiesen die Mischrationen im ersten Jahr höhere Konzentrationen an Gerüstkohlenhydraten auf. Die höhere Konzentration an Gerüstkohlenhydraten in den Silagen im Erntejahr 2018 erklärt dieses Ergebnis (siehe *Tabelle 6*).

Tabelle 8: Mittlere Energie- und Nährstoffkonzentration (\pm Standardabweichung) der Mischration in den Behandlungen Maissilage (MS) und Mais-Stangenbohnen-Silage (MBS) in den beiden Jahren

Erntejahr	2018		2019	
	MS	MBS	MS	MBS
TM, g * kg ⁻¹	429 \pm 1	429 \pm 1	445 \pm 0	440 \pm 0
XP, g * kg ⁻¹ TM	156 \pm 5	157 \pm 4	152 \pm 3	157 \pm 5
ME, MJ * kg ⁻¹ TM	11,0 \pm 0,1	10,9 \pm 0,1	11,1 \pm 0,2	11,0 \pm 0,2
NEL, MJ * kg ⁻¹ TM	6,7 \pm 0,1	6,6 \pm 0,1	6,8 \pm 0,1	6,7 \pm 0,1
ADFom, g * kg ⁻¹ TM	249 \pm 4	256 \pm 8	215 \pm 5	220 \pm 7
aNDFom, g * kg ⁻¹ TM	415 \pm 6	419 \pm 8	353 \pm 8	358 \pm 10
RNB, g * kg ⁻¹ TM	0,1 \pm 0,5	0,3 \pm 0,5	-0,2 \pm 0,3	0,5 \pm 0,5
nXP, g * kg ⁻¹ TM	155 \pm 2	155 \pm 2	153 \pm 2	154 \pm 3
Ca, g * kg ⁻¹ TM	6,2 \pm 0,1	6,5 \pm 0,2	7,2 \pm 0,2	7,8 \pm 0,2
P, g * kg ⁻¹ TM	5,3 \pm 0,2	5,4 \pm 0,3	5,1 \pm 0,3	5,3 \pm 0,3

TM = Trockenmasse; XP = Rohprotein; ADF = Saure-Detergenzien-Faser; NDF = Neutrale-Detergenzien-Faser; RNB = Ruminale-Stickstoff-Bilanz; nXP = nutzbares Rohprotein; Ca = Kalzium; P = Phosphor

Im AMS wurde in beiden Jahren täglich 3 kg pelletiertes Milchleistungsfutter gleicher Komponentenzusammensetzung (siehe *Tabelle 9*) angeboten.

Tabelle 9: Mittlere Energie- und Nährstoffkonzentration des Milchleistungsfutters in den beiden Jahren

Erntejahr	2018	2019
TM, g * kg ⁻¹	878	887
XP, g * kg ⁻¹ TM	209	203
ME, MJ * kg ⁻¹ TM	13,4	13,1
NEL, MJ * kg ⁻¹ TM	8,6	8,2
ADFom, g * kg ⁻¹ TM	95	84
aNDFom, g * kg ⁻¹ TM	253	221
RNB, g * kg ⁻¹ TM	3,7	3,5
nXP, g * kg ⁻¹ TM	186	181
Ca, g * kg ⁻¹ TM	6,4	7,8
P, g * kg ⁻¹ TM	6,2	6,9

15 % Weizen, 20 % Gerste, 50 % Ackerbohnen, 10 % Mais, 2 % Melasse, 3 % Mineralfutter

TM = Trockenmasse; XP = Rohprotein; ADF = Saure-Detergenzien-Faser; NDF = Neutrale-Detergenzien-Faser; RNB = Ruminale-Stickstoff-Bilanz; nXP = nutzbares Rohprotein; Ca = Kalzium; P = Phosphor

In *Tabelle 10* sind Merkmale der Futterraufnahme der Tiere in den beiden Behandlungen für die beiden Jahre dargelegt. Im ersten Jahr waren in der Behandlung MBS bei gleicher Futterraufnahme, aber höherer Konzentration an bspw. Rohprotein, Saurer- oder Neutraler-Detergenzien-Faser in der Mischration (siehe *Tabelle 8*), die täglichen Aufnahmen dieser Nährstoffe signifikant (p -Wert $\leq 0,05$) höher. Nur im zweiten Jahr hatte die Behandlung einen signifikant negativen Einfluss auf die Futterraufnahme. Die Tiere in der Behandlung MBS nahmen in diesem zweiten Jahr täglich 0,5 kg TM weniger der Mischration auf. Dieser Unterschied wurde nicht durch eine höhere Aufnahme an Milchleistungsfutter ausgeglichen. Die geringere Futterraufnahme in der Behandlung MBS im zweiten Jahr hatte eine signifikant geringere Aufnahme an Energie, Neutraler-Detergenzien-Faser und nutzbarem XP zur Folge. Hingegen wog die höhere XP-Konzentration der Mischration in der Behandlung MBS die geringere Futterraufnahme auf, sodass die Tiere beider Behandlungen im zweiten Jahr gleich viel XP aufnahmen.

Tabelle 10: Merkmale der Futter-, Energie- und Nährstoffaufnahme der Tiere in den Behandlungen Maissilage (MS) und Mais-Stangenbohnen-Silage (MBS) in den beiden Jahren (Kleinstquadrat-schätzer ± Standardfehler)

Erntejahr pro Tag	2018			2019		
	MS	MBS	p-Wert ¹⁾	MS	MBS	p-Wert ¹⁾
Mischration, kg TM	19,9±0,2	19,9±0,2	0,870	20,5±0,4	20,0±0,4	<0,001
Leistungskraftfutter, kg TM	2,6±0,1	2,7±0,1	0,019	2,6±0,0	2,5±0,0	0,043
Kraftfutter gesamt ²⁾ , kg TM	7,9	8,1	-	7,5	7,4	-
Gesamt, kg TM	22,5±0,3	22,6±0,3	0,410	23,0±0,4	22,5±0,4	<0,001
XP, g	3.631±43	3.667±44	0,010	3.622±57	3.620±57	0,926
Energie, MJ ME	253±3	254±3	0,350	259±4	250±4	<0,001
Energie, MJ NEL	155±2	155±2	0,300	160±3	154±3	<0,001
ADFom, g	5.266±58	5.388±59	<0,001	4.640±82	4.620±83	0,332
aNDFom, g	9.000±99	9.081±101	0,022	7.825±133	7.717±134	0,001
RNB, g	10,6±0,5	13,5±0,5	<0,001	4,1±0,2	17,9±0,3	<0,001
nXP, g	3.564±42	3.582±42	0,180	3.596±58	3.508±58	<0,001
Ca, g	141±2	146±2	<0,001	169±3	177±3	<0,001
P, g	122±1	123±1	0,039	122±2	123±2	0,020

¹⁾ p-Wert Behandlung; ²⁾ berechnet;

TM = Trockenmasse; XP = Rohprotein; ADF = Saure-Detergenzien-Faser; NDF = Neutrale-Detergenzien-Faser;

RNB = Ruminale-Stickstoff-Bilanz; nXP = nutzbares Rohprotein; Ca= Kalzium; P = Phosphor

Im zweiten Jahr lag die Milchleistung in beiden Gruppen auf deutlich höherem Niveau. Lediglich im zweiten Jahr war die Milchleistung zwischen den Behandlungen signifikant (p-Wert ≤ 0,05) verschieden (Tabelle 11). Aufgrund seiner Geringfügigkeit hat der Milchleistungsunterschied in Höhe von 0,3 kg * Tag⁻¹ jedoch keine praktische Relevanz.

Die Milchfett-, Milcheiweiß- und Laktosekonzentrationen wurden durch die Behandlung nicht beeinflusst. Dieses Ergebnis wurde in beiden Jahren festgestellt. Die signifikant geringere Milchwahnharnstoffkonzentration in der Behandlung MBS im ersten Jahr steht im Widerspruch zur signifikant höheren XP-Aufnahme und zur signifikant höheren RNB in dieser Behandlung (vgl. Tabelle 10). Im zweiten Jahr entsprach die signifikant höhere Milchwahnharnstoffkonzentration in der Behandlung MBS den Erwartungen.

Tabelle 11: Milchleistung und Milchinhaltstoffe der Tiere in den Behandlungen Maissilage (MS) und Mais-Stangenbohnen-Silage (MBS) in den beiden Jahren (Kleinstquadrat-schätzer ± Standardfehler)

Erntejahr	2018			2019		
	MS	MBS	p-Wert ¹⁾	MS	MBS	p-Wert ¹⁾
Milchmenge, kg Tag ⁻¹	29,1±1,0	29,0±1,0	0,880	34,6±1,0	34,3±1,0	0,003
Milchfett, %	4,23±0,08	4,25±0,08	0,490	3,96±0,10	3,98±0,08	0,688
Milcheiweiß, %	3,86±0,04	3,86±0,10	0,500	3,69±0,10	3,68±0,06	0,638
Laktose, %	4,73±0,03	4,72±0,03	0,710	4,80±0,10	4,74±0,06	0,223
Milchwahnharnstoff, mg * L ⁻¹	285± 5	268±5	<0,001	228±5	247±5	<0,001
ECM, kg * Tag ⁻¹	30,4±1,0	30,0±1,0	0,190	35,0±1,0	34,3±1,0	0,080

¹⁾ p-Wert Behandlung; ECM = Energiekorrigierte Milchleistung

Der BCS und die Lebensmasse waren in beiden Behandlungen gleich. Im ersten bzw. zweiten Jahr wogen die Tiere in der Behandlung MS 781 ± 11 bzw. 834 ± 15 kg (Kleinstquadrat-schätzer ± Standardfehler) und hatten einen BCS von 3,6 ± 0,1 bzw. 3,4 ± 0,1. In der Behandlung MBS wogen die Tiere 782 ± 11 bzw. 831 ± 15 kg und hatten einen BCS von 3,6 ± 0,1 bzw. 3,4 ± 0,2.

Diskussion

Im Laborsiloversuch von HÖPPNER et al. (2017) war bei Zumischung von Stangenbohnen zu Silomais die Vergärbarkeit im Vergleich zu Silomais herabgesetzt. Ein deutlich reduzierter Vergärbarkeitskoeffizient ergab sich bei HÖPPNER et al. (2017) allerdings erst bei einem Anteil der Stangenbohnen von 30 oder 45 % im eingelagerten, frischen Material. Betrug der Anteil der Stangenbohnen rund 15 %, und lag somit auf vergleichbarem Niveau wie in vorliegender Untersuchung, war die Vergärbarkeit des Gemenges bei HÖPPNER et al. (2017) vergleichbar zu reinem Silomais. Der vorliegende Versuch bestätigt dieses Ergebnis.

In der Mais-Stangenbohnen-Silage bildeten sich im Laborsiloversuch etwas höhere Gehalte an biogenen Aminen. Jedoch lagen die Werte unter der kritischen Grenze. Die Gehalte können nicht über einen mangelhaften Gärverlauf erklärt werden. Den Autoren sind aus der Literatur keine Vergleichswerte für biogene Amine in Mais-Stangenbohnen-Silage bekannt.

Im Rahmen des Silocontrollings zeigten sich keine deutlichen Unterschiede zwischen den Futterstöcken mit Mais- oder Mais-Stangenbohnen-Silage in Bezug auf die Verdichtung und Nacherwärmungsneigung. Nacherwärmung hängt von vielen Faktoren ab (bspw. Verdichtung, physiologisches Alter der Pflanzen oder TM-Gehalt). Eine Ursache für die geringere aerobe Stabilität sowohl der Maissilage als auch der Mais-Stangenbohnen-Silage aus der Ernte 2019 verglichen mit 2018 könnte der weit unter dem Zielwert ($2,5 \text{ m} \cdot \text{Woche}^{-1}$) gelegene Vorschub gewesen sein. Die Maissilage wurde mit einem etwas höheren Vorschub entnommen (im Mittel $1,6$ im Vergleich zu $1,1 \text{ m} \cdot \text{Woche}^{-1}$). Zusammenfassend gilt bei Mais-Stangenbohnen-Silage, wie bei Maissilage, die Nacherwärmungsneigung im Blick zu behalten.

In den beiden Jahren wurde keine nennenswerte Auswirkung der Stangenbohnen in der Silage auf Futteraufnahme und Milchleistung festgestellt. Damit bestätigte sich das Ergebnis von KÄLBER et al. (2017). Der Stangenbohnenanteil in der Mais-Stangenbohnen-Silage in Höhe von 7 % der TM lag bei KÄLBER et al. (2017) auf vergleichbarem Niveau wie in vorliegender Untersuchung (vgl. *Tabelle 1*). Schon 2000 stellten ANIL et al. fest, dass die Aufnahme von Mais- und Mais-Stangenbohnen-Silage bei Schafen nicht unterschiedlich war. Auch CONTRERAS-GOVEA et al. (2009) folgerten aus ihren Untersuchungen, dass Mais-Stangenbohnen-Silage einen vergleichbaren Futterwert wie Maissilage aufweist.

Als potentiell kritisch für den Einsatz von Mais-Stangenbohnen-Silage in der Fütterung wurde vor Versuchsbeginn die Phasin-Konzentration in Stangenbohnen gewertet. In der Literatur wird beschrieben, dass Phasin ruminal abgebaut wird. Eine Schätzung der effektiven ruminalen Abbaubarkeit deutet jedoch auf Verlagerungen unverdauten Phasins in tiefere Darmabschnitte in Größenordnungen um 25 % der Konzentration im Futter hin (BRUGGER et al. 2018). Daher konnte ein negativer Einfluss auf die Akzeptanz des Futters sowie auf die Leistung der Tiere nicht völlig ausgeschlossen werden. Dass im Blut und in der Milch kein Phasin nachgewiesen werden konnte, erklärt sich durch die Abwesenheit von Phasin in der Silage im ersten Jahr. Weil in den Silagen, im Gegensatz zum Ausgangsmaterial, in den beiden Jahren kein bzw. deutlich weniger Phasin enthalten war, liegt ein Abbau des Phasins während des Siliervorgangs nahe. Allerdings konnten WYSS et al. (2018) keinen Abbau durch den Siliervorgang feststellen. Bei WYSS et al. (2018) traten unter Praxisbedingungen in Ballensilagen teilweise sogar höhere Phasin-Konzentrationen als bei der Einlagerung auf. Ein Grund für die gegensätzlichen Ergebnisse könnten die mit $0,8$ bis $1,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ TM höheren Phasin-Konzentrationen im Gemenge-Frischmaterial bei WYSS et al. (2018) im Vergleich zu vorliegender Untersuchung sein (vgl. *Tabelle 5*). Die geringen Phasin-Konzentrationen in vorliegender Untersuchung sind auf die verwendete phasinarmer Bohnensorte WAV512 (BRUGGER et al. 2016) zurückzuführen. Wenn, wie in vorliegender Untersuchung, phasinarmer Stangenbohnenarten ausgewählt werden,

stellt Phasin folglich kein Hindernis für die Fütterung von Mais-Stangenbohnen-Silage an Milchkühe dar.

Durch den Gemengepartner Stangenbohne erhöhte sich die XP-Konzentration in der Mais-Stangenbohnen-Silage im Vergleich zur Maissilage, wie erwartet. Allerdings war diese Steigerung in beiden Jahren mit 3 bzw. 9 g * kg⁻¹ TM sehr begrenzt, weil der Anteil der Stangenbohnen im Erntematerial gering war. Auch WYSS et al. (2018) ermittelten in Mais-Stangenbohnen-Silage, bei vergleichbarem Stangenbohnen-Anteil (9 bis 19 % in der TM), XP-Konzentrationen die vergleichbar hoch lagen (max. 74 g * kg⁻¹ TM). Im Erntejahr 2018 wurden Stangenbohnen-Pflanzen aussortiert und deren XP-Konzentration analysiert. Sie wiesen eine XP-Konzentration von 139 g * kg⁻¹ TM auf. Folglich könnte die XP-Konzentration durch eine Erhöhung des Anteils an Stangenbohnen im Gemenge weiter gesteigert werden. Das bestätigen AULRICH et al. (2017): In frischem Erntegut von Gemengen mit einem Stangebohnenanteil von 45 % wurden XP-Konzentrationen von 98 bis 104 g * kg⁻¹ TM erreicht. Wegen der Gefahr von Lager und der Beeinträchtigung der Erntetechnik ist von einer Erhöhung des Stangenbohnenanteils im Gemenge jedoch abzuraten. Somit ist die Mais-Stangenbohnen-Silage, wie die Maissilage, ein Grobfuttermittel mit geringer XP-Konzentration, bei gleichzeitig hoher Energiekonzentration. Damit haben auch Mais-Stangenbohnen-Silage betonte Grundrationen eine deutlich negative RNB, die durch den Einsatz von Eiweißkraftfutterkomponenten ausgeglichen werden muss. In vorliegender Untersuchung waren weder die tägliche RNB noch die Milchharnstoffgehalte in der Behandlung mit Mais-Stangenbohnen-Silage deutlich höher als in der Behandlung mit Maissilage. Eine relevante Einsparung von Eiweißkraftfutter durch den Ersatz von Maissilage durch Mais-Stangenbohnen-Silage kann aus den vorliegenden Ergebnissen nicht abgeleitet werden.

Grundsätzlich bleibt aber festzuhalten, dass es möglich war Maissilage zu 100 % durch Mais-Stangenbohnen-Silage, ohne erkennbare Einschränkungen in der tierischen Leistungsbereitschaft, auszutauschen.

Danksagung

Das Projekt wurde durch das „Sonderprogramm zur Stärkung der biologischen Vielfalt“ der Landesregierung Baden-Württemberg gefördert.

Literatur

ALI, T.E. und L.R. SCHAEFFER, 1987: Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 67, 637-644.

ANIL, L., J. PARK und R.H. PHIPPS, 2000: The potential of forage-maize intercrops in ruminant nutrition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 86, 157-164.

AULRICH, K., U. MEYER, J. FISCHER und H. BÖHM, 2017: Futterwert von Mais-Bohnen-Silagen: Stangen- und Feuerbohnen im Vergleich. In: Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Weihenstephan, 96-99.

BASSLER, R., 1988: VDLUFA-Methodenbuch, Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 3. Aufl., 2. Ergänzungslieferung 1988 und 3. Ergänzungslieferung 1993. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

BOLDUAN, C., R. STÄBLER, M. BUFFLER und W. WINDISCH, 2016: Untersuchungen zum Gehalt von aktiven Lektinen in Gartenbohnen mittels ELISA. In: 71. ALVA Jahrestagung 2016, Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen (ALVA), Klagenfurt (Austria).

- BRUGGER, D., M. BUFFLER, W. WINDISCH und C. BOLDUAN, 2016: Untersuchungen zum antinutritiven Potential von Gartenbohnen (*Phaseolus vulgaris*). VDLUFA Schriftenreihe 73, 500-507.
- BRUGGER, D., T. HOBMEIER, M. BUFFLER, C. BOLDUAN und W. WINDISCH, 2018: Zum ruminalen Abbau von Phasinen aus Stangenbohnen (*Phaseolus vulgaris*) sowie deren Einfluss auf die Gasbildung *in vitro*. VDLUFA-Schriftenreihe 75, 381-388.
- CONTRERAS-GOVEA, F.E., R.E. MUCK, K.L. ARMSTRONG und K.A. ALBRECHT, 2009: Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. Anim. Feed Sci. Technol. 150, 1-8.
- DLG (Ed.), 2011. Praxishandbuch Futter-und Substratkonservierung. DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main.
- EDMONSON, A.J., I.J. LEAN, L.D. WEAVER, T. FARVER und G. WEBSTER, 1989: A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 72, 68-78.
- HÖPPNER, F., J. FISCHER und H. BÖHM, 2017: Silierung von Mais mit Stangen- und Feuerbohne. In: Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Weihenstephan, 88-91.
- KÄLBER, T., K. AULRICH, K. BARTH, H. BÖHM, R. BUSSEMAS, J. FISCHER, K. HÖINGHAUS und F. WEISSMANN, 2017: Mais-Stangenbohnen-Silage als Futtermittel für Milchkühe und Mastschweine. In: Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Weihenstephan, 100-103.
- STEINGASS, H. und K.H. MENKE, 1986: Schätzung des energetischen Futterwerts aus der *in vitro* mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. 1. Untersuchungen zur Methode. Übersichten zur Tierernährung 14, 251-270.
- VDLUFA, 2012: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch), Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- WEISSBACH, F., 1992: Bestimmung der Pufferkapazität. Methodenvorschrift am Inst. für Grünl. Futterpflanzenforschung Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft FAL Braunschweig-Völkenrode 3.
- WEISSBACH, F. und S. KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter – entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übersichten zur Tierernährung 23, 189-214.
- WYSS, U., A. ENGGIST und D. BRUGGER, 2018: Einfluss der Silagebereitung eines Mais-Stangenbohnen-Gemisches auf den Phasingehalt. VDLUFA Schriftenreihe 75, 238-246.

Zuckerheu als Alternative zu Kälber-TMR in der Kälberfütterung – Effekte auf Futteraufnahme und Tageszunahme

High quality hay as alternative to concentrate-rich calf starters – Effects on feed intake and daily gain

Georg Terler^{1*}, Gregor Poier², Daniel Eingang¹, Fenja Klevenhusen³ und Qendrim Zebeli²

Zusammenfassung

In der Kälberfütterung werden oftmals Kraftfutter-reiche Starterfutter eingesetzt. Der geringe Strukturgehalt solcher Starterfutter kann jedoch bereits bei Kälbern zu Stoffwechselproblemen führen und die Entwicklung des Verdauungstrakts beeinträchtigen. Hochqualitatives Heu könnte eine Alternative sein, die sowohl einen hohen Protein- und Energiegehalt als auch einen ausreichend hohen Strukturgehalt aufweist. In einem Forschungsprojekt wurde daher untersucht, wie sich Heuqualität (Heu mittlerer Qualität – „MQH“, Heu hoher Qualität – „HQH“) und Kraftfuttereinsatz (kein Kraftfutter, 70 % Kraftfutter – „+KF“) auf Futter- und Nährstoffaufnahme, Tageszunahme, Verdaulichkeit der Ration sowie Stoffwechsellparameter im Blut auswirken. 40 Kälber der Rasse Holstein Friesian wurden unmittelbar nach der Geburt einer der vier Versuchsgruppen zugeordnet (MQH, HQH, MQH+KF, HQH+KF). Von der ersten bis zur 14. Lebenswoche wurden die Aufnahme an angesäuertem Milchtränke, Festfutter und Wasser täglich und das Lebendgewicht wöchentlich erhoben. In der ersten Lebenswoche und am Ende von Woche 3, 7, 11 und 13 wurden Blutproben genommen. In der 14. Lebenswoche wurden zudem Kotproben rektal gezogen, um die Verdaulichkeit der Ration untersuchen zu können. In den ersten 8 Lebenswochen unterschieden sich Futteraufnahme und Tageszunahme nicht zwischen den Versuchsgruppen. Ab der 10. Lebenswoche waren dagegen Trockenmasse-, Protein- und Energieaufnahme der mit MQH gefütterten Kälber deutlich niedriger als bei den anderen Gruppen, die sich nicht voneinander unterschieden. Ein Grund für die hohe Futteraufnahme der HQH-Kälber lag in der hohen Verdaulichkeit des Heus. Nach dem Absetzen am Ende der 12. Lebenswoche wiesen die MQH- und MQH+KF-Gruppen niedrigere Tageszunahmen auf als die HQH- und HQH+KF-Tiere. Der Gehalt an β -Hydroxybuttersäure und Cholesterin im Blut war nach dem Absetzen bei den nur mit Heu gefütterten Kälbern deutlich höher als bei den Heu-Kraftfutter-Gruppen, was auf eine bessere Entwicklung der Pansenschleimhaut hinweist. Die Ergebnisse dieses Projekts zeigen, dass Kraftfutter-reiche Kälberstarter durch hochqualitatives Heu ersetzt werden können, ohne dass es zu Rückgängen in Futteraufnahme und Tageszunahme kommt. Weiters dürfte sich diese Fütterungsstrategie auch positiv auf die Entwicklung des Verdauungstraktes auswirken.

Schlagwörter: Kälberaufzucht, Heuqualität, Kraftfutter, Struktur, Verdaulichkeit, Entwicklung des Verdauungstrakts

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

² Veterinärmedizinische Universität Wien, Institut für Tierernährung und funktionelle Pflanzenstoffe, Veterinärplatz 1, A-1210 Wien

³ Bundesinstitut für Risikobewertung, Abteilung Lebensmittelsicherheit, Max-Dohrn-Straße 8-10, D-10589 Berlin

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

Summary

Concentrate-rich starter feeds are often used in calf feeding. However, the low content of physically effective fiber in such feeds can increase the risk of metabolic disorders and jeopardize gut development. High quality hay could be an alternative having both a high protein and energy content and a high content of physically effective fiber. Therefore, a research project aimed to study the effects of hay quality (medium quality hay – “MQH”, high quality hay – “HQH”) and concentrate inclusion (no concentrate, 70% concentrate – “+C”) on feed and nutrient intake, daily weight gain, apparent total tract digestibility (ATTD) of the ration and blood metabolites. Immediately after birth, 40 calves were randomly allocated to one of four experimental groups (MQH, HQH, MQH+C, HQH+C). Intake of acidified milk, solid feed and water was recorded daily and live weight was measured once a week from week 1 to 14 of life. Blood samples were collected in the first week and at the end of weeks 3, 7, 11 and 13. Furthermore, rectal fecal samples were collected in week 14 of life to analyze ATTD of the ration. Feed intake and daily weight gain did not differ between feeding groups in the first eight weeks of life. However, from week 10 on, dry matter, protein and energy intake of calves fed MQH was significantly lower than in all other groups, which did not differ from each other. A reason for higher feed intake of HQH fed calves was the high ATTD of the hay. After weaning at the end of week 12, daily weight gain was lower in the MQH and MQH+C groups than in calves fed HQH or HQH+C. Content of β -hydroxybutyrate and cholesterol was higher in calves fed only hay than in those offered hay and concentrate after weaning, which indicates a better development of the rumen epithelium. The results of the project show that concentrate-rich starter feeds can be replaced by high quality hay without negative effects on feed intake and daily weight gain. Furthermore, this feeding strategy may positively affect gut development.

Keywords: calf rearing, hay quality, concentrate, physically effective fiber, digestibility, gut development

Einleitung

Eine adäquate Ernährung von Aufzuchtälbern in den ersten Lebensmonaten schafft die Grundlage für entsprechende Leistungen der Milchkuh. Neben einer ausreichenden Versorgung mit Milch in den ersten Lebenswochen kommt auch der frühzeitigen Gewöhnung an die Aufnahme von Festfutter eine große Bedeutung zu. Eine frühe und hohe Aufnahme von Festfutter gewährleistet nicht nur hohe Tageszunahmen während des Absatzprozesses von der Milch sondern fördert auch die Entwicklung des Verdauungstrakts und im Speziellen des Pansens (BALDWIN et al. 2004, CASTELLS et al. 2013, KHAN et al. 2016). In der Kälberaufzucht werden daher häufig Kraftfutter-reiche Kälberstarter eingesetzt (ARAGONA et al. 2020, MITCHELL und HEINRICHS 2020), da man annimmt, dass faserreiches Futter weniger schmackhaft ist und von den Kälbern weniger gern gefressen wird und Kraftfutter die Ausbildung der Pansenzotten fördert. Allerdings enthalten Kraftfutter-reiche Starter wenig physikalische effektive Faser (peNDF), welche die Kälber für die frühe Entwicklung des Pansens und der Verdauungsprozesse benötigen (KHAN et al. 2016). Zudem haben Studien gezeigt, dass hohe Stärkegehalte im Futter auch bei Kälbern das Risiko für Pansenazidosen erhöhen (TERRÉ et al. 2015, KHAN et al. 2016).

Ein vorangegangenes Projekt hat gezeigt, dass Kraftfutter in Milchviehrationen durch hochqualitatives Heu (sogenanntes Zuckerheu) ersetzt werden kann, ohne dass es zu Leistungsrückgängen kommt (KLEVENHUSEN et al. 2021). Ein solches, früh geerntetes Heu ist reich an Zuckern, Energie und Eiweiß, ist sehr schmackhaft und enthält aus-

reichend peNDF. Es zeigte sich, dass die Verfütterung von Zuckerheu anstatt von konventionellem Heu die Futteraufnahme von Milchkühen und die Verdaulichkeit der Ration erhöhte (KLEEFISCH et al. 2017). Weiters förderte die Fütterung von Zuckerheu auch die Vermehrung von faserabbauenden Mikroorganismen im Pansen und somit die Verdaulichkeit der Neutral-Detergentien Faser (NDF) im Vergleich zu Heu-Kraftfütterationen (KLEVENHUSEN et al. 2017). Auf Basis dieser vielversprechenden Ergebnisse wurde daher ein Projekt durchgeführt, in welchem die Eignung von Zuckerheu als Alternative zu Kraftfutter-reichen Startern in der Kälberfütterung untersucht wurde. Unsere Hypothese war, dass durch den Einsatz von Zuckerheu Kraftfutter-reiche Starter in der Kälberfütterung ersetzt werden können, ohne dass es zu nachteiligen Effekten auf Futteraufnahme, Tageszunahme und Tiergesundheit kommt.

Material und Methoden

Fütterung und Haltung

Der Fütterungsversuch wurde von März 2019 bis September 2020 an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in Kooperation mit dem Institut für Tierernährung und funktionelle Pflanzenstoffe der Veterinärmedizinischen Universität Wien durchgeführt. 40 Kälber der Rasse Holstein Friesian (je 20 männlich und weiblich) wurden dabei unmittelbar nach der Geburt einer von vier Fütterungsgruppen zugeteilt (n = 10 Kälber pro Gruppe): I) 100 % Heu mittlerer Qualität (MQH), II) 100 % Heu hoher Qualität (HQH), III) 30 % Heu mittlerer Qualität + 70 % Kraftfutter (MQH+KF), IV) 30 % Heu hoher Qualität + 70 % Kraftfutter (HQH+KF). Das MQH stammte von einem Dauergrünlandbestand der HBLFA Raumberg-Gumpenstein und wurde im Ähren-Rispenschieben geerntet (2. Schnitt, Unterdachrocknung). Das HQH stammte von einem Wiesenbestand aus vorwiegend Englischem Raygras im Rheintal (Vorarlberg) und wurde zu Beginn des Ährenschiebens geerntet (Mischung aus 1. und 2. Schnitt, Unterdachrocknung). Das Kraftfutter setzte sich aus 36 % Weizen, 35 % Gerste, 17 % Sojaextraktionsschrot, 10 % Leinextraktionsschrot und 2 % Mineralstoffmischung zusammen. Eine Übersicht über die Nährstoffzusammensetzung der Futtermittel gibt *Tabelle 1*.

Tabelle 1: Nährstoffzusammensetzung der eingesetzten Futtermittel (g/kg TM, wenn nicht anders angegeben)

Inhaltsstoff	Milch	MQH	HQH	Kraftfutter
Trockenmasse, g/kg Frischmasse	130 ± 2	899 ± 24	887 ± 30	891 ± 13
Rohprotein	260 ± 3	149 ± 29	210 ± 11	193 ± 9
Rohfett	322 ± 6	18 ± 3	24 ± 3	18 ± 2
Rohasche	58 ± 1	76 ± 7	86 ± 3	39 ± 11
Neutral-Detergentien-Faser (NDF)	-	522 ± 24	455 ± 15	204 ± 12
Säure-Detergentien-Faser (ADF)	-	329 ± 15	247 ± 11	66 ± 5
Lignin (ADL)	-	49 ± 7	23 ± 3	13 ± 2
Nicht-Faser-Kohlenhydrate	360 ± 6	235 ± 34	225 ± 16	547 ± 16
Wasser-lösliche Kohlenhydrate	-	124 ± 34	205 ± 10	-
Ethanol-lösliche Kohlenhydrate	-	99 ± 27	167 ± 4	-
Fruktane	-	25 ± 10	38 ± 10	-
Umsetzbare Energie, MJ/kg TM	19,2 ± 0,1	9,4 ± 0,4	11,2 ± 0,2	13,5 ± 0,2
peNDF _{>8 mm} % der TM	-	38,0 ± 6,3	43,1 ± 0,5	-

MQH = Heu mittlerer Qualität, HQH = Heu hoher Qualität, TM = Trockenmasse, peNDF_{>8mm} = physikalisch effektive NDF inklusive Partikel größer als 8 mm

Unmittelbar nach der Geburt wurden die Kälber mit Kolostrum (mindestens 2,5 L) versorgt. Danach wurden sie in eingestreute Liegeboxen gebracht, in welchen sie den gesamten Versuchszeitraum über gehalten wurden. Ab dem zweiten Lebenstag wurde den Kälbern eine angesäuerte Vollmilchtränke verabreicht, welche zweimal täglich frisch vorgelegt wurde. In den ersten vier Lebenswochen wurde die Milch *ad libitum* angeboten und danach wurde die täglich angebotene Milchmenge bis zum Absetzen am Ende der 12. Lebenswoche schrittweise reduziert. Bereits ab dem ersten Lebenstag hatten die Kälber freien Zugang zu Festfutter und Wasser, welche jeden Morgen frisch vorgelegt wurden. Die Milch-, Festfutter- und Wasseraufnahme wurde täglich erfasst. Die MQH+KF- und HQH+KF-Rationen wurden täglich vor der Verfütterung händisch gemischt. Nach der Rückwaage wurden die Mischrationen durch ein 5-mm-Sieb gesiebt, um die Heu- und Kraftfutteraufnahme getrennt ermitteln zu können und das Selektionsverhalten der Tiere zu erfassen. Das Lebendgewicht der Kälber wurde einmal wöchentlich ermittelt.

Futter-, Kot- und Blutprobennahme

Einmal pro Woche wurden Futterproben von MQH, HQH und Kraftfutter gezogen und die Trockenmasse (TM) für 24 Stunden bei 105 °C bestimmt. Weiters wurden 4-wöchige Sammelproben erstellt, welchen nach den Methoden der VDLUFA (2012) chemisch analysiert wurden (TM: Methode 3.1, Rohprotein (XP): 4.1.2, Rohfett: 5.1.1, Rohasche: 8.1, Neutral-Detergentien-Faser (NDF): 6.5.1, Säure-Detergentien-Faser (ADF): 6.5.2, Lignin: 6.5.3, enzymlösliche Organische Substanz (ELOS): 6.6.1, Salzsäure-unlösliche Asche: 8.2). Der Gehalt an Nicht-Faser-Kohlenhydraten (NFC) wurde nach SNIFFEN et al. (1992) und der Gehalt an umsetzbarer Energie (ME) nach GFE (2008) und GFE (2009) berechnet. Für die Milchhaltsstoffe wurden die Ergebnisse der Tankmilchproben herangezogen. Der Zuckergehalt wurde mit einem ELISA-Gerät analysiert und nach der Methode von YEMM und WILLIS (1954) (adaptiert durch GREGER et al. (2018)) berechnet.

In der letzten Versuchswoche (14. Lebenswoche) wurden täglich morgens und abends Kotproben von den Kälbern gezogen. Diese wurden getrocknet und nach denselben Methoden, wie für die Futtermittel beschrieben, analysiert. Der Stickstoffgehalt wurde jedoch im frischen Kot analysiert (VDLUFA-Methode 4.1.1), um Stickstoffverluste bei der Trocknung zu vermeiden. Mit Hilfe der Salzsäure-unlöslichen Asche als Marker wurde die Verdaulichkeit der Rationen berechnet (KIRCHGESSNER et al. 2008). Um Informationen über den Ernährungszustand der Kälber zu bekommen, wurden an den Lebenstagen 1, 3, 7, 21, 49, 77 und 91 vor der Morgenfütterung Blutproben aus der Halsvene gezogen. Diese Blutproben wurden zentrifugiert und anschließend bei -80 °C tiefgefroren. Nach dem Auftauen wurden an der Veterinärmedizinischen Universität Wien der Gehalt an Glucose, Insulin, Laktat, Cholesterol, Triglyceriden, nicht-veresterten Fettsäuren (NEFA), β -Hydroxybutyrat (BHB), und Totalprotein im Blut bestimmt.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit dem Statistikprogramm SAS 9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC) durchgeführt. Da die Daten zur Futter- und Nährstoffaufnahme nicht normalverteilt waren, wurde der gesamte Datensatz in drei Teildatensätze geteilt (Datensatz 1: 1.-4. Lebenswoche (LW), Datensatz 2: 5.-8. LW, Datensatz 3: 9.-14. LW). Danach wurden die einzelnen Datensätze auch noch mit Hilfe des Logarithmus oder der Quadratwurzel transformiert. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Prozedur MIXED und einem Modell, das die fixen Effekte Heuqualität und Kraftfutterergänzung, deren Wechselwirkung sowie die fixen Effekte Alter und Geschlecht der Tiere enthielt. Kalb innerhalb der Fütterungsgruppe wurde als zufälliger Effekt und Messungen am selben Tier zu unterschiedlichen Zeitpunkten als wiederholte Messungen berücksichtigt. Bei der Auswertung der Verdaulichkeit der Rationen wurde ein etwas abgeändertes Modell

verwendet, welches die fixen Effekte Heuqualität und Kraftfutterergänzung, deren Wechselwirkung sowie den fixen Effekt des Geschlechts enthielt. Multiple Mittelwertvergleiche wurden mit dem Tukey-Test durchgeführt. Signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen wurden angenommen, wenn der p-Wert unter 0,05 lag und wurden durch unterschiedliche Hochbuchstaben gekennzeichnet.

Ergebnisse

Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse dieses Fütterungsversuchs dargestellt. Die vollständigen Ergebnisse sind der Veröffentlichung von TERLER et al. (2022) zu entnehmen.

Futter- und Nährstoffaufnahme

Die Milchaufnahme stieg bis zur 4. Lebenswoche auf durchschnittlich rund 10 kg/Tag an und war bei der MQH-Gruppe etwas niedriger als bei den anderen Fütterungsvarianten. Ab Woche 5 wurde die angebotene Milchmenge wöchentlich um 1 kg reduziert, wobei keine Unterschiede in der Milchaufnahme zwischen den Futtergruppen auftraten. Die Festfutteraufnahme lag bei allen Gruppen bis Woche 8 unter 0,5 kg TM/Tag. Danach stieg die Festfutteraufnahme bis zum Ende des Versuchs kontinuierlich an. In der 14. Lebenswoche (2. Woche nach dem Absetzen) lag die Futteraufnahme der Gruppen HQH, MQH+KF und HQH+KF jeweils bei rund 3,1 kg TM/Tag, während sie in der Gruppe MQH mit 2,3 kg TM/Tag deutlich niedriger war (Abbildung 1).

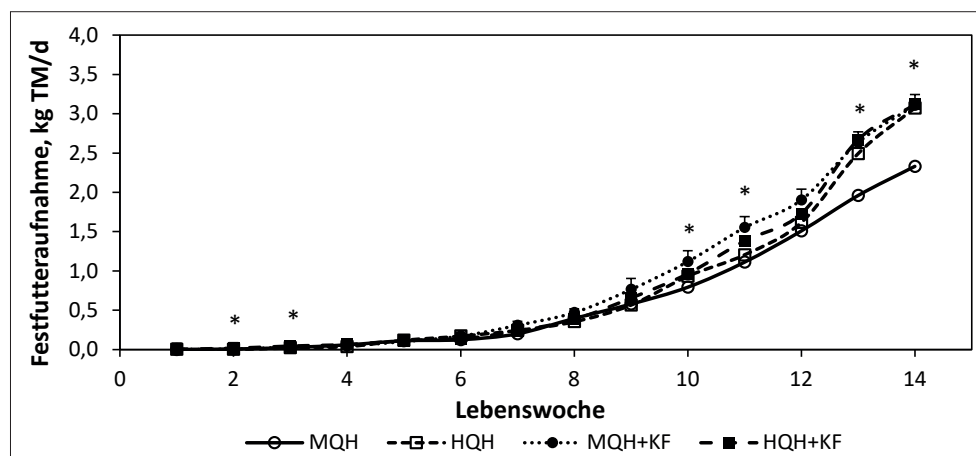


Abbildung 1: Effekt der Heuqualität und der Kraftfutterergänzung auf die Festfutteraufnahme von Kälbern in Lebenswoche 1 bis 14 (MQH = Heu mittlerer Qualität, HQH = Heu hoher Qualität, KF = Kraftfutter, TM = Trockenmasse). Der Stern (*) kennzeichnet signifikante Unterschiede zwischen den Futtergruppen innerhalb einer Lebenswoche

In *Abbildung 2* ist die Nährstoffaufnahme der Kälber in der Zeit von 4 Wochen vor bis 2 Wochen nach dem Absetzen (Lebenswoche 9 bis 14) dargestellt. Die XP-Aufnahme aus dem Gesamtfutter war bei den Gruppen HQH, MQH+KF und HQH+KF über die gesamte Dauer auf ähnlichem Niveau. Dagegen war die ME-Aufnahme der mit HQH gefütterten Kälber von Woche 11 bis 13 niedriger als bei den beiden Gruppen, die Heu und Kraftfutter erhielten. Die XP- und ME-Aufnahme der MQH-Gruppe war deutlich niedriger als bei allen drei weiteren Fütterungsvarianten. Speziell ab der 12. Lebenswoche fraßen die Kälber, die nur Heu erhielten, deutlich mehr NDF. Dagegen war bei den mit Kraftfutter gefütterten Kälbern die NFC-Aufnahme von Woche 9 bis 14 deutlich höher. Die Verdaulichkeit der organischen Masse (OM) der HQH-Ration lag, wie die Verdaulichkeit der beiden Heu-Kraftfutterrationen, bei rund 80 %, während die OM-Verdaulichkeit des MQH nur 61,8 % betrug. Besonders stach die NDF- und ADF-Verdaulichkeit des HQH heraus (83,2 und 78,2 %), welche signifikant höher war als bei allen deren Rationen (NDF-Verdaulichkeit: 59,4-66,7 %, ADF-Verdaulichkeit: 50,3-56,0 %).

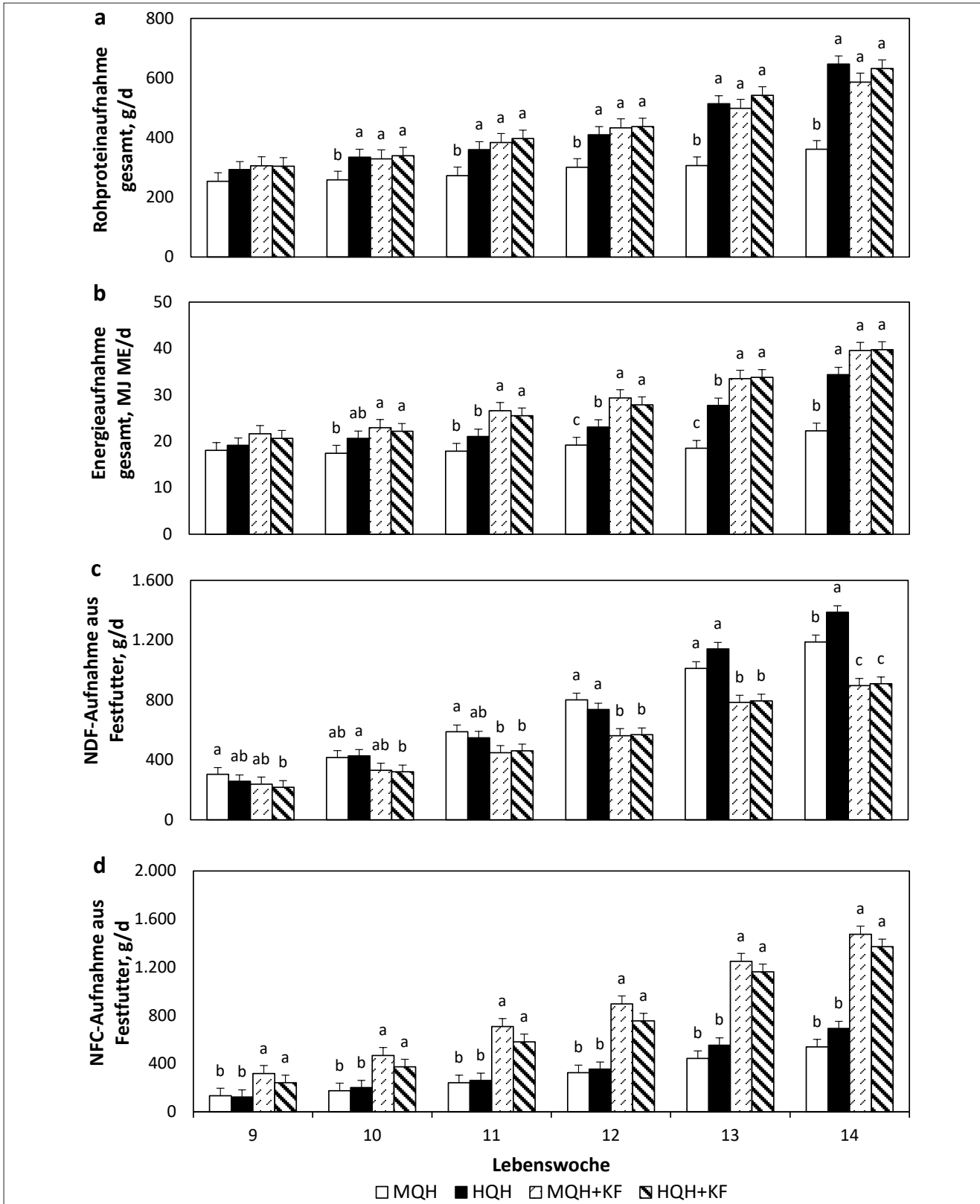


Abbildung 2: Effekt der Heuqualität und der Kraftfuterergänzung auf die Rohproteinaufnahme (a), Energieaufnahme (b), NDF-Aufnahme aus Festfutter (c) und NFC-Aufnahme aus Festfutter von Kälbern in Lebenswoche 9 bis 14 (MQH = Heu mittlerer Qualität, HQH = Heu hoher Qualität, KF = Kraftfutter, ME = umsetzbare Energie, NDF = Neutral-Detergentien-Faser, NFC = Nicht-Faser-Kohlenhydrate). Unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Futtergruppen innerhalb einer Lebenswoche

Tageszunahme

Bis zur 11. Lebenswoche unterschied sich die Tageszunahme nicht signifikant zwischen den Fütterungsgruppen. Ab der 12. Lebenswoche (Woche des Absetzens) nahmen jedoch die Kälber der MQH-Gruppe deutlich weniger zu als alle anderen Kälber. In Woche 13 und 14 war auch die durchschnittliche Tageszunahme der MQH+KF-Gruppe niedriger als bei den beiden Zuckerheu-Gruppen. Am Ende von Woche 14 lag das Lebendgewicht der Kälber der HQH-, MQH+KF- und HQH+KF-Gruppen im Mittel bei 123 bis 128 kg. Die nur mit MQH gefütterten Kälber waren mit 108 kg Lebendgewicht deutlich leichter.

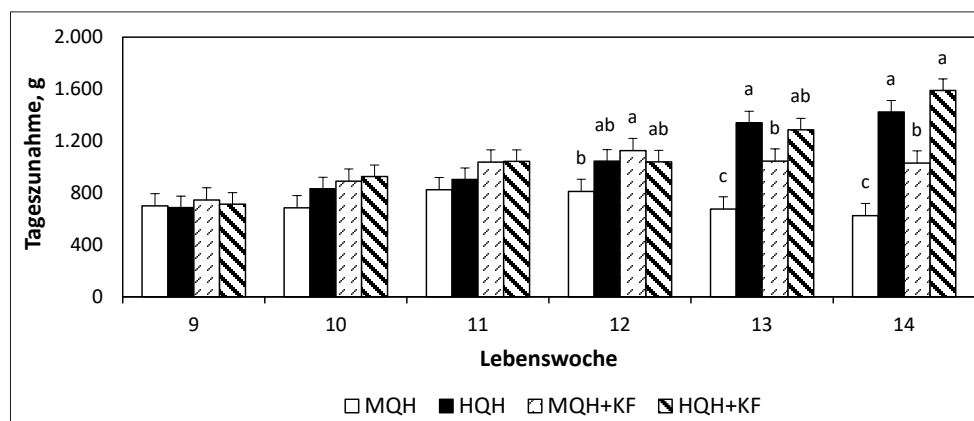


Abbildung 3: Effekt der Heuqualität und der Kraftfutterergänzung auf die Tageszunahme von Kälbern in Lebenswoche 9 bis 14 (MQH = Heu mittlerer Qualität, HQH = Heu hoher Qualität, KF = Kraftfutter). Unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Futtergruppen innerhalb einer Lebenswoche

Blutparameter

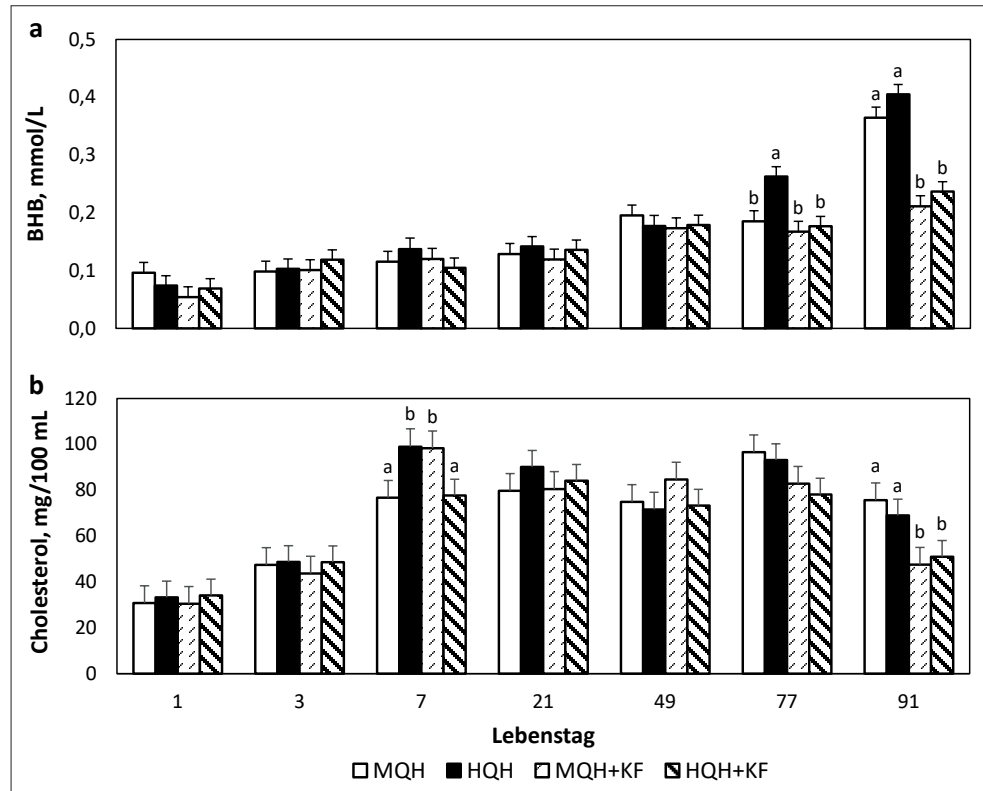
Die meisten Blutparameter unterschieden sich nur in den ersten Lebenstagen zwischen den Fütterungsgruppen, was auf unterschiedliche Kolostrumaufnahme oder unterschiedlichen Geburtsverlauf zurückzuführen ist. Ein Einfluss der Festfutteraufnahme auf die Blutparameter kann ausgeschlossen werden, da diese in der ersten Lebenswoche im Durchschnitt unter 10 g/Tag lag. Einzig im Gehalt an BHB und Cholesterol im Blut wurden auch nach der ersten Lebenswoche Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen festgestellt. Am 77. Lebenstag hatten die Kälber der HQH-Gruppe im Vergleich zu allen anderen Gruppen höhere BHB-Gehalte im Blut. In der Woche nach dem Absetzen (Tag 91) waren sowohl der BHB-Gehalt als auch der Cholesterol-Gehalt im Blut der Kälber, die nur Heu erhielten, deutlich höher als bei jenen, die Heu und Kraftfutter fraßen.

Diskussion

Die Heuqualität hatte in diesem Versuch einen wesentlichen Einfluss auf die Futtermittelaufnahme von Kälbern. Mit HQH gefütterter Kälber erreichten ähnlich hohe TM-, XP- und ME-Aufnahmen wie Kälber, die 70 % Kraftfutter und 30 % Heu erhielten. Dagegen war die Futtermittelaufnahme von Kälbern, denen MQH gefüttert wurde, deutlich niedriger. Zu beachten ist, dass das HQH außergewöhnliche Qualität aufwies (210 g XP und 11,2 MJ ME/kg TM). Für die Erzeugung von solch hochqualitativem Heu braucht es grasreiche Pflanzenbestände, entsprechende Düngung, einen frühen Schnitzeitpunkt und eine leistungsstarke Unterdachtrocknung, wie unter Material und Methodik beschrieben. Das im Versuch verwendete MQH wies ebenfalls eine gute Qualität auf (149 g XP und 9,4 MJ ME/kg TM) und lag in etwa im Durchschnitt österreichischer Heuqualitäten der letzten zehn Jahre (RESCH 2019). Solches Heu kann Kraftfutter-reiche Starterfutter in der Kälberfütterung jedoch nicht gleichwertig ersetzen.

Die hohe Futtermittelaufnahme bei Verfütterung von HQH hängt vermutlich auch mit der hohen NDF- und ADF-Abbaubarkeit dieses Futters im Pansen zusammen. Eine hohe NDF-Abbaubarkeit im Pansen stimuliert die Futtermittelaufnahme (GRUBER et al. 2005). Weiters könnten auch die sensorischen Eigenschaften des Zuckerheus (z.B. Schmackhaftigkeit, Aroma) die Futtermittelaufnahme positiv beeinflusst haben. Darauf deuten die Ergebnisse

Abbildung 4: Effekt der Heuqualität und der Kraftfutterergänzung auf den Gehalt an β -Hydroxybuttersäure (BHB) und Cholesterol im Blut von Kälbern in Lebenswoche 9 bis 14 (MQH = Heu mittlerer Qualität, HQH = Heu hoher Qualität, KF = Kraftfutter). Unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Futtergruppen innerhalb einer Lebenswoche



zur Futterselektion der beiden Gruppen mit Kraftfutterergänzung hin. Die Kälber der HQH+KF-Gruppe selektierten die gesamte Versuchsperiode über gegen Kraftfutter, das heißt Kraftfutter machte weniger als 70 % ihrer gesamten Festfutteraufnahme aus. Bei den Kälbern der MQH+KF-Gruppe lag dagegen der Kraftfutteranteil in der tatsächlich gefressenen Ration ab der 11. Lebenswoche über 70 %. Das ist auch der Grund, warum TM-, XP- und ME-Aufnahme der MQH+KF- und HQH-KF-Gruppe in Woche 9 bis 14 annähernd gleich hoch waren, obwohl das Heu mittlerer Qualität einen niedrigeren XP- und ME-Gehalt hatte.

Auffallend waren die höheren BHB-Gehalte im Blut der Kälber mit reiner Heufütterung kurz vor (nur HQH-Gruppe) und nach dem Absetzen von der Milch. Hohe BHB-Gehalte im Blut werden bei Milchkühen mit Fettmobilisation infolge eines Energiemangels im Blut (Ketose) in Verbindung gebracht. In diesem Versuch war jedoch die Glucosekonzentration im Blut bei allen Gruppen im Normalbereich (MOHRI et al. 2007). BHB wird aber auch in der Pansenschleimhaut aus Buttersäure gebildet, welche aus den Abbauprozessen des Futters im Pansen stammt (BERGMAN 1990). Dieses BHB geht danach in die Blutbahn über und dient dem Tier als Energiequelle (SUTTON et al. 1963). Die Ergebnisse zum BHB-Gehalt deuten also auf eine hohe Buttersäureproduktion im Pansen bei nur mit Heu gefütterten Kälbern hin, welche auch die Entwicklung der Pansenschleimhaut fördert (SUTTON et al. 1963). Neben dem Blut-BHB-Gehalt war auch der Blut-Cholesterolgehalt im Blut der nur mit Heu gefütterten Kälber höher als bei den Tieren, die Heu und Kraftfutter erhielten. Der Grund dafür könnte eine höhere Essigsäureproduktion im Pansen der Kälber mit reiner Heufütterung sein. Essigsäure ist eine Ausgangssubstanz für die Cholesterolproduktion (BIONAZ et al. 2020). Die Ergebnisse dieses Versuchs deuten daher darauf hin, dass die höhere NDF-Aufnahme bei reiner Heufütterung zu einer höheren Essigsäurebildung im Pansen führte und somit die Cholesterolbildung in der Pansenschleimhaut förderte (STEELE et al. 2011). Die Ergebnisse zum BHB- und Cholesterolgehalt lassen daher den Schluss zu, dass die Pansenschleimhaut der Kälber mit reiner Heufütterung zu Versuchsende besser entwickelt war als jene der Kälber, die Heu und Kraftfutter erhielten.

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieses Forschungsprojekts zeigen, dass Kraftfutter-reiche Starter in der Kälberfütterung durch hoch qualitatives Heu ersetzt werden können, ohne dass es zu Einbußen in Futteraufnahme und Tageszunahmen kommt. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass der XP-Gehalt des Heus über 200 g/kg TM und der Energiegehalt über 11 MJ ME/kg TM liegt. Mit durchschnittlichem österreichischen Heu lassen sich diese Ergebnisse nicht erzielen und es ist mit deutlich niedrigerer Futteraufnahme und Tageszunahme zu rechnen, wenn ausschließlich Heu mittlerer Qualität an die Kälber verfüttert wird. Höhere BHB- und Cholesterolgehalte im Blut der Kälber deuten zudem darauf hin, dass sich die Pansenschleimhaut bei reiner Heufütterung rascher entwickelt als bei Fütterung von Kraftfutter-reichen Startern.

Danksagung

Die Autoren danken der ARGE Heumilch (Obmann: Karl Neuhofer) für die Bereitstellung des Zuckerheus und dem Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus für die Finanzierung des Forschungsprojekts.

Literatur

ARAGONA, K.M., F.X. SUAREZ-MENA, T.S. DENNIS, J.D. QUIGLEY, W. HU, T.M. HILL und R.L. SCHLOTTERBECK, 2020: Effect of starter form, starch concentration, and amount of forage fed on Holstein calf growth from 2 to 4 months of age. *J. Dairy Sci.* 103, 2324-2332.

BALDWIN, R.L., K.R. McLEOD, J.L. KLOTZ und R.N. HEITMANN, 2004: Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and postweaning ruminant. *J. Dairy Sci.* 87, E55-E65.

BERGMAN, E.N., 1990: Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiol. Rev.* 70, 567-590.

BIONAZ, M., E. VARGAS-BELLO-PÉREZ und S. BUSATO, 2020: Advances in fatty acids nutrition in dairy cows: from gut to cells and effects on performance. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 11, 110.

CASTELLS, L., A. BACH, A. ARIS und M. TERRÉ, 2013: Effects of forage provision to young calves on rumen fermentation and development of the gastrointestinal tract. *J. Dairy Sci.* 96, 5226-5236.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2008: New equations for predicting metabolisable energy of grass and maize products for ruminants. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 17, 191-198.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2009: New equations for predicting metabolisable energy of compound feeds for cattle. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 18, 143-146.

GREGER, M., M. SCHLIENZ und P.C. BENITO MARTIN, 2018: Kohlenhydratanalyse beim Gärprozess mit einer angepassten Anthron-Methode. *Landtechnik* 73, 81-94.

GRUBER, L., F.J. SCHWARZ, D. ERDIN, B. FISCHER, H. SPIEKERS, H. STEINGAB, U. MEYER, A. CHASSOT, T. JILG, A. OBERMAIER und T. GUGGENBERGER, 2005: Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. *VDLUFA-Schriftenr.* 60, 484-504.

- KHAN, M.A., A. BACH, D.M. WEARY und M.A.G. VON KEYSERLINGK, 2016: Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 99, 885-902.
- KIRCHGESSNER, M., F.X. ROTH, F.J. SCHWARZ und G.I. STANGL, 2008: Tierernährung. 12., neu überarbeitete Ausgabe, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, 635 S.
- KLEEFISCH, M.-T., Q. ZEBELI, E. HUMER, I. KRÖGER, P. ERTL und F. KLEVENHUSEN, 2017: Effects of the replacement of concentrate and fibre-rich hay by high-quality hay on chewing, rumination and nutrient digestibility in non-lactating Holstein cows. *Arch. Anim. Nutr.* 71, 21-36.
- KLEVENHUSEN, F., R.M. PETRI, M.-T. KLEEFISCH, R. KHIAOSA-ARD, B.U. METZLER-ZEBELI und Q. ZEBELI, 2017: Changes in fibre-adherent and fluid-associated microbial communities and fermentation profiles in the rumen of cattle fed diets differing in hay quality and concentrate amount. *FEMS Microbiol. Ecol.* 93.
- KLEVENHUSEN, F., M.-T. KLEEFISCH und Q. ZEBELI, 2021: Zuckerreiches Heu für Milchkühe: Heu und Kraftfutter in einem Trog. 48. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 25-31.
- MITCHELL, L.K. und A.J. HEINRICHS, 2020: Increasing grass hay inclusion level on weaned dairy calf growth, intake, digestibility, and ruminal fermentation. *J. Dairy Sci.* 103, 9012-9023.
- MOHRI, M., K. SHARIFI und S. EIDI, 2007: Hematology and serum biochemistry of Holstein dairy calves: Age related changes and comparison with blood composition in adults. *Res. Vet. Sci.* 83, 30-39.
- RESCH, R., 2019: Heuqualität auf österreichischen Praxisbetrieben unter besonderer Berücksichtigung der Feld- und Lagerpilzflora. 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 111-132.
- 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.
- STEELE, M.A., G. VANDERVOORT, O. ALZAHAL, S.E. HOOK, J.C. MATTHEWS und B.W. McBRIDE, 2011: Rumen epithelial adaptation to high-grain diets involves the coordinated regulation of genes involved in cholesterol homeostasis. *Physiol. Genomics* 43, 308-316.
- SUTTON, J.D., A.D. MCGILLIARD, M. RICHARD und N.L. JACOBSON, 1963: Functional development of rumen mucosa. II. Metabolic activity. *J. Dairy Sci.* 46, 530-537.
- TERLER, G., G. POIER, F. KLEVENHUSEN und Q. ZEBELI, 2022: Replacing concentrates with a high-quality hay in the starter feed in dairy calves: I. Effects on nutrient intake, growth performance, and blood metabolic profile. *J. Dairy Sci.* 105, 2326-2342.
- TERRÉ, M., L. CASTELLS, M.A. KHAN und A. BACH, 2015: Interaction between the physical form of the starter feed and straw provision on growth performance of Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 98, 1101-1109.
- VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 2012: Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch) – Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt, 2190 S.
- YEMM, E.W. und A.J. WILLIS, 1954: The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochem. J.* 57, 508-514.

Zuckerheu als Alternative zu Kälber-TMR in der Kälberfütterung – Effekte auf Verdaungsphysiologie mit Praxisempfehlungen

*High quality hay as alternative to concentrate-rich calf
starters – Effects on digestive physiology with practical
recommendations*

Qendrim Zebeli^{1*}, Georg Terler², Gregor Poier¹ und Fenja Klevenhusen³

Zusammenfassung

Eine frühe Entwicklung des Pansens und dessen Gesundheit ist bei Aufzucht-kälbern sehr wichtig. Dafür ist die Aufnahme von Festfutter und insbesondere die Aufnahme ausreichender Mengen an strukturreichem Grundfutter unabdingbar. All diese Prinzipien finden jedoch in der heutigen Kälberfütterung selten eine Beachtung, wobei die eingesetzten stärkereichen Starterfutter bzw. Kälber-TMR kaum bzw. wenig Struktur enthalten. Gleichwohl ist Heu ein exzellentes Grundfutter für Kälber. Ein früh geerntetes, schonend getrocknetes, und zudem grob geschnittenes Heu ist energiereich, aromatisch und strukturreich zugleich. Daher war unsere Hypothese im Projekt „HealthyCalf“, dass die Verfütterung eines hochqualitativen, schmackhaften Heus bzw. Zuckerheus sowohl die Kauaktivität und Beschäftigung als auch die Fermentation im Pansen von Aufzucht-kälbern fördern könnte. Das Projekt verfolgte das Hauptziel, den Einfluss des Einsatzes eines hoch-qualitativen bzw. zuckereichen Heus auf die Verdauungsvorgänge bei Aufzucht-kälbern zu untersuchen. Die Ergebnisse der Futteraufnahme, Nährstoffverdaulichkeit und Wachstumsrate der Kälber von Geburt bis kurz nach dem Absetzen werden separat aufgezeigt (TERLER et al. 2022). Die hier ausgeführten Ergebnisse zeigen, dass die Verfütterung eines qualitativen hochwertigen Heus die Kauaktivität und somit die Beschäftigung der Kälber fördert. Weiters verbesserte das Zuckerheu die Pansen- und Darmfermentation und somit die Versorgung der Kälber. Zusammenfassend lässt dieses Projekt den Schluss zu, dass das Zuckerheu ohne jegliche Supplementierung, wie etwa Kälberstarter, bei den Aufzucht-kälbern gefüttert werden kann und die Kauaktivität und die Funktion des Pansen-Darm-Traktes positiv beeinflusst. Allerdings ist auf die Qualitätsmerkmale des Zuckerheus bei der Gewinnung besonders zu achten. Diesbezüglich haben wir Fütterungsempfehlungen aus den Ergebnissen dieses Projektes abgeleitet und mit Kenndaten für die Praxis formuliert.

Schlagwörter: Kälberaufzucht, Heuqualität, Kraftfutter, Struktur, Entwicklung der Verdauung

Summary

An early development of the rumen and ruminal health are very important in rearing calves. For this, the intake of solid feed and, in particular, the intake of certain amounts of structure-rich forages is indispensable. However, all these

¹ Veterinärmedizinische Universität Wien, Institut für Tierernährung und funktionelle Pflanzenstoffe,
Veterinärplatz 1, A-1210 Wien

² HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

³ Bundesinstitut für Risikobewertung, Abteilung Lebensmittelsicherheit, Max-Dohrn-Straße 8-10, D-10589 Berlin

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

principles are rarely taken into account in current calf feeding, with the common starch-rich starter feeds or calf TMRs containing little or no structure. Nevertheless, hay is an excellent staple feed for calves. An early harvested, gently dried, and also coarsely cut hay is an energy-rich, aromatic, and structure-rich feed. Therefore, our hypothesis in the HealthyCalf project was that feeding a high quality, palatable hay could promote both chewing activity and occupation, as well as fermentation in the rumen of rearing calves. The main objective of the project was to investigate the effect of using a high quality or high-sugar hay on digestive processes in rearing calves. The results on feed intake, nutrient digestibility and growth performance are shown separately (TERLER et al. 2022). The results elaborated here showed that feeding a high quality hay enhanced the calves' chewing activity and consequently their activity. Furthermore, the sugar hay improved ruminal and intestinal fermentation and thus calf nutrition. In conclusion, this project suggests that sugar hay can be fed to the rearing calves without any supplementation, such as calf starters. Moreover, it can positively influence the chewing activity and the function of the rumen-intestinal tract. However, special attention should be paid to the quality characteristics of the sugar hay during harvest and drying. In this regard, we have derived some feeding recommendations from the results of this project and formulated them with recommendations for practical use.

Keywords: calf rearing, hay quality, concentrate, physically effective fiber, gut development

Einleitung

Bei Aufzuchtkälbern spielt eine frühe Entwicklung der Kauaktivität und des Pansens eine übergeordnete Rolle. Dafür ist eine frühe Aufnahme vom Festfutter und insbesondere die Aufnahme ausreichender Mengen an strukturreichem Grundfutter unabdingbar (KHAN et al. 2016). Da aber Grundfutter weniger schmackhaft ist und die Kälberstarter besser aufgenommen werden, wird in der Praxis relativ früh (i.d.R. ab der 2.-3. Woche nach der Geburt) stärkereiches Kraftfutter als Kälberstarter angeboten. Grundfutter dagegen wird eher später angeboten und aufgrund geringerer Qualität sind die aufgenommenen Mengen zunächst eher niedrig. Mittlerweile ist bekannt, dass hohe Stärkegehalte im Futter auch bei Kälbern das Risiko für eine subakute Pansenazidose erhöhen können (TERRÉ et al. 2015, KHAN et al. 2016), genauso wie es bereits bei Milchkühen beschrieben wurde (ZEBELI und HUMER 2016). Der Grund dafür ist eine schnelle Fermentation der Stärke im Pansen bei einem gleichzeitig reduzierten Speichelfluss aufgrund einer herabgesetzten Kauaktivität. Das führt zu einer starken Akkumulation der kurzkettigen Fettsäuren (SCFA; z.B. Acetat, Propionat, Butyrat) im Pansen, die nicht ausreichend gepuffert werden können. Die Konsequenz daraus ist dann die Absenkung des pH-Wertes und eine subakute Pansenazidose.

Die SCFA sind eine wichtige Energiequelle für das Kalb, außerdem fördert Butyrat die Entwicklung des Pansenepithels (CASTELLS et al. 2013). Daher sind die SCFA per se wichtige Metabolite im Pansen und im Dickdarm des Kalbes. Es mangelt jedoch an Pufferungsvermögen im Pansen insbesondere wenn die Kauaktivität durch mangelnde Struktur im Futter niedrig ist. Unsere Hypothese im Projekt „HealthyCalf“ war daher, dass die Verfütterung eines schmackhaften Grundfutters – wie etwa ein früh geerntetes Heu – sowohl die Kauaktivität als auch die Fermentation im Pansen von Aufzuchtkälbern fördern könnte. Das Heu ist ein exzellentes Grundfutter für Kälber und fördert die Kauaktivität. Wenn das Heu früh geerntet, schonend getrocknet, und zudem grob gehäckselt wird, ist dieses energiereich, aromatisch und strukturreich zugleich (KLEEFISCH et al. 2017). Das Ziel unseres Projektes war es daher, den Einfluss des Einsatzes eines

hoch-qualitativen bzw. zuckereichen Heus auf die Verdauungsvorgänge bei Aufzucht-kälbern zu untersuchen. Diese Ergebnisse wurden bereits ausführlich in POIER et al. (2022) publiziert. In diesem Beitrag wird eine Kurzfassung der wichtigsten Ergebnisse mit besondere Praxisrelevanz dargestellt.

Material und Methoden

Versuchsgruppen

Angaben zu den Kälbern, deren Fütterung und Haltung sowie zur Zusammensetzung der Versuchsrationen und die Dauer des Fütterungsversuches sind bereits im Artikel von TERLER et al. (2022) geschildert. Kurzgefasst wurden in diesem Versuch 40 Kälber der Rasse Holstein Friesian (je 20 männlich und weiblich) auf 4 Versuchsgruppen bzw. Rationen mit jeweils 10 Kälbern/Gruppe aufgeteilt und für insgesamt 14 Lebenswochen wie folgt gefüttert:

Gruppe 1: Ration mit 100 % Zuckerheu (ZH)

Gruppe 2: Ration mit 100 % Normales Heu (NH)

Gruppe 3: Ration mit 30 % Zuckerheu plus 70 % Kälberstarter (ZH+KF) als Kälber-TMR

Gruppe 4: Ration mit 30 % Normales Heu plus 70 % Kälberstarter (NH+KF) als Kälber-TMR

Messung der physikalisch-effektiven Faser und der Kauaktivität

Der Gehalt an physikalisch-effektiver Neutral-Detergentien-Faser (peNDF) im Futter für Wiederkäuer drückt die Strukturwirkung eines Futtermittels aus (ZEBELL und HUMER 2016). Daher wurde der Gehalt an peNDF in dieser Studie berechnet. Dies erfolgte zunächst durch die Erfassung des Anteils der Partikel >8 mm in einer Schüttelbox (Model C24862N Nasco), welcher anschließend mit dem Gehalt an NDF multipliziert wurde (daher als peNDF>8 mm angegeben). Die Kauaktivität wurde in den Lebenswochen 4, 6, 10 und 12 mit Hilfe eines Kauhalters (RumiWatch System, ITIN + HOCH GmbH) gemessen. Die genaue Beschreibung der Methode ist in POIER et al. (2022) dargestellt.

Messung der Fermentation im Pansensaft und Kot

Zur Untersuchung der Pansenfermentation wurden Pansensaftproben mittels einer Schlundsonde an unterschiedlichen Lebenstagen (7, 14, 21, 35, 49, 63, 77, 91 und 98) genommen. Gleichzeitig wurden von allen Kälbern rektale Kotproben an mehreren Lebenstagen (1, 2, 3, 4, 5, 7, 14, 21, 35, 49, 63, 77, 91) gesammelt. Die Proben wurden jeweils zwei bis drei Stunden nach der morgendlichen Fütterung gesammelt. Anschließend wurde in den Proben der pH-Wert mittels einer digitalen pH-Elektrode (pH7+DHS, XS Instruments), die Konzentration an SCFA mittels Gaschromatographie (Shimadzu GC FID Detektor) und Ammoniak mittels Spektrophotometrie (Shimadzu Handels GmbH) gemessen.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit dem Statistikprogramm SAS 9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC) durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Prozedur MIXED und einem Modell, das die fixen Effekte Heuqualität und Kraftfutterergänzung, deren Wechselwirkung sowie die fixen Effekte Alter und Geschlecht der Tiere enthielt. Kalb innerhalb der Fütterungsgruppe wurde als zufälliger Effekt und Messungen am selben Tier zu unterschiedlichen Zeitpunkten als wiederholte Messungen berücksichtigt. Multiple Mittelwertvergleiche wurden mit dem Tukey-Test durchgeführt. Signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen wurden angenommen, wenn der p-Wert unter 0,05 lag und wurden durch unterschiedliche Hochbuchstaben gekennzeichnet.

Ergebnisse

Aufnahme an peNDF

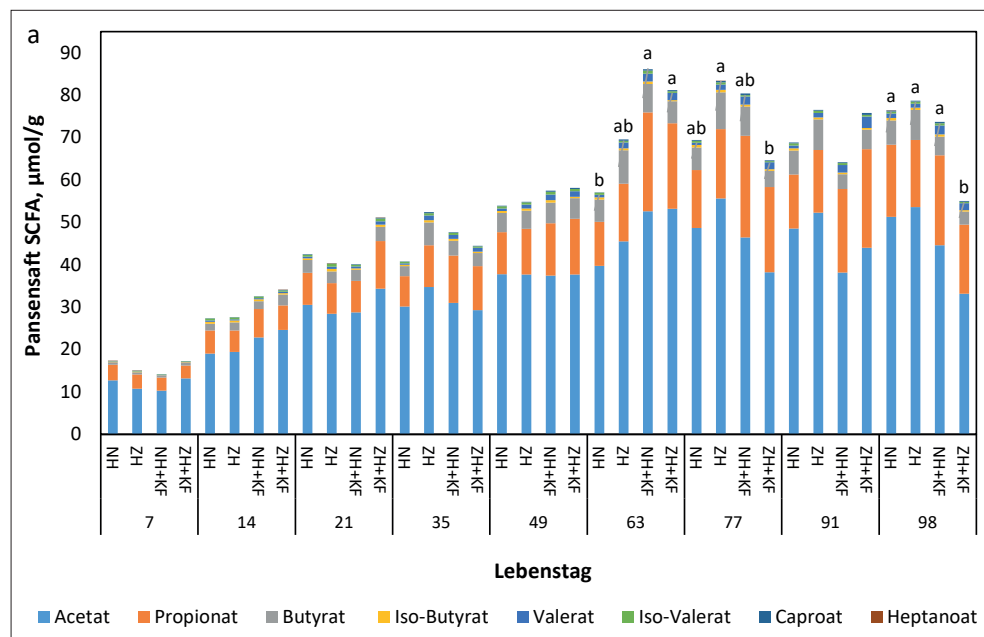
Der peNDF>8mm-Gehalt vom Zuckerheu (ZH) war geringfügig höher als beim normalen Heu (NH) und deutlich höher als bei den Kraftfuttergruppen. Durch eine verstärkte Heuaufnahme konnten die mit ZH gefütterten Kälber im Durchschnitt über 1.000 g peNDF>8mm/Tag bereits in der 12. Lebenswoche (beim Absetzen) aufnehmen, während die NH-Gruppe mit etwa 600 g peNDF>8mm/Tag zurückblieb. Die mit NH+KF und ZH+KF gefütterten Kälber konnten in dieser Zeit nur etwa 200 bzw. 400 g peNDF>8mm/Tag aufnehmen. Eine signifikant höhere Futterselektion zu mehr KF und weniger Heu war der Grund für die besonders niedrige peNDF>8mm-Aufnahme in der NH+KF-Gruppe.

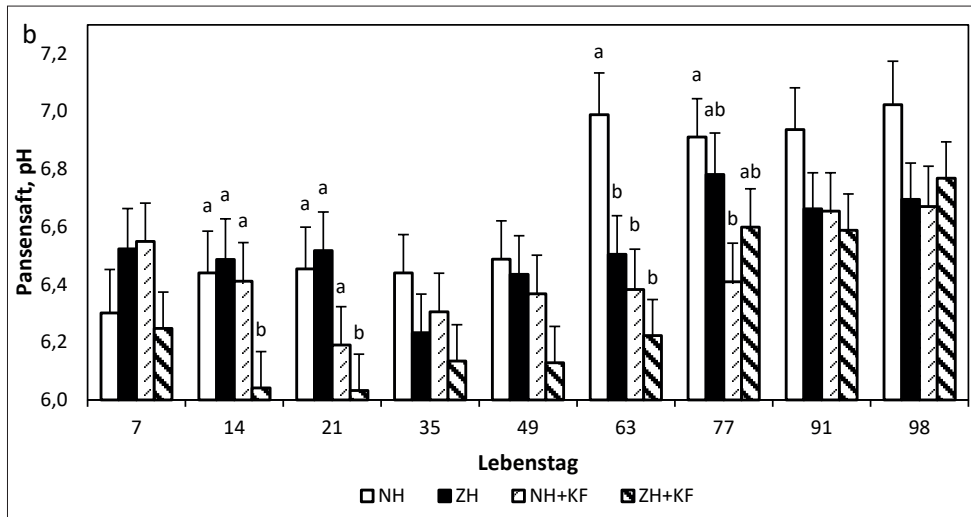
Pansenfermentation

Die SCFA im Pansensaft waren vorwiegend Acetat, Propionat und Butyrat. Bereits am Tag 7 wurden zwischen 10 und 20 µmol SCFA/g Pansensaft gemessen. Das Maximum an SCFA war an den Tagen 63 und 77 (bis 80 µmol/g) zu beobachten (Abbildung 1a). Ab dem Tag 49 enthielt der Pansensaft von nur mit Heu gefütterten Kälbern prozentual mehr Acetat, wobei die Heuqualität das Verhältnis nicht beeinflusste. Die zusätzlich mit Kraftfutter gefütterten Kälber hingegen hatten mehr Propionat im Pansensaft. Dieser Unterschied war ab Tag 77 besonders ausgeprägt. Besonders interessant war der signifikant höhere Butyrat-Anteil ab dem Tag 63 in der ZH-Gruppe.

Der pH-Wert im Pansen ist ein wichtiger Indikator für das Auftreten von Pansenazidose. In den ersten 49 Lebenstagen lag der pH-Wert im Durchschnitt zwischen 6,28 und 6,41. Nur der pH-Wert der ZH+KF-Gruppe war an den Tagen 14 und 21 signifikant niedriger (Abbildung 1b). Danach konnte man eindeutig erkennen, dass die Gruppe mit normalem Heu die höchsten pH-Werte hatte, welche an den Tagen 63 und 77 signifikant höher waren als in den anderen Fütterungsgruppen. Die Gruppen mit Kraftfutter wiesen hingegen, unabhängig von der Heuqualität, die niedrigsten pH-Werte auf. Man konnte auch beobachten, dass sich mit zunehmender Festfutteraufnahme der pH-Wert erhöhte. Die Ammoniakkonzentration im Pansen stieg bis Tag 21 auf ein Maximum von ca. 25 mg/100 ml und nahm im weiteren Versuchsverlauf wieder ab (Ergebnisse nicht

Abbildung 1: Kurzkettige Fettsäuren (SCFA) (a) und pH-Wert (b) im Pansensaft bezogen auf die Lebensstage der Kälber der verschiedenen Versuchsgruppen (NH = normales Heu, ZH = Zuckerheu, KF = Kraftfutter). Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Gruppen innerhalb eines Zeitpunkts



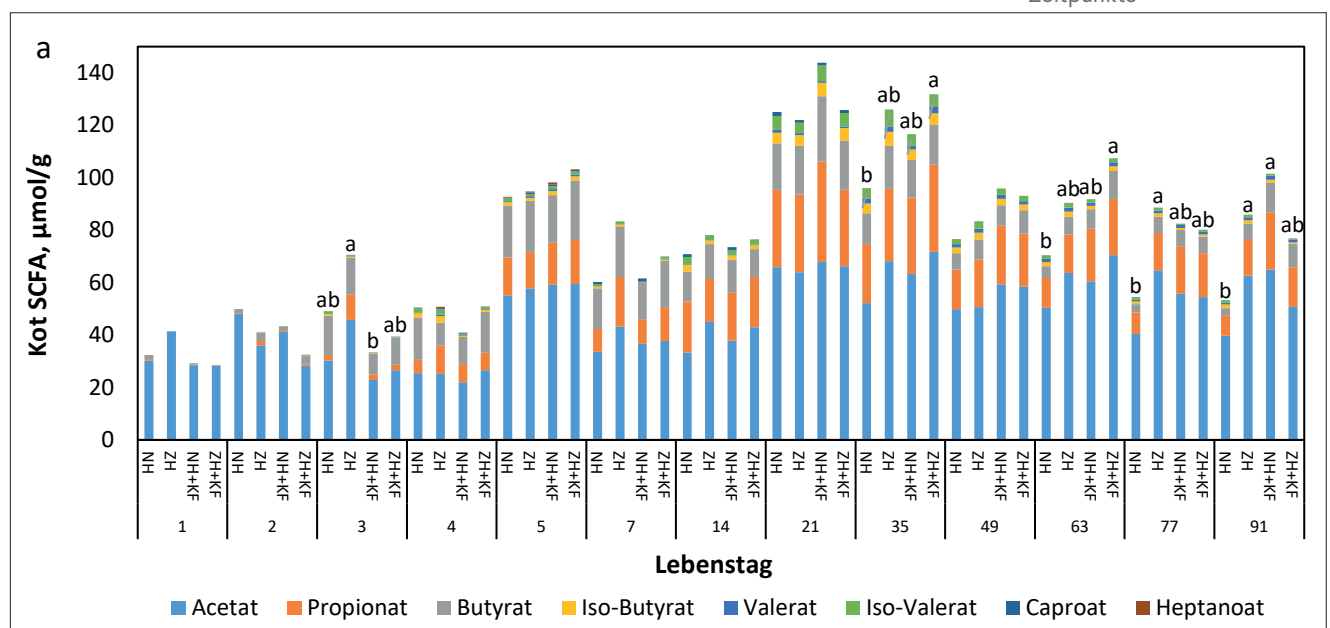


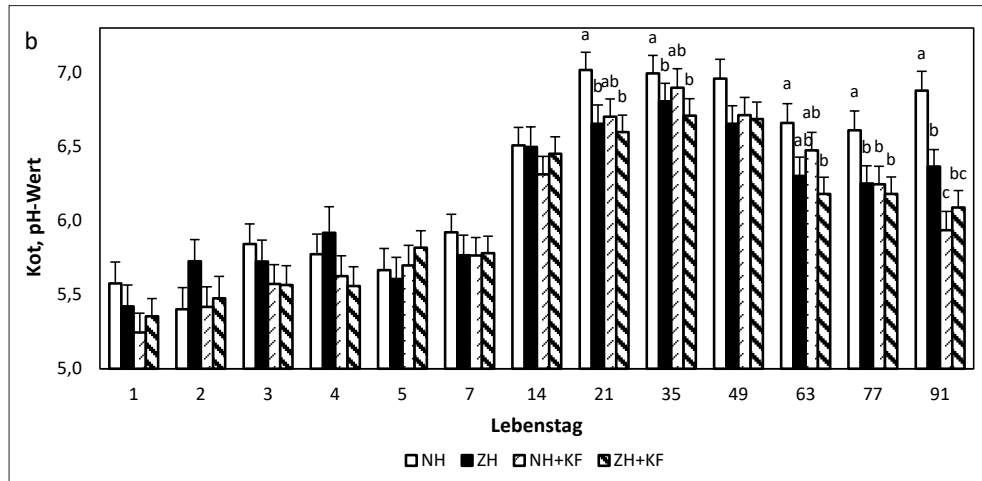
gezeigt). Nur am Tag 14 hatten die NH+KF-Kälber signifikant weniger Ammoniak im Pansen als die Kälber der anderen Gruppen. An den anderen Tagen war kein signifikanter Unterschied festzustellen, wobei ab dem Tag 35 die mit ZH gefütterten Kälber die numerisch höchsten Ammoniak-Werte aufwiesen.

Fermentationsparameter im Kot

Bei jungen Kälbern nimmt die Fermentation im Dickdarm aufgrund einer unzureichenden Pansenfermentation eine wichtige Rolle ein. Daher wurde in diesem Versuch auch die Fermentationsprodukte im rektalen Kot untersucht. Die Ergebnisse zeigten ähnlich zum Pansensaft, dass auch im Kot vorwiegend Acetat, Propionat und Butyrat als SCFA zu finden waren (Abbildung 2a). Interessant war, dass bereits am Tag 1 (Mekonium) SCFA-Gehalte bis zu 35 µmol/g vorlagen (hauptsächlich Acetat). Die SCFA-Gehalte stiegen in absoluten Zahlen kontinuierlich bis Tag 21 (129 µmol/g) an und nahmen danach wieder ab. Ab Tag 35 waren bei der NH-Gruppe die niedrigsten SCFA-Gehalte im Kot zu beobachten (signifikant an den Tagen: 35, 63, 77 und 91). Die ZH-Gruppe und die KF-Gruppen hatten ähnliche SCFA-Gehalte im Kot. Prozentual war an den ersten beiden Lebenstagen

Abbildung 2: Konzentration der kurzkettigen Fettsäuren (SCFA; a) und pH-Wert (b) im Kot bezogen auf die Lebens-tage aller Kälber der ver-schiedenen Versuchsgruppen (NH = normales Heu, ZH = Zuckerheu, KF = Kraftfutter). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unter-schiede ($p < 0,05$) zwischen den Gruppen innerhalb eines Zeitpunkts





hauptsächlich Acetat zu finden. Ab Tag 3 stieg der Anteil an Butyrat, welcher bis zum Versuchsende wieder geringer wurde. Im Gegenteil dazu war der Anteil an Propionat am Tag 3 gering und stieg bis Versuchsende an. Ab Tag 49 war Acetat prozentual höher bei Kälbern mit reiner Heufütterung, während bei den zusätzlich mit KF gefütterten Kälbern die Anteile an Propionat und Butyrat höher waren.

Die Daten des pH-Wertes zeigten, dass der Kot-pH-Wert anfangs niedriger als der Pansen-pH-Wert war. Allerdings stieg der pH-Wert bei den Kälbern aller Gruppen in der ersten Lebenswoche kontinuierlich an, danach gab es einen stärkeren Anstieg bis Tag 14 und ab Tag 21 hatten die NH-gefütterten Kälber den signifikant höchsten Kot-pH-Wert. (Abbildung 2b). Die mit ZH und die zusätzlich mit KF gefütterten Kälber hatten immer annähernd ähnliche Werte. Die höchsten Werte wurden an Tag 21 und 35 festgestellt, danach sank der pH-Wert wieder, bei den mit KF gefütterten Kälber stärker als bei der NH-Gruppe.

Kauaktivität

Bereits ab der 6. Woche zeigten die Kälber eine nennenswerte Wiederkauaktivität. Die Wiederkauaktivität beider Gruppen mit reiner Heufütterung war höher (Tabelle 1). Die ZH-Gruppe zeigte die längste Wiederkauzeit und auch die meisten Wiederkauboli/Tag in Lebenswoche 12. Die Kälber mit Kraftfutterzusatz verbrachten deutlich weniger Minuten pro Tag mit der Futteraufnahme.

Tabelle 1: Kauaktivität der Kälber in den verschiedenen Fütterungsgruppen

Parameter	Woche	Fütterungsgruppen ¹				SEM
		NH	ZH	NH+KF	ZH+KF	
Wiederkauen min/Tag	4	118	28	10	69	46
	6	215	197	200	206	45
	10	427	412	331	375	43
	12	539 ^{ab}	591 ^a	430 ^b	430 ^b	43
Fressen min/Tag	4	118 ^a	48 ^b	37 ^b	66 ^b	19
	6	130	111	109	97	18
	10	183 ^a	177 ^a	122 ^b	121 ^b	18
	12	219 ^a	168 ^b	182 ^{ab}	128 ^c	18

¹ NH = normales Heu, ZH = zuckerreiches Heu, KF = Kraftfutter

Unterschiedliche Hochbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen den Gruppen

Diskussion

Aufgrund des hohen Gehalts an wasserlöslichen Kohlenhydraten und niedrigen Gehalts an NDF geht man davon aus, dass das zuckerreiche Heu kaum Struktur besitzt und somit die Kauaktivität nicht fördert. Jedoch zeigen unsere Ergebnisse, dass der niedrige NDF-Gehalt sehr gut durch eine erhöhte NDF-Aufnahme kompensiert werden kann, was letztendlich zur einer signifikant erhöhten $peNDF > 8$ mm-Aufnahme bei mit ZH gefütterten Kälbern führte. Daraufaufgehend zeigten diese Kälber ab Woche 12 eine höhere Wiederkauaktivität. Wichtig ist jedoch dabei, dass das Heu nicht zu kurz geschnitten wird. Im aktuellen Versuch wurde darauf geachtet, dass die Partikellänge des Heus zumindest 4 cm beträgt. Die Bedeutung der $peNDF$ ist bisher nur bei Milchkühen bzw. Mastrindern beschrieben worden (ZEBELI und HUMER 2016). Die enge Korrelation der $peNDF$ -Aufnahme mit der Kauaktivität bei Aufzuchtälbern dieser Studie macht deutlich, dass auch die Aufzuchtälber einen $peNDF$ -Bedarf haben.

Das Auftreten eines relativ hohen Gehalts an SCFA ($30 \mu\text{mol/g}$) im Mekonium aller 40 Kälber deutet auf eine bakterielle Besiedlung des fötalen Darms des Kalbes und den Beginn einer Essigsäure-bildenden Fermentation im Verdauungstrakt des Kalbes bereits in der späten Phase der Trächtigkeit hin. Ab der 2. Lebenswoche verbesserte die Heuaufnahme den pH-Wert im Pansen zunächst unabhängig von der Heuqualität, was mit der numerisch geringeren Konzentration an SCFA im Pansensaft zusammenhängen kann. Die verlängerte Fresszeit bei den mit Heu gefütterten Gruppen wirkte sich zudem vermutlich positiv auf den Speichelfluss aus und erhöhte somit die Pufferkapazität im Pansen. Allgemein war der pH-Wert im Kot in den ersten Wochen niedriger als im Pansen, was durch eine stärkere Fermentation der Milch im Dickdarm erklärt werden kann und durch eine höhere Gesamtkonzentration an SCFA im Kot im Vergleich zur Pansenflüssigkeit. Die Ergebnisse unterstreichen die Theorie, dass die Dickdarmfermentation unabhängig von der Zufuhr fester Futtermittel eine wichtige Rolle bei der Versorgung der Kälber mit SCFA spielt.

Der Anteil an Essigsäure und Buttersäure an den Gesamt-SCFA im Pansen war bei reiner Heufütterung höher als bei Fütterung der Heu-Kraftfuttermischungen. Vor allem Buttersäure kommt in der Kälberfütterung eine besondere Bedeutung zu, da sie das Wachstum der Pansenzotten stimuliert und somit die Pansenentwicklung fördert. Ab Tag 63 waren sowohl die absolute Buttersäureproduktion als auch der Anteil der Buttersäure an den Gesamt-SCFA in der Zuckerheu-Gruppe am höchsten. Somit kann daraus abgeleitet werden, dass sich die Fütterung von Zuckerheu auch positiv auf die Pansenentwicklung auswirkt.

Praxisempfehlung für eine ZH-basierte Fütterungsstrategie

Die Ergebnisse unserer Forschung lassen eine Umsetzung der reinen ZH-Fütterung an Kälber in der Praxis zu. Jedoch sind bei der Umsetzung dieser alleine auf ZH basierten Fütterungsstrategie in die Praxis einige Punkte zu berücksichtigen:

1. Eine ausreichende Kolostrumgabe sofort nach der Geburt, aber zumindest wenige Stunden danach, ist für die Immunisierung des Kalbes und die erste Versorgung mit wertvollen Nährstoffen sehr wichtig. Wir empfehlen deshalb, dass die Kälber mindestens 2,5 Liter frisch ermolkenes Kolostrum innerhalb der ersten 6 h nach der Geburt bekommen.
2. Die Verfütterung einer leicht angesäuerten Vollmilchtränke *ad libitum* für die ersten 3-4 Lebenswochen ist zu empfehlen (Abbildung 3a), auch wenn diese den Tränkemilchbedarf geringgradig erhöht. So ist zu erwarten, dass bei einer *ad libitum* Milchgabe die tatsächlich aufgenommene Milchmenge von üblicherweise etwa 8 L am Ende der ersten Woche auf etwa 11 L/Tag am Ende der 4. Woche steigen kann, was einer gesamten Milchaufnahme pro Kalb von etwa 260-270 L in den ersten 4 Wochen entspricht. Die erhöhte Milchmenge führt zur einer temporären

Steigerung der Wachstumsrate von etwa 600 auf fast 1.000 g/Tag in der 4. Woche (*Abbildung 3b*). Bei der *ad libitum* Fütterung ist besonders darauf zu achten, dass die Kälber permanent freien Zugang zu der Tränke haben, damit sie nicht mehr aufnehmen als der Aufnahmekapazität ihres Labmagens entspricht. Sonst kann es zum Rückfluss der Milch in den Pansen und damit einhergehend zu einer Fehlgärung und Pansenübersäuerung kommen.

3. Auch wenn die Kälber zunächst nur wenig Wasser trinken, ist auf eine frische Wasserversorgung von Beginn an zu achten (mindestens 1 L pro Tag). Ab der 8. Lebenswoche steigt mit der Festfutterraufnahme auch der Wasserverbrauch stetig, so dass bis zu 15 L Wasser/Tag aufgenommen werden können. Das Wasser ist immer frisch vorzulegen und soll eine gute Tränkqualität besitzen.
4. Nach der 3.-4. Lebenswoche kann die Milch in reduzierter Menge vorgelegt werden und bis zur 12. Lebenswoche kontinuierlich reduziert werden (*Abbildung 3a*). Milchkosten sind die größten Futterkosten bei mit Milch gefütterten Aufzucht-kälbern (laut unseren Berechnungen in etwa **190-200 €/Kalb**; *Tabelle 2*). Wie in der *Tabelle 2* dargestellt, nahmen die ZH-Kälber durchschnittlich 13 kg bzw. 32 kg mehr Milch als ZH+KF- bzw. NH-Kälber auf, jedoch knapp 7 L weniger als die NH+KF-Gruppe.
5. Durch die Reduzierung der Milchmenge sollen nicht nur die Futterkosten reduziert, sondern vor allem die Heuaufnahme stimuliert werden, auch wenn das zunächst mit einem Rückgang der Wachstumsrate auf unter 600 g/Tag in der 8. Woche einhergeht (*Abbildung 3b*). Durch die Erhöhung der ZH-Aufnahme und zugleich Entwicklung des Pansen- und Darmfermentationsvermögens steigt ab der 8. Woche die ME-Aufnahme rasch und damit auch die Zuwachsrate der Kälber (*Abbildung 3b*), so dass die mit ZH gefütterten Kälber eine Zuwachsrate von etwa 1.000 g/Tag bereits vor dem Absetzen erreichen. Unsere Ergebnisse deuten hier darauf hin, dass **eine komplette Absetzung auch mit 10-11 Wochen möglich sein dürfte**, vorausgesetzt, die ZH-Aufnahme von >1 kg TM/Tag wird erreicht. Weitere Untersuchungen sind hier nötig.
6. Heu ist nicht gleich Heu (RESCH 2019)! Das Zuckerheu für Kälber sollte ein geschmackvolles, aromatisches Heu sein, geerntet in der frühen Ähren- und Rispen-schiebenphase mit max. 46 % NDF, etwa 18-20 % wasserlöslichen Kohlenhydraten (etwa 11 MJ ME/kg TM) und ca. 19-21 % XP. Das unterdachgetrocknete Heu hat eine kurze Feldliegezeit und behält sein Aroma und die grüne Farbe bei. Das führt einerseits zu geringeren Verlusten an Zucker und weiteren wertvollen Nährstoffen, andererseits bleibt das Heu dadurch weich und zart und benötigt in der Regel keine Nachzerkleinerung. Die Partikelgröße wirkt sich positiv auf die Aufnahme an $p\text{NDF}>8\text{mm}$ aus, trotz eines geringeren NDF-Gehalts als im herkömmlichen Heu.
7. Laut der 1. Tierhaltungsverordnung muss den Kälbern erst ab der 2. Lebenswoche Heu mit ausreichendem Rohfasergehalt in steigenden Mengen so zur Verfügung gestellt werden, dass die Mindestmenge für acht Wochen alte Kälber 50 g und für 20 Wochen alte Kälber 250 g beträgt. Die gesamte aufgenommene ZH-Menge lag in den ersten vier Wochen bei etwa 1 kg/Kalb/4 Wochen erwartungsgemäß niedrig. Es ist aber wichtig, den Kälbern von Anfang an kleine Mengen (etwa 100-300 g täglich) frisches Heu vorzulegen. Selbst die zu Beginn sehr kleinen aufgenommenen Mengen können das Erlernen von Heu-Aufnahme positiv stimulieren. Ab der 5. Woche verdreifachte sich die wöchentlich aufgenommene Heumenge und stieg auf etwa 11 kg/Woche/Kalb in der 11. Woche an, was sich positiv auf die Entwicklung der Kauaktivität, Pansen-Darm-Fermentation und das Wachstum auswirkte.
8. Unseren Ergebnissen zur Folge betrug der Heuverbrauch bis zum Ende der 14. Woche etwa 104 kg/Kalb. Füttert man dagegen Kälberstarter und Heu, sind pro Kalb etwa 70-82 kg Kälberstarter und etwa 32-42 kg Heu notwendig (*Tabelle 3*). Rechnet man einen **österreichischen Milchviehbetrieb mit 100 Aufzucht-kälber** (pro Jahr) hoch, wäre eine ZH-Menge von etwa 10,5 Tonnen für eine alleinige ZH-Fütterung notwendig. Dabei verzichtet man auf etwa 8 Tonnen Kälberstarter. Vergleicht man die Futterkosten der ZH-Gruppe mit denen der mit KF gefütterten Gruppen, fallen die

Kosten der ZH-Kälber viel geringer aus, zum Teil bis zur Hälfte weniger (Tabelle 3). Dazu kommt, dass das Heu lokal bzw. regional erworben werden kann. Allerdings muss beachtet werden, dass sowohl die Kosten für das Zuckerheu als auch für das Kraftfutter je nach Verfügbarkeit stark schwanken können.

9. In der 14. Lebenswoche werden durchaus tägliche Aufnahmen von mehr als 3 kg ZH/Tag erreicht, was ME-Aufnahmen von rund 35 MJ/Tag entspricht. Dadurch steigen die täglichen Zunahmen in der 14. Lebenswoche auf bis zu 1.300 g/Tag und im Durchschnitt erreichen die Kälber eine Zuwachsrate von 850 g/Tag von Geburt bis Ende der 14. Lebenswoche (Abbildung 3b). Ein schnelles Wachstum der Kälber nach dem Absetzen ist nicht nötig und kann zum Teil auch zur Euterverfettung führen. Daher könnte ab der 13. Woche eine Mischung aus normalem Heu und gutem Heu gefüttert werden (etwa 10 MJ ME/kg TM), bzw. auch auf eine gute Anwelksilage umgestiegen werden. Dabei ist aber zu beachten, dass der XP-Gehalt des Futters mind. 15-16 % beträgt. Die Tageszunahmen von etwa 1.000-1.100 g sollten nach dem Absetzen nicht überschritten werden. Auch das Thema der Heufütterung um die Zeit des Absetzens sollte in einer weiteren Untersuchung erforscht werden.
10. Es ist auch zu betonen, dass die Kälber der ZH-Gruppe keinerlei Supplementierung erhielten, anders als die Kälber der NH+KF- und ZH+KF-Gruppe, die eine Mineral-Vitaminsupplementierung bekamen. Die Daten der Fleischqualität und -Nährstoffgehalte (inkl. der Spurenelemente; Ergebnisse nicht hier gezeigt) sowie die Zuwachsraten, die sich kaum von den entsprechenden Daten der KF-Gruppen unterschieden, lassen die Vermutung nahe, dass die Milchversorgung und das Zuckerheu eine ausreichende Mineralstoff-, Spurenelement- und Vitaminversorgung sicherten. Erfahrungsgemäß enthält das Zuckerheu etwa 6 g Ca, 3,8 g P, 2 g Mg, 2 g Na pro kg TM und durchaus hohe Gehalte an den Spurenelementen Fe, Mn, Zn und Cu sowie an β -Carotin und Vitamin E. Der Gehalt an Se und Jod ist erwartungsgemäß im Heu niedrig und beide Elemente wurden im Fleisch nicht untersucht. Da kein Kalb Symptome eines Se- bzw. Jod-Mangels zeigte, ist zu erwarten, dass durch eine ausreichende Versorgung der Kühe mit Se und Jod die Versorgung der Kälber über Milch gesichert werden konnte. Für die Praxis ist trotzdem empfehlenswert, den Kälbern Zugang zu Mengen- und Spurenelementen zu ermöglichen (z.B. Lecksteine oder Leckmassen). In einer weiteren Untersuchung sollte jedoch die Versorgung der Kälber durch Zuckerheu mit Mineralstoffen und Spurenelementen untersucht werden.

Tabelle 2: Wöchentlicher (in L/Kalb/Woche) und gesamter Milchverbrauch bis zum Absetzen sowie die geschätzten entsprechenden Tränkekosten aller 4 Gruppen (€/Kalb/Woche)

Lebenswoche	NH	ZH	NH+KF	ZH+KF
1	48,5	55,4	57,0	56,3
2	58,5	65,8	63,8	56,3
3	63,8	71,4	75,0	70,2
4	67,0	75,4	79,3	73,2
5	54,7	55,8	56,0	55,4
6	55,8	55,7	56,0	55,4
7	49,0	49,0	49,2	48,9
8	42,0	42,1	42,0	41,9
9	35,1	35,2	35,1	35,2
10	28,0	28,1	28,0	28,0
11	20,8	21,0	20,8	20,9
12	14,1	14,1	14,1	14,1
Gesamtmenge, L/Kalb	537	569	576	556
Tränkekosten¹	177 €	188 €	190 €	183 €

NH = normales Heu, ZH = Zuckerheu, KF = Kraftfutter

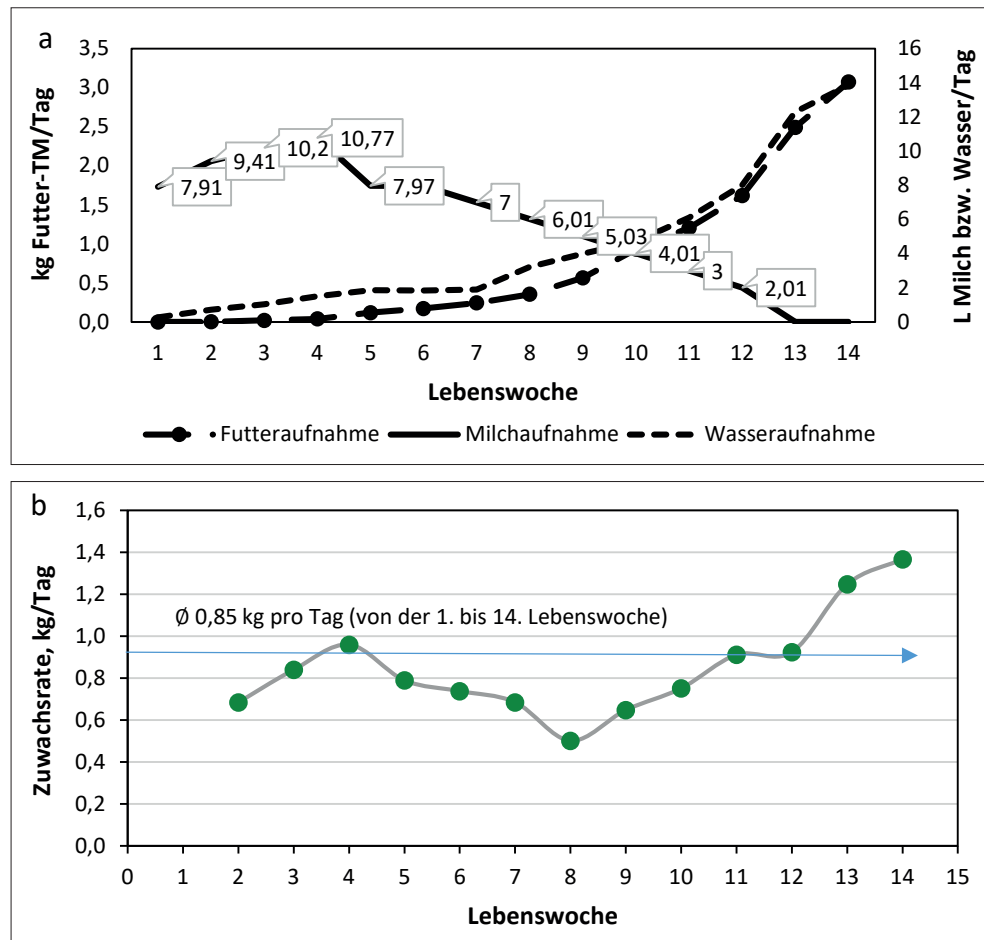
¹Angenommener Milchpreis von 0,33 €/L

Tabelle 3: Wöchentlicher (in kg/Kalb/Woche) und gesamtter Verbrauch von Heu bzw. Heu und KF in allen 4 Gruppen mit geschätzten entsprechenden Futterkosten aller 4 Gruppen (€/Kalb/Woche)

Lebenswoche	NH	ZH	NH+KF			ZH+KF		
			NH	KF	NH+KF	ZH	KF	ZH+KF
1	0,06	0,03	0,04	0,06	0,10	0,05	0,08	0,12
2	0,11	0,04	0,06	0,07	0,13	0,07	0,13	0,20
3	0,24	0,26	0,18	0,18	0,36	0,17	0,31	0,48
4	0,55	0,43	0,36	0,23	0,59	0,30	0,33	0,63
5	1,18	1,32	0,43	0,57	1,00	0,53	0,58	1,12
6	1,32	1,85	0,74	0,91	1,66	0,68	0,57	1,25
7	2,01	2,54	1,32	1,56	2,88	1,17	1,00	2,17
8	3,77	3,67	1,96	2,47	4,43	2,02	1,51	3,53
9	5,29	5,63	2,37	4,65	7,02	3,05	2,97	6,01
10	7,25	9,13	3,18	6,83	10,01	4,16	4,86	9,02
11	10,17	11,30	3,84	10,40	14,24	5,34	8,09	13,43
12	13,86	15,40	4,32	13,16	17,49	6,33	10,25	16,57
13	17,99	23,56	6,23	18,93	25,16	8,19	16,10	24,29
14	20,41	28,63	6,50	22,38	28,89	9,54	18,86	28,40
Summe	84	104	32	82	114	42	66	107
Kosten	11 €	23 €	4 €	37 €	41 €	9 €	30 €	39 €

NH = normales Heu, ZH = Zuckerheu, KF = Kraftfutter (angenommene Preise pro Tonne Futter: NH = 135 €, ZH = 220 €, KF = 450 €)

Abbildung 3: Täglich aufgenommene Wassermenge in Liter pro Tag, Milchmenge in kg pro Tag und Festfutteraufnahme in kg TM pro Tag (a) und die tägliche Wachstumsrate (b) bezogen auf die Lebenswoche der Kälber mit Zuckerheufütterung (ZH)



Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieses Forschungsprojekts zeigen, dass die Verfütterung eines qualitativ hochwertigen Heus die Kauaktivität und somit die Beschäftigung der Kälber fördert. Weiters verbessert das Zuckerheu die Pansen- und Darmfermentation. Zusammenfassend lässt dieses Projekt den Schluss zu, das Zuckerheu ohne jegliche Supplementierung, wie etwa Kälberstarter, bei den Aufzuchtkälbern gefüttert werden kann, ohne dabei Einbußen in den Nährstoffaufnahmen und täglichen Zunahmen befürchten zu müssen, während die Kauaktivität und die Funktion des Pansen-Darm-Traktes nur positiv beeinflusst werden können. Allerdings ist auf die Qualitätsmerkmale des Zuckerheus bei der Gewinnung besonders zu achten. Diesbezüglich haben wir einige Empfehlungen für die Praxis abgeleitet.

Danksagung

Die Autoren danken der ARGE Heumilch (Obmann: Karl Neuhofer) für die Bereitstellung des Zuckerheus und dem Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus für die Finanzierung des Forschungsprojekts, Suchitra Sharma und Anita Dockner (Vetmeduni) für die Durchführung der Laboranalysen, Daniel Eingang, Anna Maria Schmied und Helene Zamberger (Raumberg-Gumpenstein) für die Durchführung der Fütterungsversuche und Herrn PD Dr. Björn Kuhla (Leibniz Institute for Farm Animal Biology, Dummerstorf) für die Bereitstellung der RumiWatch-Halfter.

Literatur

CASTELLS, L., A. BACH, A. ARIS und M. TERRÉ, 2013: Effects of forage provision to young calves on rumen fermentation and development of the gastrointestinal tract. *J. Dairy Sci.* 96, 5226-5236.

KHAN, M.A., A. BACH, D.M. WEARY und M.A.G. VON KEYSERLINGK, 2016: Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 99, 885-902.

KLEEFISCH, M.-T., Q. ZEBELI, E. HUMER, I. KRÖGER, P. ERTL und F. KLEVENHUSEN, 2017: Effects of the replacement of concentrate and fibre-rich hay by high-quality hay on chewing, rumination and nutrient digestibility in non-lactating Holstein cows. *Arch. Anim. Nutr.* 71, 21-36.

POIER, G., G. TERLER, F. KLEVENHUSEN, S. SHARMA und Q. ZEBELI, 2022: Replacing concentrates with a high-quality hay in the starter feed of dairy calves: II. Effects on the development of chewing and gut fermentation, and selected systemic health variables. *J. Dairy Sci.*, in press, <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21346>.

RESCH, R., 2019: Heuqualität auf österreichischen Praxisbetrieben unter besonderer Berücksichtigung der Feld- und Lagerpilzflora. 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 111-132.

TERLER, G., G. POIER, F. KLEVENHUSEN und Q. ZEBELI, 2022: Zuckerheu als Alternative zu Kälber-TMR in der Kälberfütterung – Effekte auf Futteraufnahme und Tageszunahme. 49. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 75-84.

TERRÉ, M., L. CASTELLS, M.A. KHAN und A. BACH, 2015: Interaction between the physical form of the starter feed and straw provision on growth performance of Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 98, 1101-1109.

ZEBELI, Q. und E. HUMER, 2016: Ausreichend Struktur in der Milchviehration? Von der Bewertung zur adäquaten Versorgung. 43. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 21-27.

Untersuchungen zur Aktualisierung der Futterbewertung im Futtermittellabor Rosenau Teil 1: Beschreibung des Projektes und Ergebnisse der chemischen Analysen

Gerald Stögmüller^{1*}, Leonhard Gruber^{2,3}, Stefanie Gappmaier²,
Thomas Guggenberger² und Georg Terler²

1. Einleitung und Problemstellung

Die Energiebewertung im Futtermittellabor Rosenau der LK Niederösterreich beruht aktuell auf Verdauungskoeffizienten der DLG-Tabelle für Wiederkäuer (1997). In diesen Futterwerttabellen sind für die einzelnen Grundfutterkategorien (z. B. Grassilage 1. Schnitt, Grünfutter ≥ 2 . Aufwuchs, Maissilage etc.) Verdaulichkeitswerte für die verschiedenen Vegetationsstadien angeführt. In der Praxis ist jedoch der gesamte Bereich der Vegetationsstadien (von sehr früh bis sehr spät geerntet) vorhanden. Deshalb wurden Regressionsgleichungen zur Vorhersage bzw. Interpolation der Verdauungskoeffizienten in Abhängigkeit vom Gehalt an Rohfaser entwickelt (GRUBER et al. 1997).

Allerdings bestand – aus Mangel an Alternativen – von allem Anfang an das Problem, dass die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe von Wiesenfutter als Grundlage der Energiebewertung (Regressionsgleichungen nach GfE 2001) aus Produktionsgebieten in Deutschland abgeleitet wurde (nämlich aus den DLG-Tabellen). Dies kann zu Fehleinschätzungen des Energiegehaltes führen, da die Pflanzenbestände in Deutschland nicht unbedingt den Verhältnissen im österreichischen Grünland entsprechen (RESCH et al. 2006). Die botanische Zusammensetzung der Grünlandbestände (Gräser, Kräuter, Leguminosen) bestimmt jedoch maßgeblich die Zusammensetzung der Gerüstsubstanzen und damit das Verhältnis zwischen dem Gehalt an NDF und Rohfaser (VAN SOEST 1994, GRUBER 2009). Da Rohfaser als Bestimmungsfaktor für das Vegetationsstadium und folglich für die Verdaulichkeit herangezogen wird, besteht durch die Unsicherheit in der Einschätzung des tatsächlichen Vegetationsstadiums auch immer eine Fehlerquelle in der Berechnung der Energiekonzentration.

An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurden in den letzten 40 Jahren über 1.000 Verdauungsversuche (*in vivo*) mit Hammeln zur Energiebewertung durchgeführt, in welchen Grundfuttermittel unterschiedlicher Vegetationsstadien geprüft wurden.

Auch bei der Proteinbewertung gibt es neue Möglichkeiten zur verbesserten Futterbewertung. Bekanntlich setzt sich das nutzbare Rohprotein (nXP, nach GfE 2001) aus dem Mikrobenprotein und dem unabgebauten Futterprotein (UDP) zusammen. Während durch mehrere (auch externe) wissenschaftliche Arbeiten erwiesen ist, dass durch die nXP-Formel das Ausmaß des Mikrobenproteins sehr zutreffend abgeschätzt wird (STEFANON et al. 1998, SCHWAB et al. 2005), beruht die Kalkulation des UDP auf konstanten Tabellenwerten (DLG 1997). Es ist jedoch einleuchtend und bekannt, dass die Abbaubarkeit und die Abbauraten des Futterproteins im Wiesenfutter von Konservierung und Vegetationsstadium stark beeinflusst wird (GRUBER et al. 2004, STEINGASS und LEBERL 2008, EDMUNDS et al. 2012), ebenso wie von der Passagerate (SNIFFEN et al. 1992, SHANNAK et al. 2000, KIRCHHOF et al. 2007). Auch diesbezüglich wurde in Raumberg-Gumpenstein in den letzten Jahren umfangreiches Datenmaterial zum Proteinabbau verschiedener Grund- und Kraftfutter in mehreren Diplomarbeiten und Projekten erarbeitet (*in situ*-Technik, Protein-Fractionen nach dem Cornell-System), die

¹ LK Niederösterreich, Futtermittellabor Rosenau, Gewerbepark Haag 3, A-3250 Wieselburg-Land

² HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

³ Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

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

für die Proteinbewertung im Futtermittellabor Rosenau der LK Niederösterreich genützt werden können.

Allerdings beruht der Großteil der an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein erhobenen Parameter zur Energie- und Proteinbewertung von Futtermitteln der Forschungsanstalt. Aufgrund der Diversität Österreichs braucht es demnach repräsentative Futterproben aus allen Teilen Österreichs, um eine für das ganze Land gültige Aussage treffen zu können. Aus diesem Grund wurde in Kooperation mit dem Futtermittellabor Rosenau, den Landwirtschaftskammern und der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein mehrjähriges und umfassend angelegtes, österreichweites Projekt zur Aktualisierung der Futterbewertung initiiert.

2. Versuchsaufbau

Durch eine gezielte, systematische Futterprobenaktion über ganz Österreich unter Mitarbeit der Fütterungsreferenten der Bundesländer sollten repräsentative Proben der wichtigsten Grundfuttermittel gewonnen werden.

Der Versuchsplan beinhaltet Futterproben von Dauergrünland und Feldfutter verschiedener Aufwüchse und Vegetationsstadien. Neben Grünfutter wurden bei Grünlandfutter auch Silagen und Heu beprobt. Feldfutter wurde frisch und siliert beprobt. Maissilagen stellten ebenfalls eine eigene Kategorie dar.

Von folgenden Grundfutterkategorien in allen Bundesländern wurden für österreichische Produktionsbedingungen repräsentative Proben gezogen und umfassende Analysen hinsichtlich Energie- und Proteinbewertung durchgeführt.

Die 9 Futterkategorien des Projektes „Futterbewertung Rosenau“:

• Dauergrünland	1. Aufwuchs Grünfutter
• Dauergrünland	≥2. Aufwuchs Grünfutter
• Dauergrünland	1. Aufwuchs Silage
• Dauergrünland	≥2. Aufwuchs Silage
• Dauergrünland	1. Aufwuchs Heu
• Dauergrünland	≥2. Aufwuchs Heu
• Feldfutter	1. Aufwuchs Silage
• Feldfutter	≥2. Aufwuchs Silage
• Maisganzpflanzen	Silage

3. Probenplan

In *Tabelle 1* ist der Probenplan¹⁾ angeführt, aus dem die Anzahl der Proben hervorgeht, die pro Jahr in den einzelnen Bundesländern von den bestimmten Futterkategorien genommen werden sollten.

3.1 Probenziehung und Versand

Von jeder Kategorie eines Futtermittels (z. B. Dauergrünland, 1. Aufwuchs, Silage etc.) sollte innerhalb eines Bundeslandes und Jahres ein möglichst großes Spektrum an Qualität (verschiedene Vegetationsstadien) geliefert werden, um für die Ableitung von Beziehungen (d. h. Regressionsgleichungen) eine breite Basis zu erhalten. Die Untersuchungen wurden vier Jahre lang durchgeführt (Ernten 2014, 2015, 2016, 2017). Es musste sehr darauf geachtet werden, dass die Proben frisch vakuumiert (nicht tiefgefroren) angeliefert wurden, um vor allem Eiweißabbau und Atmungsverluste zu verhindern bzw. zu minimieren. Hinsichtlich Analyse wurde hiermit eine Veränderung der Pansenabbaubarkeit so weit wie möglich ausgeschaltet.

Tabelle 1: Jährlicher Probenplan

Futterkategorie	NÖ	OÖ	Stmk	Sbg	Tirol	Vbg	Ktn	Bgld	Summe
Wiesenfutter 1. Aufwuchs Grünfutter	9	8	-	8	-	-	-	-	25
Wiesenfutter ≥2. Aufwuchs Grünfutter	9	8	-	8	-	-	-	-	25
Wiesenfutter 1. Aufwuchs Silage	5	5	4	2	2	2	3	2	25
Wiesenfutter ≥2. Aufwuchs Silage	5	5	4	2	2	2	3	2	25
Wiesenfutter 1. Aufwuchs Heu	4	4	3	3	3	3	3	2	25
Wiesenfutter ≥2. Aufwuchs Heu	4	4	3	3	3	3	3	2	25
Feldfutter 1. Aufwuchs Silage ¹⁾	5	5	4	2	2	2	3	2	25
Feldfutter ≥2. Aufwuchs Silage ¹⁾	5	5	4	2	2	2	3	2	25
Maissilage	5	5	4	2	2	2	3	2	25
Summe	51	49	26	32	16	16	21	14	225

¹⁾ Die Erhebungen wurden 4 Jahre hindurch ausgeführt (Ernte 2014, 2015, 2016, 2017)

²⁾ Unter Feldfutter ist vor allem Futter aus Klee-grasmischungen auf Ackerland (mit unterschiedlichem Leguminosenanteil) im Gegensatz zu einer Dauerwiese zu verstehen. Dieses Futter hat in der Praxis eine wichtige Bedeutung.

Grünfutterproben wurden vor dem Versand bei 45 °C schonend getrocknet, um eine einsetzende Gärung beim Versand zu unterbinden. Die Temperaturbeschränkung war entscheidend, um Hitzeschädigung zu vermeiden. Diese Proben wurden dann vakuumiert oder luftdicht verpackt ins Futtermittellabor Rosenau gesandt.

Eine große Herausforderung war und ist weiterhin die Differenzierung von Wiesenfutter (Dauergrünland) und Feldfutter. Gras und Leguminosen weisen unterschiedliche Rohproteingehalte (RESCH et al. 2016) sowie Rohproteinzusammensetzungen (GRUBER et al. 2004) auf. In der Praxis sind aber zu einem überwiegenden Anteil Mischungen aus Dauergrünland und Feldfutter in den Silos vorhanden. Solche Mischungen wurden bisher üblicherweise als „Grassilagen“ deklariert und nicht näher definiert. Inzwischen wurde am Probenbegleitschein eine detailliertere Erfassung umgesetzt.

Nach der Anlieferung der Proben im Labor wurde eine bestimmte Probenmenge für die Gärqualitätsbestimmung entnommen. Das restliche Probenmaterial wurde separat in Trockenschränken bei 45 °C schonend getrocknet. Danach wurden zuerst die von den Landwirten gewünschten Analysen durchgeführt. Alle weiteren Parameter wurden erst verzögert in einer probenärmeren Zeit (im Frühjahr) analysiert.

Verrechnung und Kostenübernahme

Routinemäßig übermittelte Proben wurden wie üblich entsprechend des Kundenwunsches verrechnet. Alle zusätzlich benötigten Proben sowie alle weiteren, für das Projekt benötigten Parameter dieser Proben wurden vom Futtermittellabor sowie der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in Eigenleistung analysiert.

3.2 Energiebewertung

Für die Energiebewertung (ME, NEL) wurden folgende vier Methoden angewendet:

- Berechnung des Energiegehaltes ausgehend von Rohnährstoff-Analysen und DLG-Verdaulichkeitskoeffizienten
- Auf Basis der enzymlöslichen organischen Substanz (ELOS): Feststellung der *in vitro*-Verdaulichkeit mittels Pepsin und Zellulase
- Auf Basis des Hohenheimer Futterwerttests (Gasbildungstest, HFT): Feststellung der *in vitro*-Fermentation mit Hilfe der Gasbildung mit Pansensaft
- Verwendung der Verdauungskoeffizienten der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Meta-Analyse der spezifischen Verdauungsversuche, die zur Untersuchung der Qualität des Grünlandfutters in den letzten 35 Jahren durchgeführt wurden)

3.3 Proteinbewertung

Für die Proteinbewertung wurden folgende Methoden angewandt:

- Bestimmung des Rohproteins im Rahmen der Weender Analyse
- Proteinfraktionierung nach CNCPS nach SNIFFEN et al. (1992)
- erweiterter Hohenheimer Futterwerttest nach STEINGASS et al. (2001)

3.4 Chemische Analysen

Die Futteranalysen wurden nach den Vorgaben des Methodenbuches III des Verbandes der landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA 2012) nasschemisch durchgeführt.

Analysenblöcke bzw. Parameter Analysenart/Gerät

Analysen im Futtermittellabor Rosenau:

- | | |
|---|------------------------------|
| – Weender Rohnährstoffe (TM, XP, XL, XF, XA) | nasschemisch |
| – Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) | nasschemisch |
| – Zucker (Grasprodukte) bzw. Stärke (Maissilage) | nasschemisch |
| – Mineralstoffe (Ca, P, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn, Cu) | nasschemisch mittels ICP-OES |
| – Gärqualität (Milchsäure, Essigsäure, Buttersäure und Propionsäure, Ethanol) | mittels Gaschromatograph |
| – pH-Wert und Ammoniak | mittels Messsoden |
| – NDF-N (Proteinfraktion B3) | nasschemisch |
| – ADF-N (Proteinfraktion C) | nasschemisch |
| – Enzymbiosliche org. Substanz (ELOS) | nasschemisch |

Analysen in der HBLFA-Raumberg-Gumpenstein:

- | | |
|------------------------------------|--------------|
| – Hohenheimer Futterwerttest (HFT) | nasschemisch |
| – erweiterter HFT | nasschemisch |
| – Proteinfraktionen A und B1 | nasschemisch |

4. Ergebnisse

Der Probenplan konnte nicht genau wie geplant erfüllt werden (*Tabelle 2*). Je nach Probeneingang der verschiedenen Gebiete konnten mehr oder weniger Proben für dieses Projekt entnommen werden. Es lagen nur sehr wenige Proben von reinen Feldfutterbeständen vor, ein nicht unbeträchtlicher Anteil wurde hier aber mit Dauergrünland gemischt als „Grassilage“ eingesendet und konnte nicht separat ausgewertet werden. Zusätzlich zu den Landwirte-Proben wurden auch von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein 150 Proben aus einem parallel laufenden Versuch für dieses Projekt herangezogen.

4.1 Verteilung der Projektproben über die Produktionsgebiete

Hauptproduktionsgebiet	Anzahl Proben
Alpenostrand	84
Alpenvorland	196
Hochalpen	312
Kärntner Becken	37
Nordöstliches Flach- und Hügelland	9
Südöstliches Flach- und Hügelland	17
Voralpen	68
Wald- und Mühlviertel	126

Tabelle 2: Tatsächliche Anzahl an Versuchsproben in den einzelnen Bundesländern und Futterkategorien (oberer Wert: SOLL, unterer Wert: IST)

Futterkategorie	NÖ	OÖ	Stmk	Sbg	Tirol	Vbg	Ktn	Bgld	Summe
Dauergrünland 1. Aufwuchs Grünfutter	16 18	16 20	12 41	12 22	12	12 4	12 4	8	100 109
Dauergrünland ≥2. Aufwuchs Grünfutter	16 5	16 10	12 36	12 17	12	12	12	8	100 68
Dauergrünland 1. Aufwuchs Silage	20 36	20 58	16 27	8 7	8 9	8 2	12 45	8	100 187
Dauergrünland ≥2. Aufwuchs Silage	20 26	20 29	16 12	8 10	8 9	8 1	12 39	8 1	100 127
Dauergrünland 1. Aufwuchs Heu	16 11	16 14	12 16	12 23	12 50	12 24	12	8	100 150
Dauergrünland ≥2. Aufwuchs Heu	16 14	16 15	12 17	12 30	12 61	12 10	12 13	8	100 160
Feldfutter 1. Aufwuchs Silage	20 12	20 8	16	8 1	8	8 1	12 6	8	100 28
Feldfutter ≥2. Aufwuchs Silage	20 6	20 7	16 3	8	8	8	12 4	8	100 20
Maisganzpflanzen Silage	20 39	20 21	16 16	8 3	8	8 2	12 15	8	100 98
Summe	164 167	164 182	128 168	88 113	88 129	88 44	148 138	72 1	900 947



Abbildung 1: Landwirtschaftliche Hauptproduktionsgebiete

Besonders interessant ist ein Vergleich der Futterqualitäten über die Produktionsgebiete, in denen die Bedingungen für die Grundfuttererzeugung relativ gut vergleichbar sind. Bei der Projektplanung und Probenauswahl wurde diese Herkunft noch nicht beachtet. Bei Qualitätsauswertungen anderer Proben durch das Futtermittellabor erkannte man erst vor kurzem die deutlich bessere Aussagekraft gegenüber Bundesländer-Auswertungen. Aufgrund der ungleichmäßigen Verteilung und teilweise niedrigen Probenzahl von einigen Produktionsgebieten wurde die Auswertung nach Produktionsgebieten in diesem Projekt wieder verworfen.

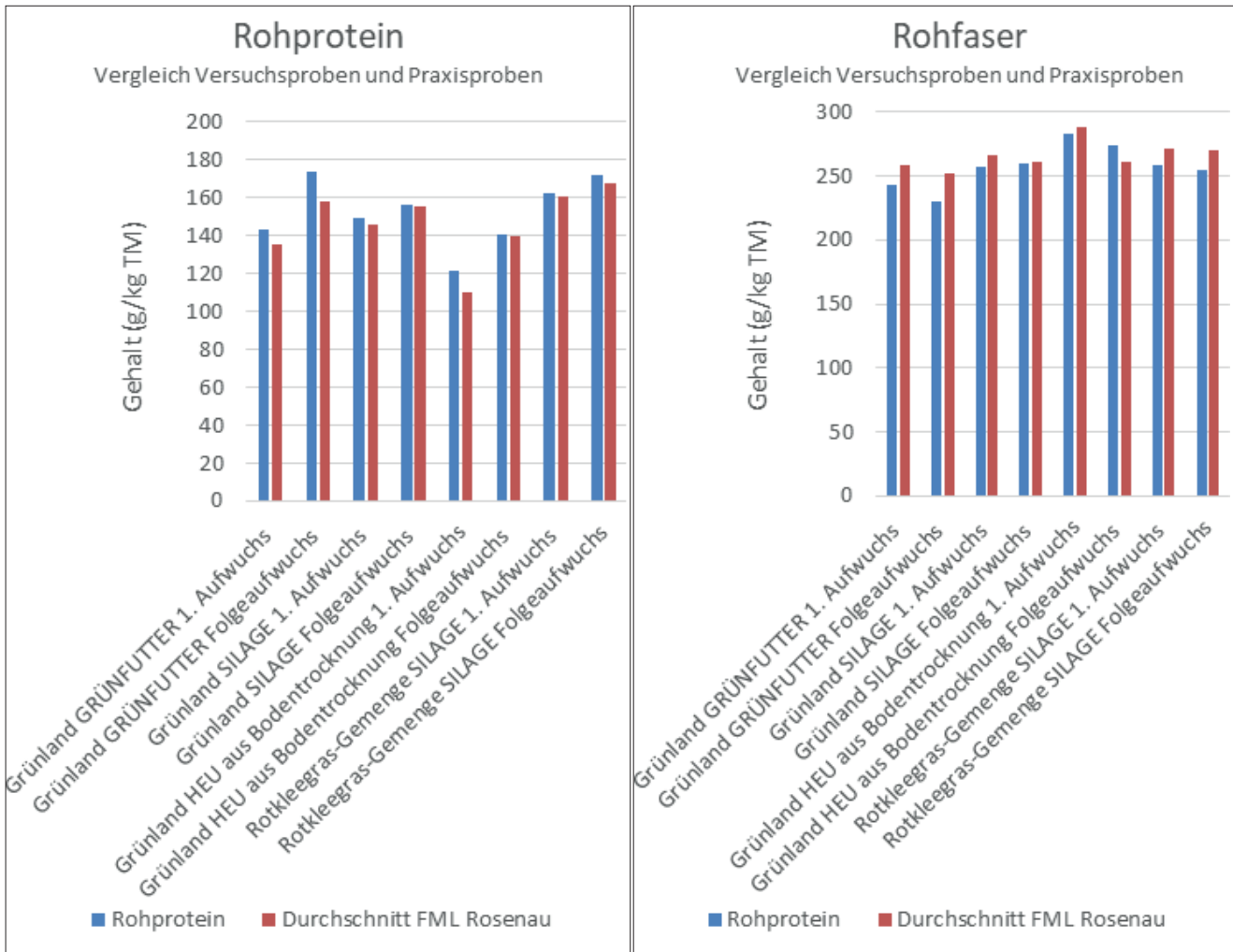


Abbildung 2: Vergleich der Daten der Projektproben mit Durchschnittswerten aus dem Futtermittellabor Rosenau (Quelle: Datenauswertung Futtermittellabor Rosenau)

4.2 Ergebnisse der Weender und Detergenzien-Analyse

Um zu überprüfen, ob das vorliegende Probenmaterial repräsentativ ist und damit die Grundgesamtheit für österreichische Verhältnisse entsprechend abbildet, wurden die Ergebnisse der Rohnährstoffanalysen der Versuchsproben (n = 947) mit einem großen Datenpool aus Rosenau verglichen (Jahre 4; Anzahl der Proben 11.500; *Abbildung 2*).

Obwohl für das Projekt auch extreme Futterqualitäten herangezogen wurden, spiegeln die Ergebnisse die Qualitäten der Praxis sehr gut wider. Die Vergleiche zeigen, dass sich die Futterqualitätsauswertungen des Futtermittellabors Rosenau mit den Proben des vorliegenden Projektes relativ gut decken. Man kann also davon ausgehen, dass die Ergebnisse des Projektes für den Querschnitt der Futterproben in Österreich herangezogen werden können.

4.3 Statistische Auswertungen der Projektproben

In einer ersten Auswertung wurde erhoben, wie sich die Konservierung, der Aufwuchs bzw. die Interaktion Konservierung × Aufwuchs auf den Gehalt an Rohnährstoffen auswirkt (*Tabelle 3*). Dabei zeigten sich signifikante Unterschiede sowohl zwischen der Konservierung als auch hinsichtlich des Aufwuchses. Grünfutter hatte die höchsten Rohproteingehalte und die signifikant niedrigsten Faserbestandteile (Rohfaser, Hemi-

Tabelle 3: Durchschnittlicher Gehalt des Wiesenfutters von Dauergrünland an Rohnährstoffen, Zucker, Gerüstsubstanzen und enzymlöslicher organ. Substanz in Abhängigkeit von Konservierung und Aufwuchs

	Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Zucker	Hemizellulose	Zellulose	Lignin	ELOS	Rohasche
g/kg TM									
Konservierung									
Grünfutter	156 ^b	27,9 ^a	236 ^a	108 ^b	164 ^b	242 ^a	40,2 ^a	693 ^c	86,2 ^a
Silage	152 ^b	33,2 ^b	258 ^b	64,3 ^a	148 ^a	259 ^b	40,5 ^a	666 ^b	103 ^c
Heu	131 ^a	28,2 ^a	278 ^c	140 ^c	192 ^c	281 ^c	48,8 ^b	621 ^a	97,5 ^b
Aufwuchs									
1. Aufwuchs	137 ^a	29,4	261	124	178	262	39,0	666	88,9
Folgeaufwüchse	156 ^b	30,1	254	84,0	157	258	47,4	653	102
Konservierung × Aufwuchs									
Grünfutter 1. Aufwuchs	141	27,5	242	138	184	242	34,9	705	78,9
Grünfutter Folgeaufwüchse	172	28,3	230	78,4	144	241	45,5	680	93,5
Silage 1. Aufwuchs	149	33,9	257	76,1	148	260	35,5	685	97,6
Silage Folgeaufwüchse	154	32,4	259	52,5	148	258	45,6	648	108
Heu 1. Aufwuchs	121	26,7	284	158	204	285	46,6	610	90,1
Heu Folgeaufwüchse	141	29,7	273	121	181	277	51,1	632	105
p-Werte									
Konservierung	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Aufwuchs	<0,001	0,009	0,004	<0,001	<0,001	0,128	<0,001	0,014	<0,001
Konservierung × Aufwuchs	<0,001	<0,001	0,015	0,002	<0,001	0,480	<0,001	<0,001	0,205

zellulose, Zellulose und Lignin). Grund dafür sind Konservierungsverluste wie Bröckelverluste, Atmungsverluste und Sickersaftverluste (JARRIGE et al. 1973, HOEDTKE et al. 2010, KIENDLER et al. 2019).

Wie auch schon aus anderen Literaturquellen hervorgeht (KIENDLER et al. 2019), nimmt der Rohproteingehalt mit den Aufwüchsen zu. Demgegenüber nimmt der Fasergehalt ab. GRUBER et al. (2010) erklären diesen Zusammenhang mit der morphologischen Zusammensetzung der Pflanze, welche sich im Laufe der Vegetationsperiode ändert.

Die Auswertung der Rohnährstoffe sowie Zucker und ELOS zeigt bei fast allen Parametern signifikante Unterschiede zwischen den Kategorien. Sie müssen deshalb in der Futterbewertung als eigenständige Kategorien bewertet werden.

Es wird noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich hier um Durchschnittswerte von Praxisproben handelt. In der Darstellung geht es nicht darum, den Einfluss der Konservierung auf diese Fraktionen wissenschaftlich darzustellen, sondern die Unterschiede der Futterkategorien des Projektes. In dieser Auswertung wurden keine Kovariablen (zur Ausschaltung bestimmter Effekte) im statistischen Modell verwendet.

5. Literatur

DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft), 1982: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer, 5. erweiterte und neu gestaltete Auflage. Herausgeber: Dokumentationsstelle der Universität Hohenheim, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 120 S.

DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft), 1991: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer, 6. erweiterte und völlig neu gestaltete Auflage. Herausgeber: Dokumentationsstelle der Universität Hohenheim, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 112 S.

DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. erweiterte und überarbeitete Auflage. Herausgeber: Universität Hohenheim – Dokumentationsstelle, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 212 S.

EDMUNDS, B., K.-H. SÜDEKUM, H. SPIEKERS und F.J. SCHWARZ, 2012: Estimating ruminal crude protein degradation of forages using *in situ* and *in vitro* techniques. Anim. Feed Sci. Technol. 175, 95-105.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Frankfurt/Main, DLG-Verlag, 135 S.

GRUBER, L., A. STEINWIDDER, T. GUGGENBERGER und G. WIEDNER, 1997: Interpolation der Verdauungskoeffizienten von Grundfuttermitteln der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. Aktualisiertes Arbeitspapier der ÖAG-Fachgruppe Fütterung über die Grundlagen zur Berechnung der Verdaulichkeit und des UDP-Gehaltes auf der Basis der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer (2. Auflage 1997).

GRUBER, L., S. GRAGGABER, W. WENZL, G. MAIERHOFER, B. STEINER und L. HABERL, 2004: Gehalte an Kohlenhydraten und Protein in Dauergrünland und Silomais nach dem Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) sowie Einfluss der Konservierung (Grünfutter, Silage, Heu). 116. VDLUFA-Kongress, 13.-17. Sept. 2004, Rostock, Kongressband 2004, 366-376.

GRUBER, L., 2009: Chemische Zusammensetzung, Analytik und Bedeutung pflanzlicher Gerüstsubstanzen in der Ernährung der Wiederkäuer. Übers. Tierernährg. 37, 45-86.

GRUBER, L., A. SCHAUER, J. HÄUSLER, A. ADELWÖHRER, H. SÜDEKUM, F. WIELSCHER, M. URDL und S. KIRCHHOF, 2010: Einfluss des Wachstumsstadiums von Dauerwiesern auf Ertrag, Futterwert, Futteraufnahme und Leistung bei Milchkühen im Laufe einer ganzen Vegetationsperiode. 122. VDLUFA-Kongress, Kongressband, 21.-24. September 2010, Kiel, 633-671.

HOEDTKE, S., M. GABLER und A. ZEYNER, 2010: Der Proteinabbau im Futter während der Silierung und Veränderungen der Zusammensetzung der Rohproteinfraktion. Übersichten Tierernährung 38, 157-179.

JARRIGE, R., C. DEMARQILLY und J.P. DULPHY, 1973: The voluntary intake of forages. Proceedings of the 5th General Meeting, European Grassland Federation 1973, Upsala, 98-106.

KIENDLER, S., L. GRUBER, G. TERLER, M. VELIK, D. EINGANG, A. SCHAUER und M. ROYER, 2019: Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Futterwert, Futteraufnahme und Milchleistung. 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 97-109.

KIRCHHOF, S., 2007: Kinetik des ruminalen *in situ*-Nährstoffabbaus von Grünlandaufwüchsen des Alpenraumes unterschiedlicher Vegetationsstadien sowie von Maissilagen und Heu – ein Beitrag zur Weiterentwicklung der Rationsgestaltung für Milchkühe. Dissertation an der Christian-Albrechts-Universität, Kiel, 132 S.

RESCH, R., T. GUGGENBERGER, G. WIEDNER, A. KASAL, K. WURM, L. GRUBER, F. RINGDORFER und K. BUCHGRABER, 2006: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. ÖAG-Sonderdruck, Info 8/2006, 20 S.

RESCH, R. und M. HENDLER, 2016: Variabilität von Rohproteingehalt und Rohproteinерtrag unterschiedlicher Futterpflanzenarten. 71. ALVA-Tagung 2016.

SCHWAB, C.G., P. HUHTANEN, C.W. HUNT und T. HVELPLUND, 2005: Nitrogen requirements of cattle. Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle. Reducing the Environmental Impact of Cattle Operations (Eds. E. Pfeffer and H. Hristov). CAB International, 13-70.

SHANNAK, S., K.H. SÜDEKUM und A. SUSENBETH, 2000. Estimating ruminal crude protein degradation with *in situ* and chemical fractionation procedures. Anim. Feed Sci. Technol. 85, 195-214.

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, 3563-3577.

STEINGASS, H., D. NIBBE, K.-H. SÜDEKUM, P. LEBZIEN und H. SPIEKERS, 2001: Schätzung des nXP-Gehaltes mit Hilfe des modifizierten Hohenheimer Futterwerttests und dessen Anwendung zur Bewertung von Raps- und Sojaextraktionsschroten. 113. VDLUFA-Kongress, Berlin, Kurzfassungen der Vorträge, 115.

STEINGASS, H. und P. LEBERL, 2008: *in vitro* Verfahren: Eine notwendige Ergänzung zur Nährstoffanalytik bei Futtermitteln. Übers. Tierernährg. 36, 31-46.

STEFANON, B., L. GRUBER, S. MOSCARDINI, V. VOLPE und P. SUSMEL, 1998: The ability of different feed evaluation systems to predict rumen microbial nitrogen flow of lactating dairy cows. Proc. Brit. Soc. Anim. Sci. 1998, 22.

VAN SOEST, P.J., 1994: Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd Ed., Cornell University Press, Ithaca und London, 476 S.

VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 2012: Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch) - Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Untersuchungen zur Aktualisierung der Futterbewertung im Futtermittellabor Rosenau Teil 2a: Ergebnisse zur Verdaulichkeit und Energiebewertung von Wiesenfutter auf Basis einer Meta-Analyse spezifischer Verdauungsversuche an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

*Investigations into updating the feed evaluation in feedstuff
laboratory of Rosenau*

*Part 2a: Results of digestibility and energy evaluation of
grass forage based on meta-analysis of specific digestibility
trials at AREC Raumberg-Gumpenstein*

Leonhard Gruber^{1,2*}, Thomas Guggenberger¹, Stefanie Gappmaier¹,
Georg Terler¹, Anton Schauer¹ und Julia Wöber²

Zusammenfassung

Die Verdaulichkeit der organischen Masse (dOM) entscheidet in einem hohen Ausmaß über die Energiekonzentration eines Futtermittels und ist daher Ausgangspunkt und Basis für deren Berechnung. In einem Futtermittellabor mit einem hohen Durchsatz an sehr unterschiedlichen und größtenteils aus der landwirtschaftlichen Praxis stammenden Proben ist die Bestimmung bzw. Abschätzung der dOM eine gewisse Schwierigkeit. Verdauungsversuche *in vivo* kommen auf Grund des dafür erforderlichen hohen Kosten- und Zeit-Aufwandes nicht in Frage, auch Verdaulichkeitsuntersuchungen mit *in vitro*-Methoden erscheinen aus Kosten- und Zeit-Gründen nicht in der erforderlichen großen Anzahl durchführbar. Daher werden üblicherweise Verdauungskoeffizienten aus Futterwert-Tabellen herangezogen (z. B. DLG Futterwerttabellen Wiederkäuer 1997). In der vorliegenden Arbeit werden daher auf Basis einer Meta-Analyse von spezifischen *in vivo*-Verdauungsversuchen von Wiesenfutter aus dem österreichischen Grünlandgebiet der Einfluss des Vegetationsstadiums und der Konservierung auf den Gehalt und die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und Gerüstsubstanzen sowie die Zusammenhänge zu *in vitro*-Verdaulichkeit und Energiekonzentration beschrieben und die Ergebnisse mit Angaben in Futterwerttabellen verglichen.

Für die Meta-Analyse wurden die Daten (n = 331) aus vier umfangreichen, mehrfaktoriellen und spezifischen Projekten an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein herangezogen, in denen in erster Linie der Einfluss des Vegetationsstadiums von Dauerwiesen-Futter auf Futterwert, Futteraufnahme und tierische Leistung langfristig untersucht wurde (GRUBER et al. 1995, 1996, 2000, 2006). Neben Konservierungsform (Grünfutter, Silage, Heu) und Aufwuchs (1. Aufwuchs, Folgeaufwuchs) stellte sich wie erwartet das Vegetationsstadium als der wichtigste Einflussfaktor auf Verdaulichkeit und Energiekonzentration heraus. Zwischen der Rohfaser und den Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) bestehen sehr enge, lineare Beziehungen. Mit den Gerüstsubstanzen konnte die Verdaulichkeit der OM nicht genauer vorausgesagt werden als mit Rohfaser. Dennoch steht außer Frage, dass nur mit der Detergenzien-Analyse (bes. NDF) eine genaue Trennung

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

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

* Ansprechpartner: Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber, email: Dr.Leonhard.Gruber@gmx.at

in Faser- und Nichtfaser-Kohlenhydrate erfolgen kann, was für die Ernährung der Wiederkäuer von großer physiologischer Bedeutung ist. Die Verdauungsversuche zeigen, dass die Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen zu einem großen Teil über die Verdaulichkeit der OM und damit die Energiekonzentration entscheidet ($R^2 > 86\%$). Aus dem Datenmaterial, das einen sehr großen Streubereich hinsichtlich des Gehaltes an Gerüstsubstanzen (536 ± 73 , $323 - 706$ g NDF/kg TM) und damit Verdaulichkeit aufweist ($66,5 \pm 7,2$; $48,4 - 85,6\%$ dOM), wurden auch Gleichungen zur Schätzung der Verdaulichkeit der Rohnährstoffe sowie von NDF und NFC abgeleitet, die als Grundlage der Energiebewertung dienen können. Es wird aber empfohlen, die Energiebewertung im Futtermittellabor Rosenau künftig auf der Grundlage der *in vitro*-Verdaulichkeit (neben der Analyse der Rohnährstoffe und Gerüstsubstanzen) durchzuführen, weil damit die individuell bedingte Verdaulichkeit mitberücksichtigt werden kann, während die (wie bisher) aus Futterwerttabellen oder einer Meta-Analyse abgeleiteten Regressionsgleichungen nur eine durchschnittliche Beziehung zwischen Gerüstsubstanzen und Verdaulichkeit in Abhängigkeit vom Gehalt an Faser (XF, NDF, ADF oder ADL) darstellen können. In einer Übersichtsarbeit haben PÖTSCH und RESCH (2005) darauf hingewiesen, dass sowohl die Nutzung und Düngung des Grünlandes als auch der Standort und Pflanzenbestand den Ertrag und die Qualität des Grünlandfutters bestimmen, wobei zwischen diesen Faktoren vielseitige Wechselwirkungen bestehen. Wie eine umfangreiche Analyse und Validierung von sechs Futtermittel-Tabellenwerken aus der Literatur zeigt (DLG, DDR, INRA, RAP, ÖAG, Rosenau), muss bei Anwendung dieser Tabellenwerke außerdem mit einer systematischen Abweichung der jeweiligen Probe vom Tabellenwert gerechnet werden (durch den Fehler in Folge Bias und Regression). Unter „Bias“ ist eine grundsätzliche, systematisch bedingte Differenz zwischen tatsächlichem und berechnetem Wert zu verstehen. Und ein durch „Regression“ bedingter Fehler sagt aus, dass die Anwendung des Tabellenwertes zu einer Unter- oder Überschätzung der Verdaulichkeit in den äußeren Bereichen der Werte führt, d. h. in den unteren und bzw. oder oberen Bereichen des Verdaulichkeitsspektrums.

An den in der vorliegenden Untersuchung *in vivo* geprüften Futtermitteln wurden auch die *in vitro*-Methoden „Hohenheimer Futterwert-Test“ (MENKE und STEINGASS 1988; HFT) und „Enzymlöslichkeit“ (DE BOEVER et al. 1988; ELOS) angewendet und die Schätzgleichungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 1998 und 2008) an den *in vivo* ermittelten Werten validiert. Beide *in vitro*-Verdaulichkeitsmethoden erwiesen sich dabei als gleichwertig. Die Gleichungen von GfE (2008) stellen gegenüber GfE (1998) eine Verbesserung dar. Die Gegenüberstellung von „Observed“ vs. „Predicted“ ergab für die HFT-Formel ein R^2 von $72,9\%$ und einen Schätzfehler von $\pm 0,50$ MJ ME im Vergleich zur ELOS-Schätzformel mit einem R^2 von $70,8\%$ und einem Schätzfehler von $\pm 0,52$ MJ ME. Aus dem Datenmaterial der vorliegenden Untersuchung wurden auch Gleichungen zur Schätzung der Verdaulichkeit der OM (dOM) und der Energiekonzentration (ME) abgeleitet. Dabei ergaben sich hinsichtlich Schätzgenauigkeit leichte Vorteile von ELOS gegenüber HFT (im Mittel der insgesamt 16 Formeln $4,65\%$ vs. $4,07\%$ RMSE%, Root Mean Square Error relativ zum Mittelwert). Ebenso konnte ME genauer geschätzt werden als dOM ($4,19\%$ vs. $4,42\%$ RMSE%). Neben den Rohnährstoffen (XP, XL, XA) wurden auch die Faserstoffe (XF, NDF, ADF oder ADL) zur Schätzung herangezogen, die sich ebenfalls als nahezu gleichwertig erwiesen ($4,57\%$, $4,53\%$, $4,40\%$, $4,40\%$). Die Schätzformel zur Bestimmung der ME auf Basis von ELOS als *in vitro*-Parameter sowie von ADL als Faser-Komponente erbrachte das beste statistische Resultat ($R^2 = 87,4\%$, $RMSE = \pm 0,34$ MJ ME).

Schlagwörter: Grünlandfutter, Dauerwiese, Verdaulichkeit, Energiekonzentration, *in vitro*-Verdaulichkeit, Futterwerttabellen

Summary

The digestibility of organic matter (dOM) decides about the energy concentration of a feedstuff to a high degree and is therefore the starting point for its calculation. The determination or estimation of dOM can be a certain challenge in a feedstuff laboratory characterized by many and often very diverse samples and coming from practical farms to a high extent. Due to the high expenditure for costs and time, *in vivo* digestibility trials cannot be considered and of the same reasons *in vitro* digestibility methods are not feasible for a great number of samples. As a consequence, digestibility coefficients from feed tables usually are used. Therefore, the impact of the growth stage and conservation method on the content and the digestibility of crude nutrients and cell walls as well as the relationship to *in vitro* digestibility and energy concentration are described in the present paper and compared to feed tables data of literature, based on a meta-analysis of specific *in vivo* digestibility trials of grass forage in Austria.

The meta-analysis was carried out using the data ($n = 331$) of four extensive, multifactorial and specific research projects undertaken at the Federal Agricultural Research and Education Centre Raumberg-Gumpenstein in Austria. In these experiments, the impact of growth stage of forage in natural permanent grassland was investigated specifically with regard to feed value, feed intake and animal performance in the long term (GRUBER et al. 1995, 1996, 2000, 2006). Apart from conservation method (fresh grass, silage, hay) and growth (first growth, regrowths), the growth stage was the predominant factor influencing digestibility and energy concentration, as expected. Between crude fibre and the cell wall substances (NDF, ADF, ADL) there are existing very close and linear relationships. Based on cell wall substances the digestibility could not be better predicted than with crude fibre. On the other hand, it is out of question that only the detergent analysis allows the accurate partition into fibre and non-fibre carbohydrates what is of great physiological importance in ruminant nutrition. The digestibility trials show that the digestibility of cell wall substances determines the digestibility of OM, and therefore the energy concentration to a great extent ($R^2 > 86\%$). From the data which are characterized by a wide range regarding the content of cell wall substances (536 ± 73 , 323 – 706 g NDF/kg DM) and therefore digestibility (66.5 ± 7.2 , 48.4 – 85.6 % dOM), equations were derived in order to estimate the digestibility of crude nutrients as well as NDF and NFC. So, they could be the basis for energy evaluation. However, it is recommended to carry out the energy evaluation in the feedstuff laboratory of Rosenau based on *in vitro* digestibility (apart from analysis of crude nutrients and cell wall substances) in future, so that the individually caused digestibility of a certain feedstuff can be accounted for. On the other hand, using equations based on feed value tables (as done before) or results from meta-analyses would represent only average relationships between cell wall substances (XF, NDF, ADF or ADL) and digestibility. In a comprehensive review, PÖTSCH und RESCH (2005) have shown that both the intensity of utilisation and fertilisation as well as site and plant community determine the yield and quality of permanent grassland forage whereby there are miscellaneous interactions between these factors. A substantial analysis and evaluation of six frequently used feed tables from literature (DLG, DDR, INRA, RAP, ÖAG, Rosenau) has demonstrated that a user of these feed tables has to anticipate some systematic deviation of the sample from the table value (this deviation is caused by so-called bias and regression). A “bias“ is indicated by a general and systematically caused difference between the observed and predicted value. And a deviation caused by “regression“ reveals that the application of the feed table leads to an under- or overestimation of digestibility at the exterior ranges of the digestibility spectrum.

In the present study, all forage samples ($n = 331$) were investigated both by *in vivo* digestibility trials and also by two *in vitro* digestibility methods, namely “Hohenheim Gas Test” (MENKE and STEINGASS 1988; HFT) and “Cellulase-Test” (DE BOEVER et al. 1988; ELOS). Furthermore, the regression equations published by the German Society of Nutrition Physiology (GfE 1998 and 2008) formulated to predict the ME content of grass forages were evaluated with regard to the *in vivo* data. Both *in vitro* digestibility methods turned out to be equivalent. The equations of GfE (2008) achieved better results compared to GfE (1998). The comparison of “observed” vs. “predicted” data resulted in a R^2 of 72.9% and a Root mean square error (RMSE) of ± 0.50 MJ ME for HFT compared to R^2 of 70.8% and a RMSE of ± 0.52 MJ ME for ELOS. From the present data, regression equations for estimating dOM and ME were modelled considering also the effect of conservation method and growth. In this case, ELOS achieved slightly better results than HFT (on average as a mean of 16 equations 4.65% vs. 4.07% RMSE%, RMSE relative to Mean). Similarly, ME could be estimated more accurately than dOM (4.19 % vs. 4.42 % RMSE%). Additionally to crude nutrients (XP, XL, XA), the cell wall substances were also used for estimation (XF, NDF, ADF or ADL) which proved to be more or less equivalent (4.57%, 4.53%, 4.40%, 4.40%). The equation estimating ME and using ELOS as *in vitro* parameter as well as ADL as fibre component yielded the best statistical result ($R^2 = 87.4\%$, RMSE = ± 0.34 MJ ME).

Keywords: grass forage, natural permanent grassland, digestibility, energy concentration, *in vitro* digestibility, feed composition tables

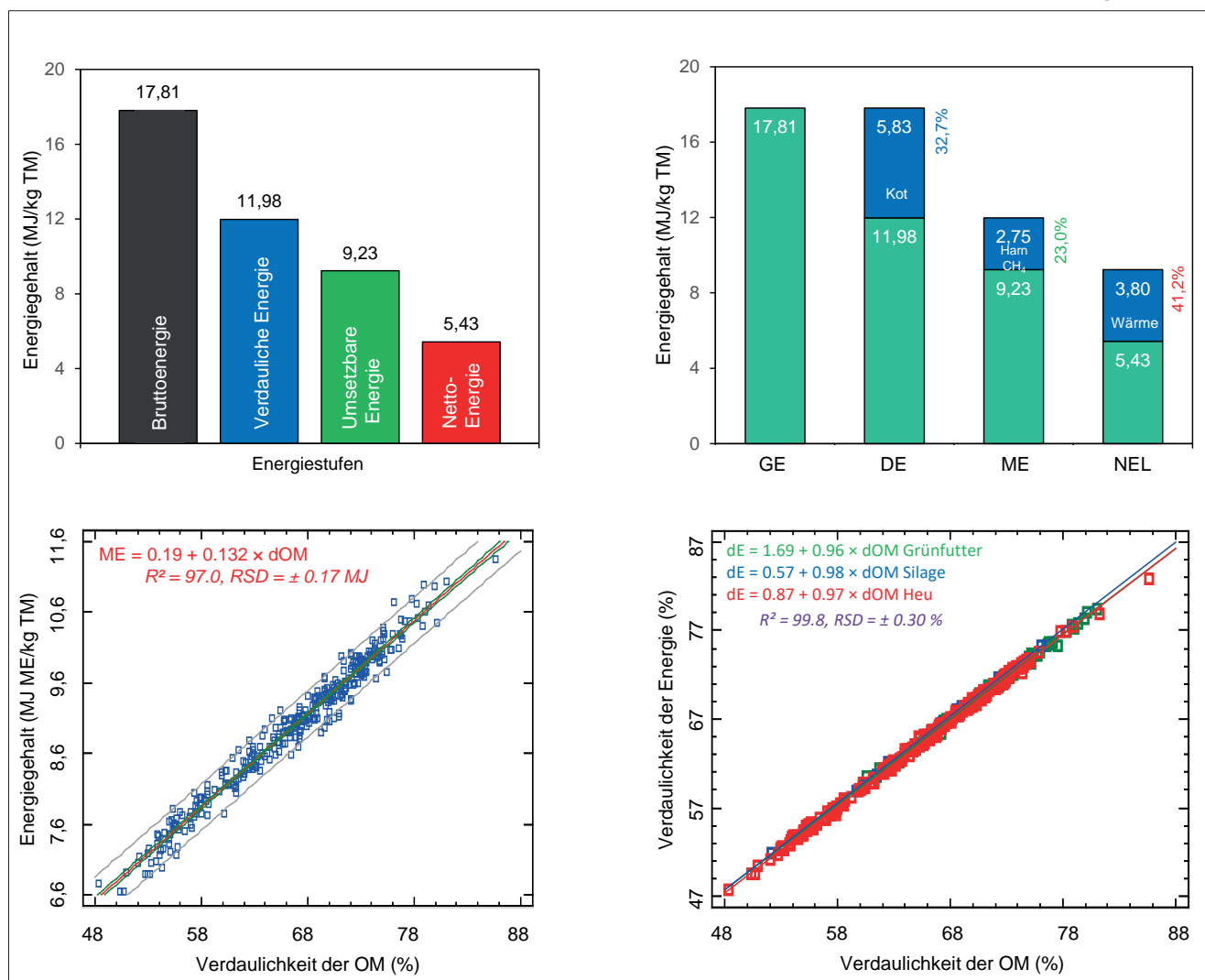
1. Einleitung und Problemstellung

Die Verdaulichkeit der organischen Masse (dOM) bzw. der Energie (dE) entscheidet in hohem Ausmaß über die Energiekonzentration eines Futtermittels und ist daher ein wesentlicher Bestandteil von Regressionsgleichungen zur Schätzung der Energiekonzentration, d. h. des Gehaltes an umsetzbarer Energie (MJ ME/kg TM) (SCHIEMANN et al. 1971, INRA 1989, CSIRO 1990 und 2007, AFRC 1993, GfE 1995 und 2001, NRC 2001, NorFor 2011, SAUVANT und NOZIÈRE 2016). *Abbildung 1* (oben) zeigt, dass im Durchschnitt etwa 33 % der Bruttoenergie (GE) eines Futtermittels aus Wiesenfutter über den Kot (FE) ausgeschieden werden, was einen Gehalt von 12,0 MJ an verdaulicher Energie (DE) ergibt. Von der DE werden im Durchschnitt 23 % über den Harn (UE) und über Methan (CH_4E) ausgeschieden, woraus sich ein Gehalt von 9,2 MJ ME errechnet (Durchschnittswerte von Wiesenfutter des vorliegenden Datenmaterials, pro kg TM). Die ME steht dem Organismus für Erhaltung und verschiedene Leistungsfunktionen zur Verfügung (Milch, Ansatz, Wachstum, Trächtigkeit, Bewegung etc.), wobei als Verlust Wärme entsteht. Im Falle von Milchleistung erscheint nur etwa 30 % der im Futtermittel enthaltenen GE im Produkt (5,4 MJ NEL). In *Abbildung 1* (unten) ist dargestellt, dass die Verdaulichkeit der OM (organische Masse) tatsächlich in einem sehr hohen Maß die Energiekonzentration bestimmt ($R^2 = 97,0\%$, RSD = $\pm 0,17$ MJ ME). Eine Verdaulichkeit von 50 % führt zu einem ME-Gehalt von 6,8 MJ und eine Verdaulichkeit von 85 % ergibt 11,4 MJ ME/kg TM. In einigen Energiebewertungssystemen wird die ME nicht direkt aus der verdaulichen OM bzw. den verdaulichen Rohnährstoffen geschätzt, sondern vorerst die verdauliche Energie (DE). Die dE ist sehr eng mit der dOM korreliert (*Abbildung 1* unten). Das Verhältnis dE/dOM ist abhängig vom Futtermittel (INRA 1989, vorliegende Untersuchung), sehr häufig wird jedoch von einer allgemeinen und konstanten Beziehung von dE/dOM über alle Futtermittel ausgegangen (CSIRO 1990 und 2007, AFRC 1993). In der Folge wird die ME aus dem Verhältnis ME/DE berechnet (INRA 1989, CSIRO 1990) bzw. die Energieverluste über Harn und Methan (UE und CH_4E) separat geschätzt und von der DE abgezogen (SAUVANT und NOZIÈRE 2016). Die Unterschiede zwischen

den Energiebewertungssystemen verschiedener Länder sind ausführlich bei VAN DER HONING und STEG (1990) beschrieben.

Für ein Futtermittellabor (wie z. B. das Futtermittellabor Rosenau der Landwirtschaftskammer NÖ) mit einem hohen Durchsatz an zu analysierenden Proben – vorwiegend aus Praxisbetrieben – stellt sich die Frage, auf welche Art und Weise die energetische Bewertung der teils sehr unterschiedlichen Futterproben erfolgen soll. Verdauungsversuche *in vivo* kommen auf Grund des dafür erforderlichen hohen Kosten- und Zeitaufwandes nicht in Frage, auch Verdaulichkeitsuntersuchungen mit *in vitro*-Methoden erscheinen aus Kosten- und Zeit-Gründen nicht in der erforderlich großen Anzahl durchführbar. Daher werden üblicher Weise Verdauungskoeffizienten aus Futterwert-Tabellen herangezogen. Im Futtermittellabor Rosenau wurden in den ersten Jahren (1979 – 1991) die Verdaulichkeiten des DDR-Futterbewertungssystems zur Berechnung des Energiegehaltes verwendet (Autorenkollektiv BEYER et al. 1977), ab dem Jahr 1991 dienten die Verdaulichkeiten aus den DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer (Universität Hohenheim – Dokumentationsstelle 1991 und 1997) als Grundlage, wobei die Berechnung und Interpolation der Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe auf Basis einer linearen Regression zwischen dem Gehalt an Rohfaser und der Verdaulichkeit erfolgte (GRUBER et al. 1991 und 1997). Der Gehalt an ME und NEL wurde immer mit den jeweils aktuellen Gleichungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie berechnet (basierend auf SCHIEMANN et al. 1971 bzw. GfE 1995).

Abbildung 1: Unterschiedliche Energiestufen eines Futtermittels im Stoffwechsel (Mittelwerte des vorliegenden Datenmaterials – Wiesenfutter unterschiedlicher Vegetationsstadien und Konservierungsformen)



Bei dieser Vorgangsweise wird also davon ausgegangen, dass ausschließlich der Rohfasergehalt über das Vegetationsstadium des Wiesenfutters und damit über die Verdaulichkeit entscheidet. Unterschiede in der botanischen Zusammensetzung des Wiesenfutters und die Qualität der Konservierung können bei diesem Vorgehen nicht berücksichtigt werden. Weiters stellte sich immer die Frage, inwieweit die Angaben in den DLG-Futterwerttabellen für das artenreiche Wiesenfutter des Dauergrünlandes, besonders aus dem österreichischen Berggebiet, zutreffen. Zusätzlich ist zu bedenken, dass die Rohfaser nicht die Gesamtheit der Gerüstsubstanzen erfasst, sondern die Hemizellulose und auch Teile des Lignins beim Säure- und Laugen-Kochprozess im Zuge der Rohfaser-Analyse nach dem Weender-Verfahren in Lösung gehen und die Rohfaser somit nicht den am besten geeigneten Parameter zur Beschreibung des Vegetationsstadiums darstellt (VAN SOEST 1994).

In der vorliegenden Arbeit werden daher, auf Basis einer Meta-Analyse von spezifischen *in vivo*-Verdauungsversuchen von Wiesenfutter aus dem österreichischen Grünlandgebiet, der Einfluss des Vegetationsstadiums und der Konservierung auf den Gehalt und die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und Gerüstsubstanzen sowie die Zusammenhänge zu *in vitro*-Verdaulichkeit und Energiekonzentration beschrieben und die Ergebnisse mit Angaben in Futterwerttabellen verglichen.

2. Material und Methoden

2.1 Herkunft der Daten, Analyse von Futter und Kot, Verdauungsversuche mit Hammeln

Für die Meta-Analyse wurden die Daten aus vier umfangreichen, mehrfaktoriellen und spezifischen Projekten an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein herangezogen, in denen in erster Linie der Einfluss des Vegetationsstadiums von Dauerwiesen-Futter auf Futterwert, Futteraufnahme und tierische Leistung langfristig untersucht wurde (GRUBER et al. 1995, 1996, 2000, 2006). Nähere Angaben zu den Versuchen können den jeweiligen Publikationen entnommen werden.

Die Gehalte an Rohprotein (XP; Methode 4.1.1), Rohfett (XL; Methode 5.1.1), Rohfaser (XF; Methode 6.1.1), Rohasche (XA, Methode 8.1), Neutral-Detergenzien-Faser nach Amylasebehandlung und Veraschung (aNDFom; Methode 6.5.1), Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung (ADFom; Methode 6.5.2) sowie Säure-Detergenzien-Lignin (ADL; Methode 6.5.3) wurden nach den Methoden des VDLUFA (2012) ermittelt. Die Bestimmung der Gasbildung (Hohenheimer Futterwerttest, HFT) nach Methode 25.1 sowie der Enzymlöslichkeit (ELOS) nach Methode 6.6.1 erfolgte ebenfalls nach VDLUFA (2012). Der N-Gehalt des Kotes wurde in der frischen Probe untersucht, um die bei der Trocknung entstehenden Verluste zu vermeiden.

Die Verdaulichkeit *in vivo* mit Hammeln wurde nach den Leitlinien der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 1991) für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen festgestellt (14 Tage Vorperiode und 14 Tage Sammelperiode, Futterniveau ca. 1 kg TM Versuchsration pro Tag, 4 Tiere pro Futtermittel). Damit wurde der Erhaltungsbedarf im Durchschnitt zu $94,3 \pm 0,08$ % gedeckt (101, 94, 89 % bei Grünfutter, Silage und Heu, 100 und 91 % bei Wiesenfutter 1. bzw. ≥ 2 . Aufwuchs). Die Tiere erhielten ausreichend Mineralstoffe (Ca, P, Mg, Na sowie Spurenelemente). Wasser stand den Tieren *ad libitum* zur Verfügung. Weitere methodische Hinweise zur Durchführung von *in vivo*-Verdauungsversuchen finden sich bei COCHRAN und GALYEAN (1994) sowie RYMER (2000).

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm Statgraphics 19 (2020) durchgeführt. Die Daten (n = 331) wurden mit der Prozedur GLM als Meta-Analyse unter Ausschaltung des zufälligen Einflusses des Versuches und der Berücksichtigung der fixen Effekte von Konservierung (Grünfutter, Silage, Heu) und Aufwuchs (1, 1.6, 2, ≥ 3 bzw. 1, 1.6, ≥ 2) ausgewertet (ST-PIERE 2001). Eine deskriptive Statistik wesentlicher Kriterien (Gehalt, Verdaulichkeit, Energiekonzentration) ist in *Tabelle 1* angeführt.

Tabelle 1: Deskriptive Statistik wesentlicher Versuchs-kriterien (n = 331)

Kriterium	Einheit	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Mittelw.	± s	VK (%)	Min	Max
Gehalt an Nährstoffen										
XP	g/kg TM	124	143	133	170	141	32	22,4	77	230
XL	g/kg TM	26	21	22	21	22	4	19,5	12	41
XF	g/kg TM	300	270	285	283	283	41	14,5	150	388
XX	g/kg TM	458	470	447	416	447	31	6,9	349	548
XA	g/kg TM	92	96	113	110	107	20	18,6	54	211
CHO	g/kg TM	758	741	732	699	730	47	6,4	594	844
NDF	g/kg TM	549	519	525	579	536	73	13,7	323	706
ADF	g/kg TM	341	309	317	337	322	44	13,6	170	428
ADL	g/kg TM	41	34	40	42	39	9	23,5	15	72
HEM	g/kg TM	207	210	208	242	215	37	17,1	127	301
ZEL	g/kg TM	301	275	277	295	283	37	13,2	140	382
NFC	g/kg TM	209	222	207	120	194	55	28,6	41	375
Verdaulichkeit der Nährstoffe und Energiekonzentration										
dXP	%	58,6	63,5	64,0	71,9	64,9	7,5	11,5	40,7	80,6
dXL	%	40,0	28,8	30,2	22,6	29,4	13,5	46,0	-17,4	64,2
dXF	%	63,0	66,6	63,9	73,2	66,2	8,5	12,8	46,0	86,5
dXX	%	67,2	70,0	67,3	71,9	68,8	7,8	11,3	48,4	94,7
dCHO	%	65,6	69,0	66,0	72,5	67,9	7,8	11,5	47,7	92,3
dNDF	%	63,0	66,1	61,9	72,5	65,0	8,6	13,3	44,0	84,9
dADF	%	61,2	63,2	58,6	69,0	61,9	8,9	14,5	38,6	81,7
dADL	%	-9,5	-18,8	-18,9	-7,2	-15,7	17,7	-112,6	-73,5	28,3
dHEM	%	65,6	70,0	67,0	77,1	69,5	8,8	12,7	44,6	89,2
dZEL	%	70,1	73,2	69,3	79,6	72,2	9,5	13,1	45,2	91,9
dNFC	%	71,0	74,2	76,1	69,1	73,8	10,5	14,2	16,4	100,0
dTM	%	61,0	64,8	60,5	68,6	63,0	6,9	10,9	46,8	77,5
dOM	%	64,0	67,2	64,9	71,2	66,5	7,2	10,8	48,4	85,6
dE	%	63,0	66,0	63,9	70,1	65,5	7,0	10,7	47,8	82,8
ME <i>in vivo</i> (GfE 2001)	MJ/ kg TM	8,81	9,16	8,68	9,57	8,97	0,96	10,7	6,66	11,34
Gasb.HFT	ml/200 mg TM	42,8	42,1	39,1	41,6	40,6	5,0	12,2	24,8	52,0
ELOS	g/kg TM	579	584	576	582	579	70	12,0	415	771

Wie auf Grund der Fragestellung in den einzelnen Versuchen zu erwarten war, sind die Daten durch eine große Streuung in den wesentlichen Kriterien gekennzeichnet (Gehalt an Rohprotein (141 ± 32 , von 77 bis 230 g XP/kg TM) und Gehalt an Faser (536 ± 73 , von 323 bis 706 g NDF/kg TM) sowie deren Verdaulichkeit ($64,9 \pm 7,5$, von 40,7 bis 80,6 % dXP; $65,0 \pm 8,6$, von 44,0 bis 84,9 % dNDF) und Energiekonzentration ($9,0 \pm 1,0$, von 6,7 bis 11,3 MJ ME/kg TM)). Dies ist auch an den hohen Varianzkoeffizienten (VK%) der angeführten Kriterien zu erkennen (22, 14, 8, 9 und 11 % für XP, NDF, dXP, dNDF und ME). Auch die *Abbildungen 2, 3 und 4* (Häufigkeitsdiagramme inklusive Parameter der deskriptiven Statistik) vermitteln einen Eindruck über den großen Streubereich des vorliegenden Datenmaterials hinsichtlich des Gehaltes an Rohnährstoffen, Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydraten sowie deren Verdaulichkeit und die *in vivo* bzw. *in vitro* ermittelte Energiekonzentration, das sich somit zur Ableitung von sachlichen Zusammenhängen mit Hilfe der Regressionsmethodik sehr gut eignet.

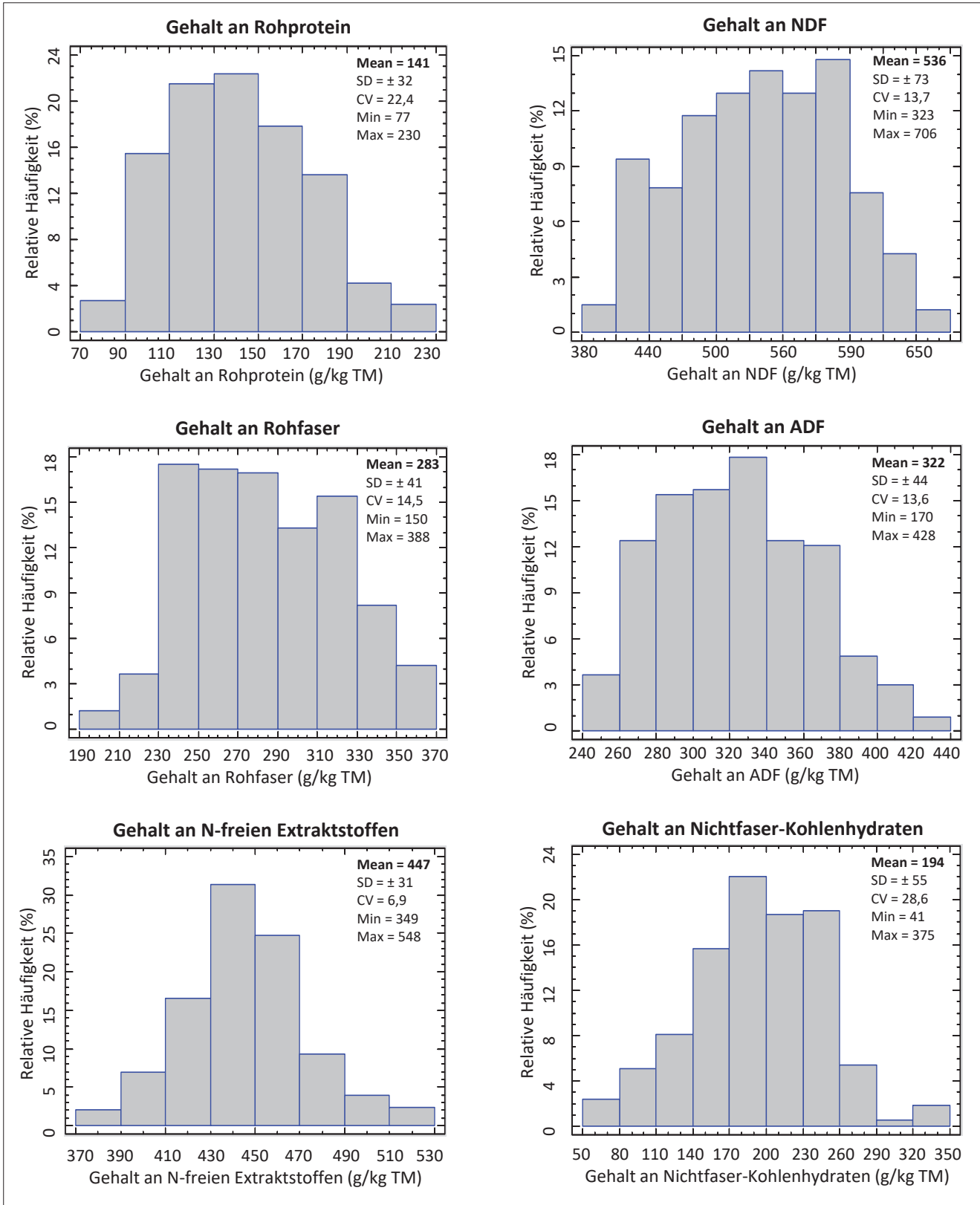


Abbildung 2: Häufigkeitshistogramm zum Gehalt an Rohnährstoffen, Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydraten

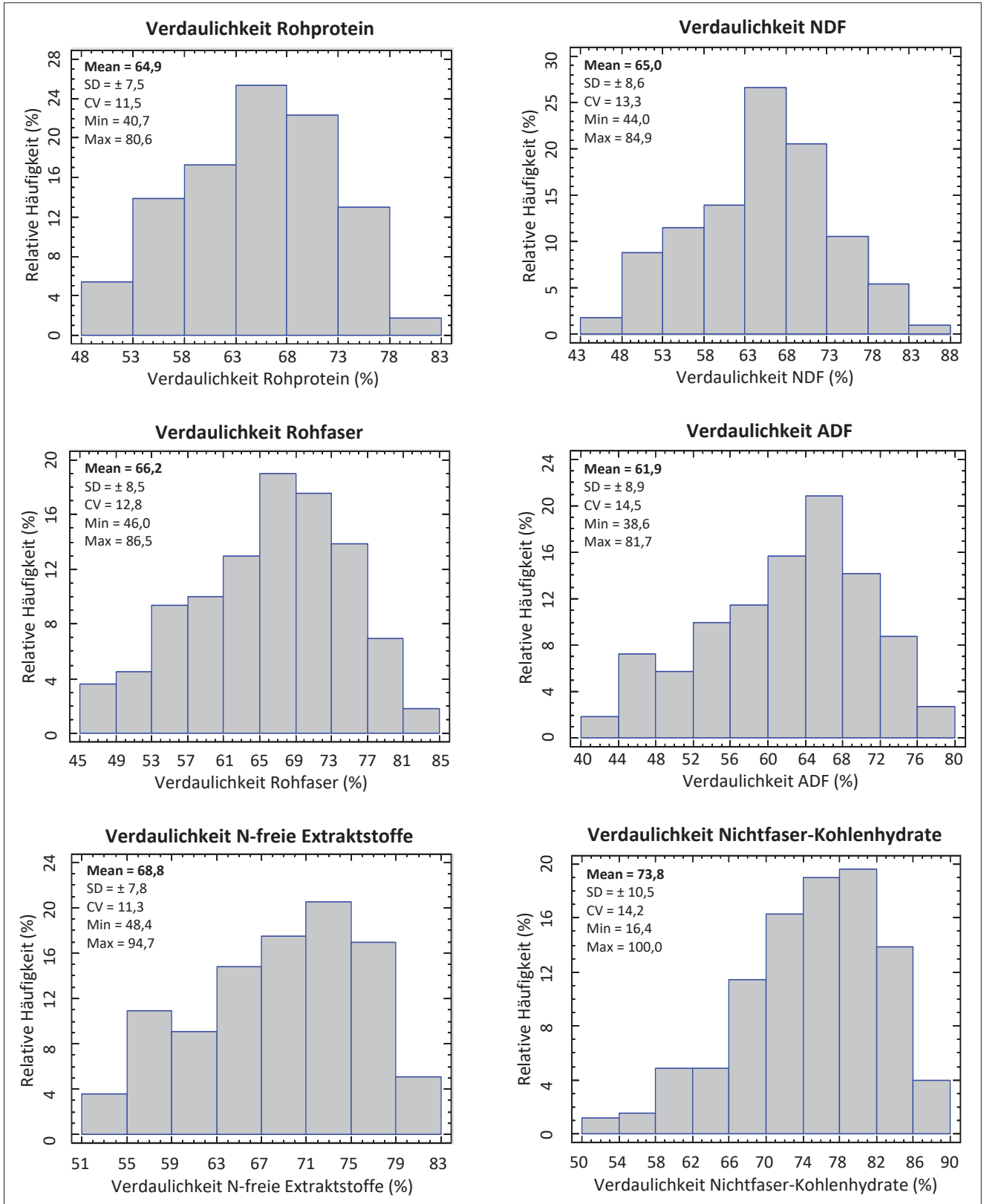


Abbildung 3: Häufigkeitshistogramm zur Verdaulichkeit der Rohnährstoffe, Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydrate

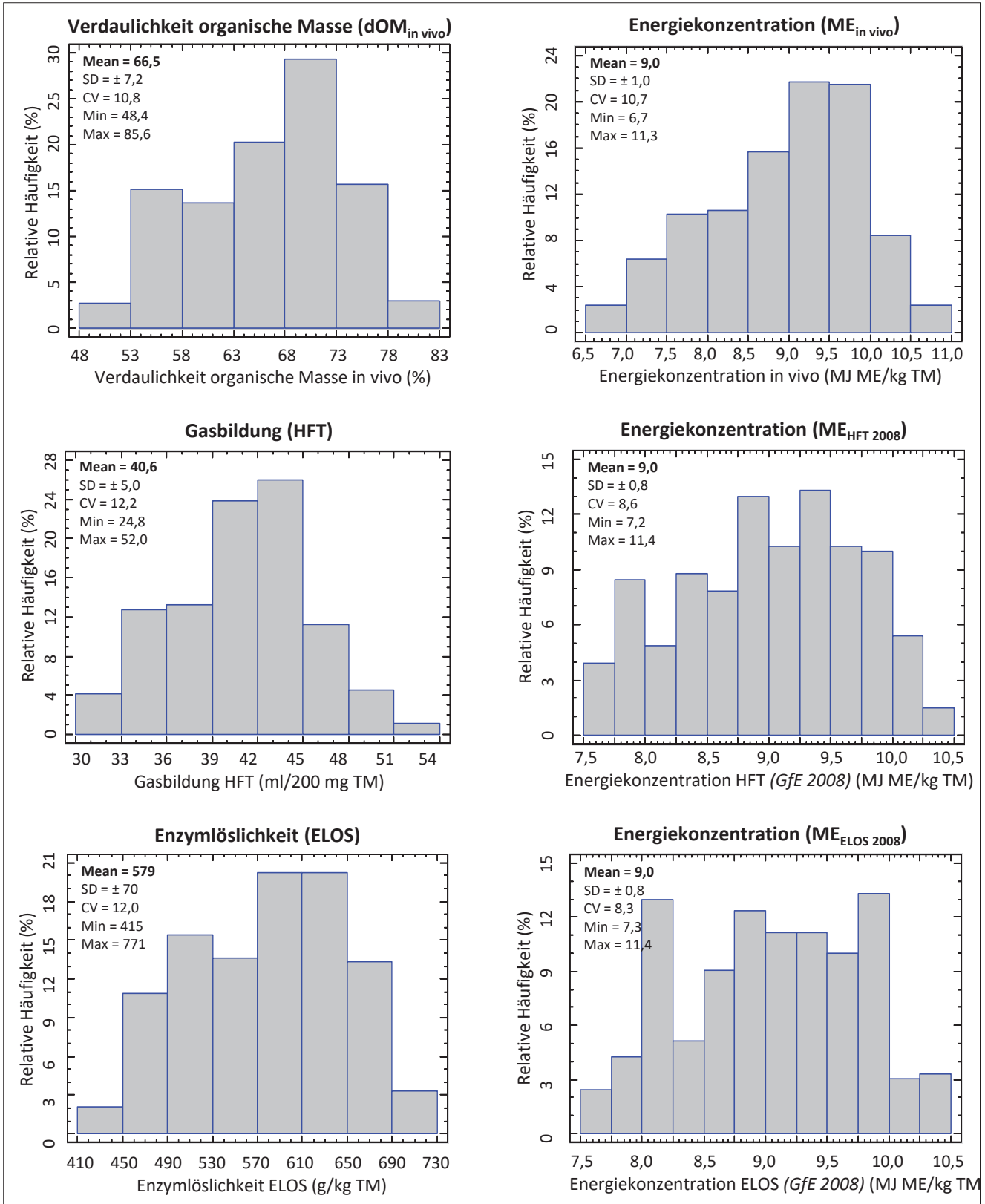


Abbildung 4: Häufigkeitshistogramm zur Verdaulichkeit der OM und Energiekonzentration (ME) sowie zu Ergebnissen der *in vitro*-Verdaulichkeitsmethoden (HFT, ELOS)

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Einfluss von Konservierung und Aufwuchs

Der Einfluss von Konservierung und Aufwuchs auf den Gehalt an Rohnährstoffen und Gerüstsubstanzen sowie auf deren Verdaulichkeit und die Energiekonzentration ist in *Tabelle 2* angeführt. Um eine Vergleichbarkeit der Behandlungen zu ermöglichen, wurde der Gehalt an Rohfaser (im Mittel 283 g/kg TM) als Kovariable konstant gehalten. Die Ergebnisse ohne Berücksichtigung der Kovariable „Rohfaser“ sind in GRUBER et al. (2021) angegeben. Mit Ausnahme der Gasbildung (Gb [HFT]) war der Einfluss der Konservierung in allen Kriterien des Nährstoffgehaltes und der Verdaulichkeit hoch signifikant ($P < 0,001$). Grünfutter wies einen höheren Proteingehalt auf als Silage oder Heu. Dagegen war der Gehalt an Rohasche bei Heu signifikant niedriger. Der multiple Mittelwertvergleich (Tukey HSD) ergab hinsichtlich der Verdaulichkeit der OM sowie der meisten Nährstoffe (Ausnahme dXL) und der Energiekonzentration signifikant höhere Werte für Grünfutter gegenüber den Konserven Silage und Heu, die sich statistisch nicht signifikant unterschieden. Dies ist eine Folge der Abbauprozesse und Verluste im Zuge der Konservierung, von der vor allem leicht lösliche Kohlenhydrate und Proteine betroffen sind (WOOLFORD 1984, McDONALD et al. 1991, GRUBER et al. 2017, KIENDLER et al. 2019). Eine zusammenfassende Auswertung von relevanten Futterwerttabellen (DLG 1997, DDR 1986, INRA 1989, RAP 1999, ÖAG 2017, Rosenau 2001; siehe Abschnitt 3.4.) ergibt für Grünfutter, Silage und Heu mittlere Energiegehalte von 9,73, 9,61 und 9,26 MJ ME/kg TM, wenn der Gehalt an Rohfaser als Kovariable konstant gehalten wird, d. h. der Einfluss des Vegetationsstadiums ausgeschaltet wird. Daraus sind gegenüber Grünfutter gewisse Konservierungsverluste zu erkennen, die natürlich stark vom Produktionsmanagement und damit vom Konservierungserfolg abhängen.

Auch der Einfluss des Aufwuchses erwies sich in den meisten Kriterien als hoch signifikant, wobei sich vor allem der 1. Aufwuchs von den weiteren Aufwüchsen abhob. (Der Aufwuchs „1.6“ in *Tabelle 1* bedeutet eine Mischung mehrerer Aufwüchse (im Mittel 40 % 1. Aufwuchs und 60 % Folgeaufwüchse), da im Projekt GRUBER et al. (2006) in Folge eines mehrfaktoriellen Versuchsdesigns (Nutzung, Düngung, Standort) die Prüfung einzelner Aufwüchse aus Kapazitätsgründen nicht möglich war). Der 1. Aufwuchs wies tendenziell ($P = 0,097$) einen geringeren Gehalt an XP auf, bei einem höheren Gehalt an NDF, ADF und besonders an ADL ($P < 0,001$). Dennoch erreichte daher der 1. Aufwuchs – bei konstantem Gehalt an XF – eine höhere Verdaulichkeit der OM (68,9 vs. 66,9 %) und Energiekonzentration (9,42 vs. 9,01 MJ ME) gegenüber den Folgeaufwüchsen. In den verschiedenen zitierten Futterwerttabellen finden sich häufig für die Folgeaufwüchse (≥ 2 . Aufwuchs) eine höhere Verdaulichkeit und Energiekonzentration, da Folgeaufwüchse häufig in einem früheren Vegetationsstadium geerntet werden als der 1. Aufwuchs. Ein Vergleich bei gleichem Rohfasergehalt weist jedoch höhere Werte für den 1. Aufwuchs auf, und zwar 9,69 vs. 9,38 MJ ME/kg TM im Mittel der 6 angesprochenen Futterwerttabellen (DLG 1997, DDR 1986, INRA 1989, RAP 1999, ÖAG 2017, Rosenau 2001), während bei dem tatsächlich gegebenen Gehalt an Rohfaser einen Energiegehalt von 9,55 bzw. 9,50 MJ ME/kg TM errechnet wurde.

PÖTSCH und RESCH (2005) haben in einer Übersichtsarbeit den Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Nährstoffgehalt von Grünlandfutter eingehend diskutiert. Demnach entscheiden vor allem die Nutzung, die Düngung, der Pflanzenbestand und der Standort über den Nährstoffgehalt, wobei zwischen diesen Faktoren vielseitige Wechselwirkungen bestehen. RESCH (2021) sowie RESCH und STÖGMÜLLER (2019) haben die Qualität von Silagen und Heu aus Grünlandbetrieben in Österreich auf der Basis von Gemeinschaftsprojekten der Landwirtschaftskammern, des Futtermittel-labors Rosenau und der HBLFA Raumberg-Gumpenstein über mehrere Jahre hindurch untersucht. Im Mittel der Jahre von 2003 bis 2020 lag bei Grassilagen die dOM bei

Tabelle 2: Gehalt an Nährstoffen, Verdaulichkeit und Energiekonzentration in Abhängigkeit von Konservierung und Aufwuchs bei konstant gehaltenem Rohfaser-Gehalt (XF = 283 g/kg TM, n = 331)

Kriterium	Einheit	Konservierung			Aufwuchs			Statistische Parameter				
		Grünfutter	Silage	Heu	1	1.6	2	≥3	RMSE	P _{kons.}	P _{Aufw.}	R ²
Gehalt an Nährstoffen												
Rohprotein (XP)	g/kg TM	170 ^a	140 ^b	135 ^b	144	147	151	151	16,9	<0,001	0,097	71,5
Rohfett (XL)	g/kg TM	22 ^a	34 ^b	21 ^a	25 ^b	26 ^b	26 ^b	24 ^a	2,9	<0,001	<0,001	53,7
Rohfaser (XF)	g/kg TM	283	283	283	283	283	283	283	-	-	-	-
N-fr. Extraktst. (XX)	g/kg TM	410 ^a	427 ^a	464 ^a	449 ^c	417 ^a	433 ^b	435 ^b	24,1	<0,001	<0,001	39,3
Rohasche (XA)	g/kg TM	116 ^b	116 ^b	97 ^a	99 ^a	126 ^c	107 ^b	107 ^b	13,5	<0,001	<0,001	53,7
Kohlenhydrate (CHO)	g/kg TM	693 ^a	710 ^a	747 ^b	732 ^c	700 ^a	716 ^b	718 ^b	24,1	<0,001	<0,001	73,5
NDF	g/kg TM	577 ^a	487 ^c	534 ^b	547 ^c	520 ^a	529 ^{ab}	534 ^{bc}	25,4	<0,001	<0,001	88,0
ADF	g/kg TM	336 ^b	315 ^a	320 ^a	330 ^b	318 ^a	322 ^a	324 ^{ab}	14,9	<0,001	<0,001	88,4
ADL	g/kg TM	43 ^b	40 ^{ab}	37 ^a	37 ^a	42 ^b	40 ^b	41 ^b	5,6	<0,001	<0,001	63,0
Hemizellulose (HEM)	g/kg TM	242 ^a	163 ^b	210 ^c	228 ^a	202 ^b	204 ^b	185 ^c	31,8	<0,001	<0,001	25,1
Zellulose (ZEL)	g/kg TM	295 ^a	263 ^b	279 ^b	309 ^a	277 ^b	278 ^b	251 ^c	33,1	<0,001	<0,001	21,3
Nichtfaser-KH (NFC)	g/kg TM	116 ^a	223 ^b	213 ^b	186	180	187	184	29,5	<0,001	0,502	71,7
Verdaulichkeit der Nährstoffe und Energiekonzentration												
Rohprotein (dXP)	%	72,8 ^a	61,4 ^b	62,2 ^b	65,5 ^b	67,6 ^c	65,8 ^{bc}	62,9 ^a	4,4	<0,001	<0,001	65,3
Rohfett (dXL)	%	23,5 ^a	50,8 ^c	27,9 ^b	39,3 ^b	36,7 ^b	34,8 ^b	25,5 ^a	10,7	<0,001	<0,001	37,8
Rohfaser (dXF)	%	73,0 ^a	67,2 ^b	64,6 ^b	68,9	67,8	67,9	68,3	5,8	<0,001	0,749	52,7
N-fr. Extraktst. (dXX)	%	71,7 ^a	67,1 ^b	68,2 ^b	71,3 ^a	68,5 ^b	68,9 ^b	67,2 ^b	3,9	<0,001	<0,001	75,0
Kohlenhydrate (dCHO)	%	72,3 ^a	67,1 ^b	66,9 ^b	70,5 ^b	68,2 ^a	68,6 ^{ab}	67,8 ^a	4,2	<0,001	0,010	70,3
dNDF	%	72,0 ^a	64,5 ^b	63,8 ^b	68,8 ^b	65,2 ^a	66,7 ^{ab}	66,3 ^{ab}	5,3	<0,001	0,002	62,3
dADF	%	68,5 ^a	62,6 ^b	60,8 ^b	67,0 ^a	62,0 ^b	63,6 ^b	63,2 ^b	5,7	<0,001	<0,001	58,8
dADL	%	-6,7 ^a	-14,9 ^{ab}	-17,6 ^b	-9,4	-14,7	-12,1	-16,2	16,2	<0,001	0,166	16,2
Hemizellulose (dHEM)	%	76,4 ^a	69,4 ^b	68,8 ^b	68,5 ^a	69,7 ^a	72,0 ^{ab}	76,0 ^b	7,7	<0,001	<0,001	23,0
Zellulose (dZEL)	%	78,9 ^a	75,7 ^{ab}	71,6 ^b	72,9 ^a	73,0 ^a	74,7 ^a	81,0 ^b	8,4	<0,001	<0,001	21,4
Nichtfaser-KH (dNFC)	%	69,9 ^a	71,0 ^{ab}	73,5 ^b	73,9 ^{bc}	74,4 ^c	69,6 ^{ab}	67,8 ^a	8,7	0,039	<0,001	31,5
Trockenmasse (dTM)	%	67,8 ^a	62,9 ^b	63,1 ^b	63,8 ^{ab}	62,0 ^a	65,0 ^{bc}	67,8 ^c	6,1	<0,001	<0,001	21,7
Organ. Masse (dOM)	%	71,2 ^a	65,7 ^b	65,4 ^b	68,9 ^b	67,3 ^{ab}	67,4 ^{ab}	66,0 ^a	3,8	<0,001	0,006	72,2
Energie (dE)	%	69,7 ^a	67,1 ^{ab}	65,0 ^b	65,1 ^a	66,2 ^a	67,1 ^a	70,7 ^b	6,5	<0,001	<0,001	14,5
ME <i>in vivo</i> (GfE 2001)	MJ /kg TM	9,51 ^a	8,94 ^b	8,88 ^b	9,42 ^a	8,95 ^b	9,15 ^b	8,93 ^b	0,53	<0,001	<0,001	6,99
Gasbildung HFT	ml/200 mg TM	41,0	40,1	41,1	43,8 ^c	38,9 ^a	41,1 ^b	39,1 ^{ab}	3,8	0,689	<0,001	42,9
ELOS	g/kg TM	583 ^a	626 ^b	571 ^a	599 ^{ab}	602 ^b	591 ^{ab}	580 ^a	33,1	<0,001	0,006	77,4

73,3 ± 2,7 % und die Energiekonzentration bei 10,2 ± 0,5 MJ ME (1. Aufwuchs, n = 3.114), bestimmt auf Basis der *in vitro*-Methodik nach TILLEY und TERRY (1963). Die Energiekonzentration der zweiten (n = 140) und Folgeaufwüchse (n = 111) betrug 9,5 ± 0,3 bzw. 9,7 ± 0,4 MJ ME/kg TM. Die Heuproben ergaben für die Aufwüchse 1, 2, 3 und ≥4 durchschnittliche ME-Gehalte von 9,6 ± 0,7 MJ, 9,4 ± 0,5 MJ, 9,7 ± 0,4 MJ bzw. 9,7 ± 0,5 MJ/kg TM (n = 1.468, 1.105, 435 bzw. 183, Untersuchungsjahre 2007 bis 2018). Die Energiekonzentration lag im vorliegenden Projekt im Durchschnitt auf etwas niedrigerem Niveau, bedingt durch die systematische und zum Teil extreme Versuchsanstellung. Weiters kann davon ausgegangen werden, dass die Proben aus den Silage- und Heu-Projekten nicht in jedem Fall repräsentativ für die gesamte Situation in Österreich sind, sondern zum Teil überdurchschnittlich, da Futteranalysen eher gut geführte Betriebe beanspruchen.

3.2 Zusammenhänge zwischen Rohfaser und den Gerüstsubstanzen

In *Abbildung 5* (links) ist die Verdaulichkeit der OM in Abhängigkeit vom Gehalt an ADF dargestellt, und zwar gegliedert nach den Hauptfaktoren Konservierung, Aufwuchs und Versuch. Es zeigen sich deutliche Zusammenhänge zwischen ADF und dOM sowie auch Einflüsse der Versuchsfaktoren. Jedoch ist auch die relativ große Streuung aus der Darstellung der Punktwolke ersichtlich. In *Abbildung 5* (rechts) sind die Zusammenhänge zwischen dem Gehalt an Rohfaser und dem Gehalt an Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) dargestellt. Es zeigen sich sehr enge Beziehungen, besonders zwischen Rohfaser und ADF ($R^2 = 84,4\%$), was sich aus der Analysen-Methodik ergibt (VAN SOEST 1994). Die Beziehung zwischen Rohfaser und NDF ist etwas schwächer ($R^2 = 77,4\%$), was auf botanische Unterschiede zwischen den einzelnen Proben aus den Dauerwiesenbeständen hinweist. Bekanntlich unterscheiden sich NDF und Rohfaser vor allem durch den Gehalt an Hemizellulose, die bei der Analyse der Rohfaser in Lösung geht. Einzelne botanische Arten bzw. Gruppen wie Gräser, Leguminosen oder Kräuter unterscheiden sich im Gehalt an Hemizellulose (VAN SOEST 1994). Die Beziehung zwischen Rohfaser und ADL weist das geringste Bestimmtheitsmaß auf ($R^2 = 57,2\%$), was erstens für die Notwendigkeit der Analyse der Gerüstsubstanzen über die Rohfaser hinaus spricht und zweitens aufzeigt, dass die Lignifizierung der einzelnen Proben auch bei Berücksichtigung des Fasergehaltes recht unterschiedlich sein kann.

Zwischen dem Gehalt an Faser (XF, NDF, ADF) und der Verdaulichkeit der OM bestehen stark negative Beziehungen (*Abbildung 6* links). Dies ist durch die eingangs beschriebene Lignifizierung der Gerüstsubstanzen bedingt. Lignin ist unverdaulich und durch seine chemische Komplexbildung mit Hemizellulose sowie durch die physikalische Inkrustierung der Faserkohlenhydrate verantwortlich für den Rückgang der Verdaulichkeit mit fortschreitender Vegetationsdauer (VAN SOEST 1967). Erstaunlicher Weise ist der negative Zusammenhang zwischen Rohfaser und dOM enger als zwischen NDF und dOM ($R^2 = 61,4$ vs. $42,5\%$). ADF und ADL (nicht dargestellt) weisen eine stärkere Beziehung zur Verdaulichkeit auf als NDF (jeweils $R^2 = 51,2\%$), jedoch etwas schwächer als Rohfaser. Auch VAN SOEST (1994) weist darauf hin, dass die Nutzung von ADF als Schätzer für die Verdaulichkeit nicht auf theoretischer Basis, sondern nur auf statistischer Beziehung beruht.

Um den Einfluss verschiedener Gerüstsubstanzen auf die Vorhersage-Genauigkeit der Verdaulichkeit der OM genauer zu prüfen, wurden auf Basis des vollständigen statistischen Modells (unter Berücksichtigung der fixen Effekte „Konservierung“ und „Aufwuchs“ sowie des zufälligen Effektes „Versuch“) die einzelnen Gerüstsubstanzen (und einige ihrer Kombinationen) statistisch bezüglich des Restfehlers (Root Mean Square Error, RMSE) und des Bestimmtheitsmaßes (R^2) untersucht. Gemessen an diesen Parametern zeigt sich, dass sich die Gerüstsubstanzen in ihrer Vorhersage-Genauigkeit der Verdaulichkeit der OM kaum unterscheiden, wie auch schon bei den einfachen linearen Beziehungen (*Abbildung 5*) zu erkennen war. Von den einzeln geprüften Variablen schneidet ADF (RMSE = 3,68 %, $R^2 = 73,9\%$) am günstigsten ab und ADL am ungünstigsten, allerdings – wie

Tabelle 3: Einfluss verschiedener Gerüstsubstanzen auf die Vorhersagegenauigkeit der Verdaulichkeit der OM

	XF	NDF	ADF	ADL	HEM	ZEL	NDF ADL	ADF ADL	NDF ADF ADL	NDF ADL/NDF	NDF ADL/ADF	NDF ADL/HEM	NDF ADL/ZEL
RMSE	3,80	3,73	3,68	3,84	5,16	4,19	3,11	3,23	3,08	3,11	3,11	3,11	3,11
R ²	72,2	73,2	73,9	71,6	48,7	66,2	81,4	80,0	81,7	81,4	81,4	81,4	81,4

bereits ausgeführt – mit sehr geringen Unterschieden. Deutlich ungenauer sind die errechneten Variablen Zellulose (ZEL; ADF minus ADL) und besonders Hemizellulose (HEM; NDF minus ADF). Dagegen erhöht die Berücksichtigung von NDF bzw. ADF gemeinsam mit ADL die Vorhersage-Genauigkeit einigermaßen und R² steigt auf über 80 %. Dabei spielt es keine Rolle, ob ADL als einzelner Wert oder als Quotient von NDF, ADF, HEM oder ZEL eingesetzt wird.

Da mit fortschreitender Vegetationsdauer im Wiesenfutter der Gehalt an Faser zunimmt, deren Verdaulichkeit in Folge von Ligifizierung noch dazu stark abnimmt, ist die Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen von grundlegender Bedeutung für die Energielieferung aus diesem Futter. Dem tragen auch neuere Entwicklungen der Futterbewertung Rechnung, welche die Abbaubarkeit und Abbaurrate im Pansen sowie die Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen im gesamten Verdauungstrakt berücksichtigen (z. B. HUHTANEN et al. 2008; GOESER und COMBS 2009; COMBS 2013). *Abbildung 6* (rechts) zeigt diese sehr engen Zusammenhänge zwischen Verdaulichkeit der OM und der Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen. Diese sind am deutlichsten bei NDF (R² = 89,0 %), gefolgt von XF (R² = 86,4 %) sowie ADF (R² = 86,1 %) und – nicht dargestellt – ADL (R² = 0,4 %). VAN SOEST (1994) weist darauf hin, dass nicht so sehr der Gehalt an den Fraktionen der Gerüstsubstanzen die Verfügbarkeit der Nährstoffe bestimmt, sondern deren Verbindungen untereinander. Wie auch schon hinsichtlich des Gehaltes sind auch die Zusammenhänge zwischen der Verdaulichkeit von XF und jener von NDF (R² = 91,6 %) und ADF (R² = 87,5 %) sehr eng (nicht dargestellt).

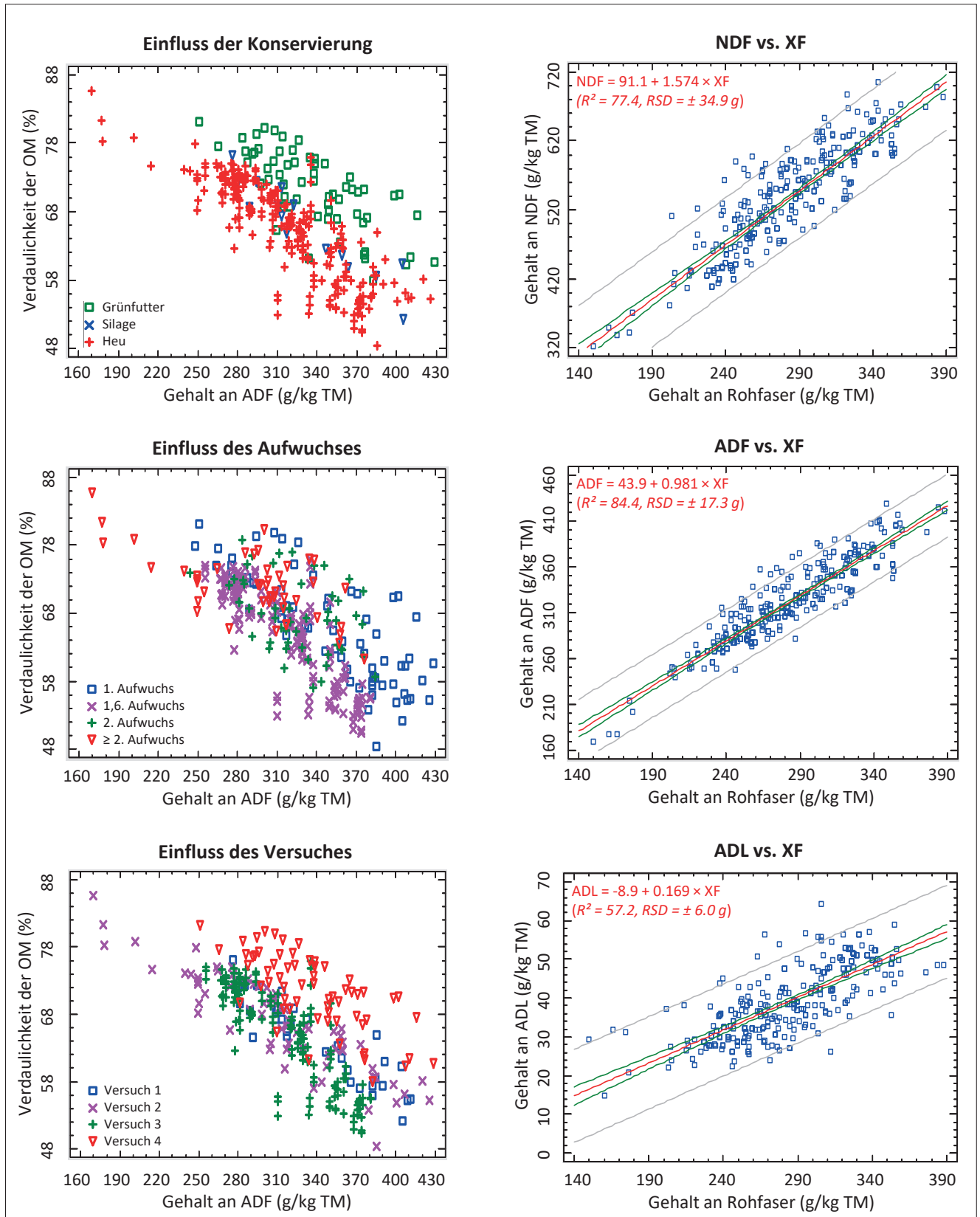


Abbildung 5: Einfluss der Effekte von Konservierung, Aufwuchs und Versuch auf die Verdaulichkeit der OM sowie Beziehungen der Rohfaser zu NDF, ADF und ADL

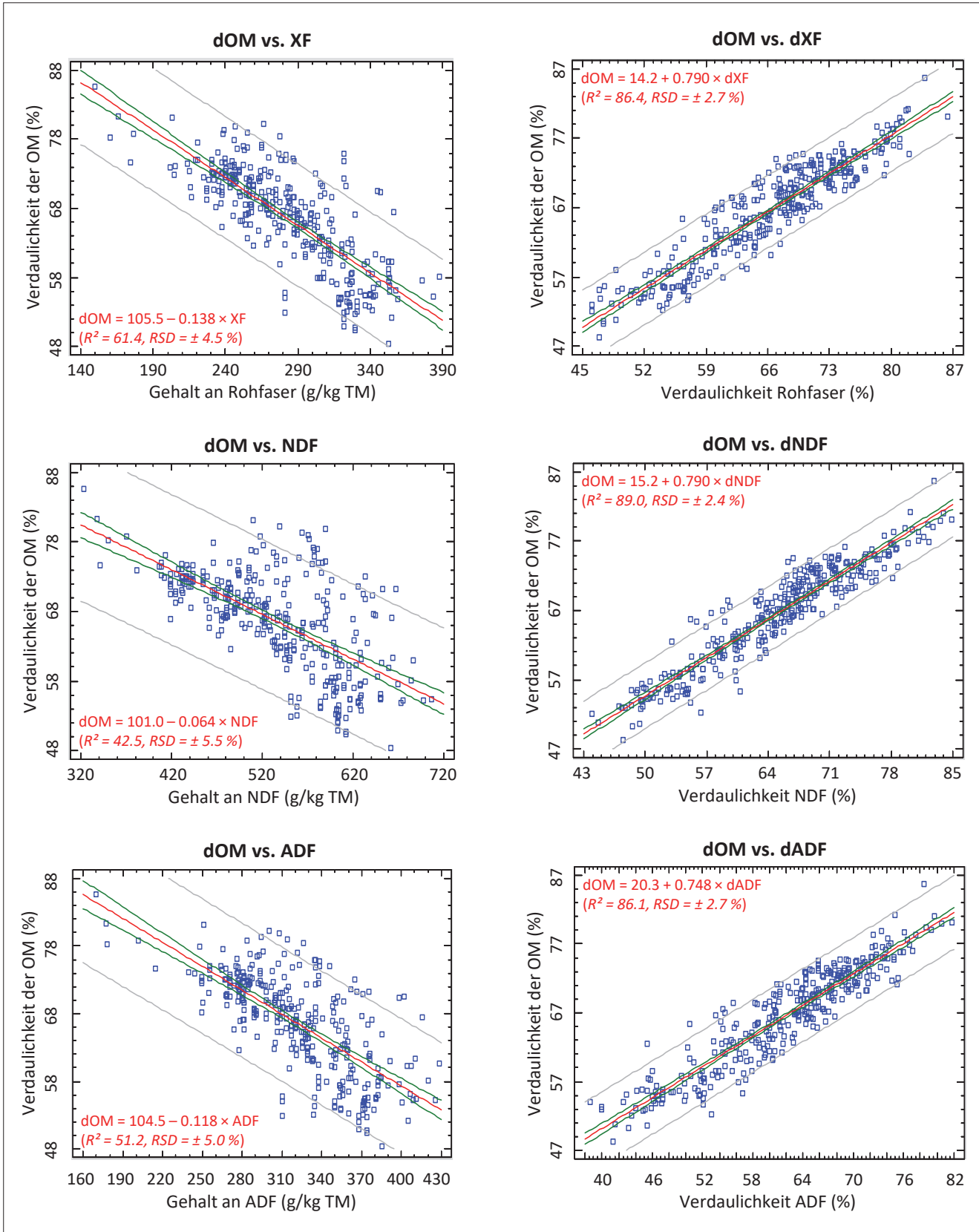


Abbildung 6: Beziehungen zwischen Verdaulichkeit der OM und dem Gehalt bzw. der Verdaulichkeit an Rohfaser, NDF und ADF

JUNG und DEETZ (1993) haben ein Modell der Lignifizierung und der Abbaubarkeit von Zellwänden entwickelt, welches der Zusammensetzung und den vielfältigen Bindungsarten zwischen den Molekülen Rechnung trägt. Die Grundzüge dieses Modells sind in *Abbildung 7* dargestellt. Lignin-Polymere sind in der Primärzellwand über Ether-Bindungen der Ferulasäure mit Arabinoxylan verankert. Die Ferulasäure ist dabei mit dem Arabinose-Substituent des Arabinoxylans verestert. Die Primärzellwand enthält mehr verzweigte Lignin-Polymere, die einen hohen 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 (mit hohem Syringyl-Anteil) 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 und DEETZ 1993). Während der Vegetation ändert sich sowohl die Zusammensetzung der phenolischen Monomere (p-Cumarsäure/Ferulasäure) als auch der Anteil der Phenylpropane (Cumaryl-, Coniferyl- und Sinapyl-Alkohol) im Lignin. Die p-Cumarsäure wirkt sich nachteiliger auf die Abbaubarkeit der Zellwand aus als die Ferulasäure (JUNG 1989). Das Nichtkern-Lignin vermindert die Verdaulichkeit in zweifacher Weise:

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. Es ist davon auszugehen, dass die Ferulasäure, die mit Arabinoxylan verestert ist, als Ausgangspunkt für die Lignin-Polymerisation agiert. Das phenolische Hydroxyl der Ferulasäure geht eine Etherbindung mit den Vorläufern der Phenylpropan-Alkohole

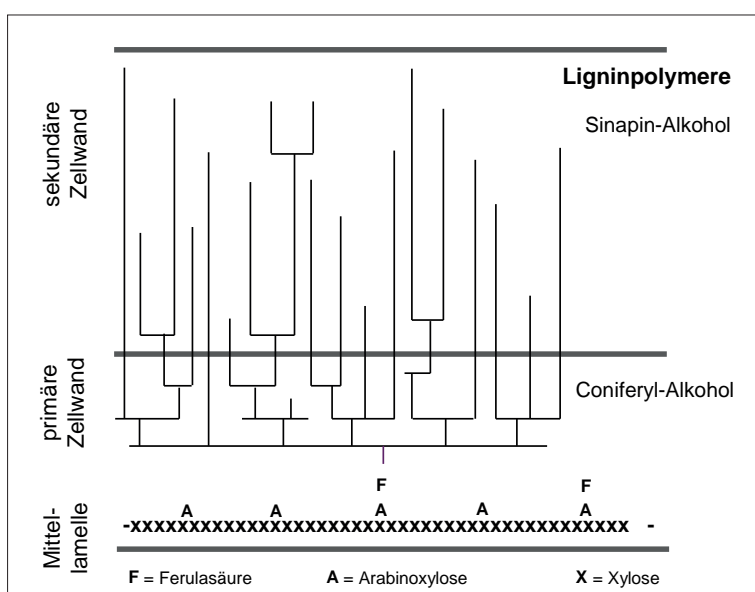


Abbildung 7: Modell der Zellwand-Lignifizierung (aus GRUBER 2009, nach JUNG und DEETZ 1993)

ein. Der Arabinoxylan-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 Arabinoxylan, womit die stärkere Verdauungsdepression in der Primärzellwand zu erklären ist, weil durch diese Quervernetzung die räumliche Behinderung der Enzyme gegeben 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 Zellwandlignifizierung 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 Riesemolekül mit kovalenten Bindungen, die von β -Glukanen über Xylan und Araban 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. Auch ÅMAN (1993) bezeichnet die komplexe dreidimensionale Struktur der Zellwand als entscheidender für deren Eigenschaften als die einzelnen Komponenten. Die mikrobiellen und molekular-biochemischen Mechanismen des Zellwandabbaues wurden von WEIMER (1993) beschrieben. Wesentliche Aspekte aus der Sicht der Mikrobiologie sind die Adhäsion der Mikroben an die Faserpartikel, die Wechselwirkungen und Wechselbeziehungen unter den Mikroben und die Enzymologie der Verdauungsvorgänge. Für den Abbau der Zellwand und den Zugang der Verdauungsenzyme ist die Verminderung der Partikelgröße wichtig sowie die Kinetik der Verdauung und Futterpassage durch den Verdauungstrakt. Einen wichtigen Einfluss übt auch das Fütterungsmanagement aus (GLENN und WALDO 1993).

In *Abbildung 8* sind die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe (dXP, dXL, dXF, dXX) sowie der Gerüstsubstanzen (dNDF) und Nichtfaser-Kohlenhydrate (dNFC) in Abhängigkeit vom Gehalt an Rohfaser dargestellt. Daraus geht hervor, dass die Verdaulichkeiten der Nährstoffe pro g Rohfaser (in der TM) um 0,10 bis 0,16 Prozent-Punkte zurückgehen. Allerdings weisen die Beziehungen deutliche Streuungen auf (6 bis 13 % relativ zum Mittelwert, Ausnahme dXL mit 44 %) und die Bestimmtheitsmaße (R^2) liegen im Bereich von 10 bis 69 %. Daher wurden in einem weiteren Schritt die Gehalte und Verdaulichkeiten in einem GLM-Modell unter Berücksichtigung des fixen Effektes von Konservierung und des zufälligen Effektes des Versuches sowie der Regressionsvariablen Aufwuchs und Rohfaser statistisch analysiert. Der Effekt des Aufwuchses wurde als Regressionsvariable (und nicht als fixer Effekt) modelliert, um Mischsilagen (sog. Sandwich-Silagen aus mehreren Aufwüchsen) entsprechend ihren TM-Verhältnissen treffsicher abschätzen zu können. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 4* angeführt. Durch die Anwendung dieses statistischen Modells wurden nicht so sehr die Werte der Regressionskoeffizienten verändert, was dafür spricht, dass sie unabhängig von der Konservierungsform gelten, sondern vor allem deren statistische Wahrscheinlichkeit erhöht bzw. deren Schätzfehler verringert. So betragen die R^2 für dOM, dXP, dXF bzw. dNDF im einfachen linearen Modell (*Abbildung 6* und *8*) 61,4 %, 40,5 %, 36,6 % bzw. 42,4 %, im umfangreicheren Modell (*Tabelle 4*) dagegen 72,1 %, 62,2 %, 52,9 % bzw. 61,3 %, verbunden mit einer deutlichen Verringerung des Restfehlers. Die Beziehungen zwischen Rohfaser und auch den Inhaltsstoffen wurden angeführt, weil sie als Grundlage für Modellrechnungen zum Einfluss des Vegetationsstadiums auf den Futterwert von Wiesenfutter dienen können.

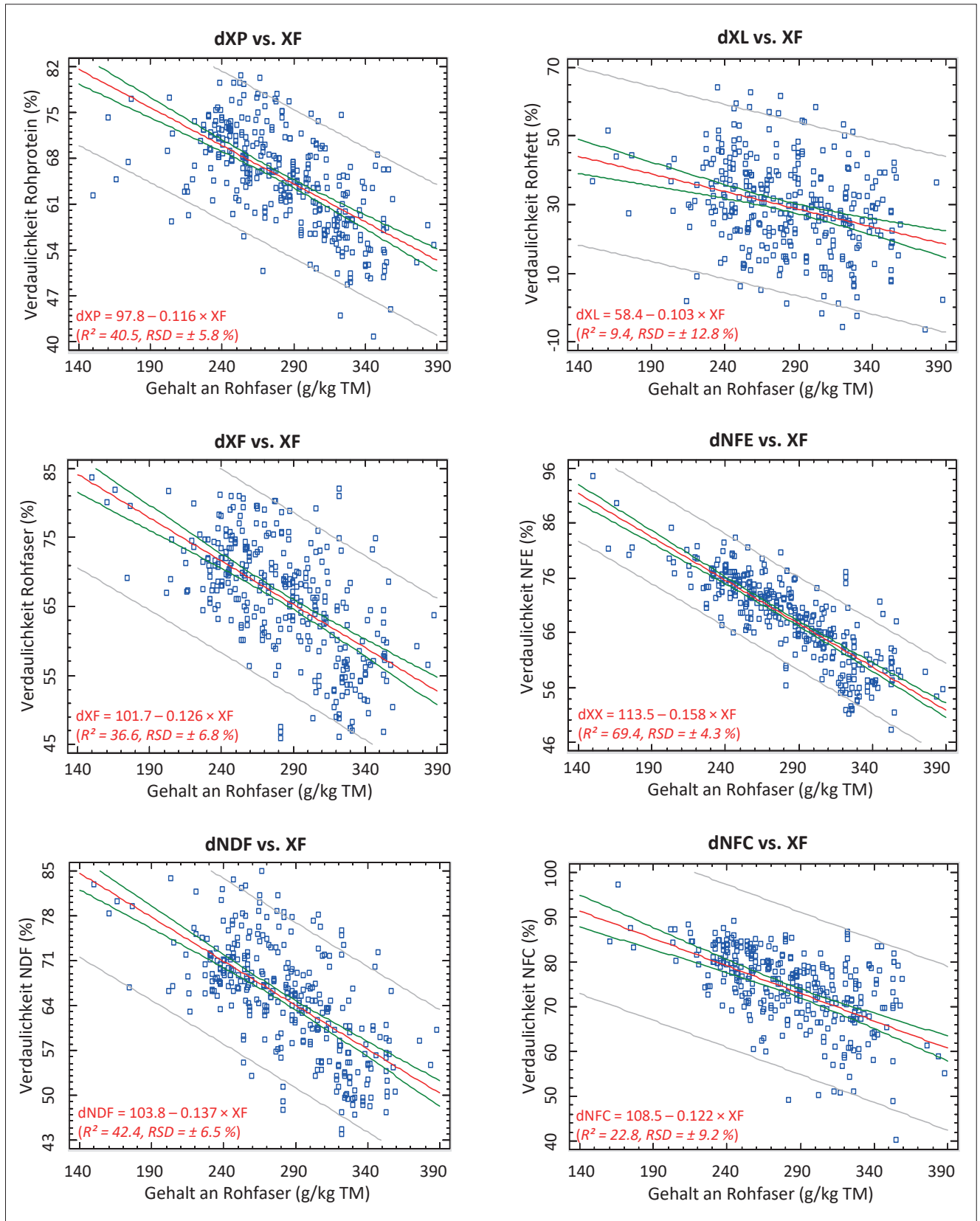


Abbildung 8: Beziehungen zwischen dem Gehalt an Rohfaser und der Verdaulichkeit der Rohnährstoffe (dXP, dXL, dXF, dXX) sowie der Verdaulichkeit von NDF und NFC

Tabelle 4: Regressionsgleichungen zur Bestimmung von Gehalt und Verdaulichkeit an Nährstoffen sowie der Energiekonzentration in Abhängigkeit von Konservierung, Aufwuchs und Gehalt an Rohfaser (n = 331) ¹⁾

Inhaltsstoff	LS-Mean	Fixer Effekt von			Regressionskoeffizienten		Statistische Parameter		
		Grünfutter	Silage	Heu	b _{Aufwuchs}	b _{XF}	RMSE	RMSE%	R ²
Gehalt an Nährstoffen (g/kg TM) und Bruttoenergie (MJ GE/kg TM)									
XP	147,9	21,3	-7,7	-13,6	7,59	-0,537	16,9	11,4	71,7
XL	25,3	-3,9	7,9	-4,0	0,038	-0,0478	3,0	11,8	51,1
XX	435,3	-18,7	-1,5	20,2	-14,98	-0,171	26,0	6,0	29,7
XA	108,4	1,3	1,3	-2,6	7,35	-0,244	16,5	15,2	30,9
CHO	718,3	-18,7	-1,5	20,2	-14,98	0,829	26,0	3,6	69,3
NDF	534,0	48,2	-41,9	-6,3	-15,19	1,543	26,4	4,9	87,0
ADF	324,6	14,0	-7,1	-6,9	-6,90	0,963	15,2	4,7	87,9
ADL	39,8	2,1	-0,6	-1,5	3,41	0,179	5,7	14,4	61,1
HEM	209,5	34,2	-34,8	0,6	-8,29	0,580	23,2	11,1	60,3
ZEL	284,7	11,9	-6,5	-5,4	-10,31	0,784	15,1	5,3	83,6
NFC	184,3	-66,9	40,4	26,5	0,212	-0,714	29,5	16,0	71,7
GE	17,850	0,026	0,104	-0,130	-0,0792	0,0024	0,307	1,7	15,7
Verdaulichkeit der Nährstoffe und Energie (%) sowie Energiekonzentration (MJ/kg TM)									
dXP	65,42	6,70	-4,63	-2,06	-0,903	-0,118	4,60	7,0	62,2
dXL	34,61	-11,36	16,33	-4,97	-8,267	-0,133	10,96	31,7	34,2
dXF	68,30	4,90	-0,96	-3,94	-0,767	-0,128	5,82	8,5	52,9
dXX	69,22	2,86	-1,64	-1,22	-0,903	-0,118	4,60	7,0	62,2
dOM	67,56	3,79	-1,60	-2,19	-2,083	-0,144	3,81	5,6	72,1
dCHO	68,95	3,64	-1,40	-2,24	-2,123	-0,155	4,25	6,2	70,2
dNDF	66,99	5,69	-1,78	-3,91	-2,144	-0,143	5,36	8,0	61,3
dADF	64,26	5,07	-0,71	-4,36	-3,474	-0,147	5,84	9,1	57,4
dADL	-12,65	6,73	-1,12	-5,61	-4,255	0,116	16,21	-128,2	15,9
dHEM	70,79	6,23	-3,12	-3,11	-0,250	-0,135	5,83	8,2	56,1
dZEL	74,57	5,16	-0,80	-4,36	-1,999	-0,164	5,87	7,9	61,7
dNFC	71,58	-2,34	-1,24	3,58	-5,048	-0,136	8,78	12,3	29,7
dE	66,57	3,63	-1,36	-2,27	-2,128	-0,139	3,74	5,6	71,4
ME	9,145	0,442	-0,106	-0,336	-0,3500	-0,0188	0,539	5,9	68,5
NEL	5,371	0,312	-0,085	-0,227	-0,2476	-0,0134	0,367	6,8	70,2

¹⁾ Allgemeine Form der Gleichung:

$$y = \text{LS-Mean} + \text{Effekt}[\text{Konservierung}] + \text{Regressionskoeffizient} [\text{Aufwuchs}] \times (\text{Aufwuchs} - 1,596) + \text{Regressionskoeffizient} .[\text{Rohfaser}] \times (\text{Rohfaser} - 283,0)$$

Beispiel: dOM = Grünfutter, 2. Aufwuchs, 250 g Rohfaser

$$d\text{OM} = 67,56 + 3,79 + (-2,083) \times (2 - 1,596) + (-0,144) \times (250 - 283,0) = 75,26 \%$$

3.3 Nutzung von *in vitro*-Verdaulichkeitsmethoden

Da die Ermittlung der Verdaulichkeit *in vivo* in Folge des hohen Aufwandes auf wissenschaftliche Experimente beschränkt ist und für Untersuchungen von Praxisproben nicht in Frage kommt, wurden sog. *in vitro*-Verdaulichkeitsmethoden entwickelt, die über die chemische Analyse hinaus eine treffendere Bestimmung des Futterwertes erlauben (z. B. TILLEY und TERRY 1963, DE BOEVER et al. 1988, MENKE und STEINGASS 1988, WEISS 1994, JONES und THEODOROU 2000). Dies wird durch die Fermentation der Futterprobe mit Enzymen oder Pansensaft erreicht. An den in der vorliegenden Untersuchung *in vivo* geprüften Futtermitteln wurden auch die *in vitro*-Methoden „Hohenheimer Futterwert-

Test“ (MENKE und STEINGASS 1988; HFT) und „Enzymlöslichkeit“ (DE BOEVER et al. 1988; ELOS) angewendet und ihre Schätzgenauigkeit an den *in vivo* ermittelten Werten validiert. Die wesentlichen Ergebnisse sind in *Abbildung 9* dargestellt.

Der bei der Enzymlöslichkeit ermittelte ELOS-Wert zeigte eine engere Beziehung zu ME als die im HFT ermittelte Gasbildung ($R^2 = 72,7$ vs. $46,2$ %, *Abbildung 9* oben). Dies liegt einerseits an der variablen Aktivität des Pansensaftes (abhängig von Entnahme, Fütterung etc.), andererseits jedoch auch daran, dass die Gasbildung vor allem vom Gehalt an Kohlenhydraten abhängig ist (STEINGASS und MENKE 1986). Werden dagegen die beiden *in vitro*-Verdaulichkeitsmethoden im Rahmen der von der GfE publizierten Schätzgleichungen an den vorliegenden Daten angewendet (GfE 1998, GfE 2008), zeigt sich, dass beide Methoden etwa gleichwertig sind, mit leichten Vorteilen für den HFT. Der Schätzfehler (Root mean square error prediction, RMSEp) bei der Anwendung der Formeln von GfE (1998) beträgt für HFT 0,55 und für ELOS 0,58 MJ ME, die entsprechenden Werte für die Schätzgleichungen GfE (2008) betragen 0,50 bzw. 0,52 MJ ME. Die Schätzgleichungen GfE (2008) führten also zu einer etwas genaueren Energiebewertung als jene von GfE (1998). Der Schätzfehler bei der Ableitung der Formeln (Root mean square error calibration, RMSEc) war in der Auswertung von GfE (1998) für ELOS etwas niedriger (im Mittel von Frischgras, Silage und Heu 0,36 MJ ME) als für HFT (0,39 MJ ME). Dagegen schnitt in der Auswertung von GfE (2008) HFT etwas günstiger ab als ELOS (0,45 vs. 0,50 MJ ME). Insgesamt sind diese Unterschiede in der Schätzgenauigkeit der beiden *in vitro*-Verdaulichkeitsmethoden sehr gering.

Abschließend zu diesem Abschnitt werden Schätzgleichungen für die Energiekonzentration (ME) und Verdaulichkeit (dOM) auf Basis von Roh Nährstoffen (XP, XL, XF, XA), Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) sowie *in vitro*-Verdaulichkeitsparametern (HFT, ELOS) angeführt (*Tabelle 5*). Diese Formeln berücksichtigen zusätzlich zu den analytischen Kenngrößen auch Effekte der Konservierungsform und des Aufwuchses. Es werden Formeln sowohl auf Basis des HFT als auch auf Basis von ELOS dargestellt. Weiters wurden die Gleichungen unter Verwendung verschiedener Faser-Kriterien entwickelt, d. h. für XF, NDF, ADF bzw. ADL jeweils eine eigene Formel abgeleitet. Als Schlussfolgerung aus den 16 angeführten Gleichungen ergibt sich, dass ME genauer geschätzt werden kann als dOM (RMSE% = 4,19 vs. 4,42 % des Mean). Weiters ist zu erkennen, dass die Gleichungen auf Basis von ELOS einen geringeren Schätzfehler aufweisen als jene auf Basis von HFT (RMSE% = 4,07 vs. 4,65 % des Mean). Und hinsichtlich der Faser-Kriterien zeigen sich nur geringfügige Unterschiede in deren Einfluss auf die Schätzgenauigkeit, die außerdem von der *in vitro*-Methode (HFT, ELOS) und der Zielgröße (ME, dOM) abhängt. Als Mittelwert über alle 16 Gleichungen ergeben sich für XF, NDF, ADF bzw. ADL relative Schätzfehler von 4,57, 4,53, 4,40 und 4,40 RMSE% (in % des Mean). Der mittlere Schätzfehler (Mittelwert von HFT- und ELOS-Formeln) von 0,38 MJ ME ist etwas niedriger als die von der GfE (1998) bzw. GfE (2008) mitgeteilten Werte von 0,57 bzw. 0,51 MJ ME. Hinsichtlich Verdaulichkeit beträgt der mittlere Schätzfehler über alle Gleichungen genau 3,0 % dOM. Es fällt auf, dass die einzelnen Faserkriterien (XF, NDF etc.) die Werte der anderen Regressionskoeffizienten (Aufwuchs, XP, *in vitro*-Parameter etc.) und auch die Werte des fixen Effektes Konservierungsform ändern. Dies zeigt, dass sich die Faserkriterien in chemischer Hinsicht unterscheiden, obwohl sie die Verdaulichkeit in ähnlichem Ausmaß bestimmen. In *Abbildung 10* (oben) sind zwei Grafiken angeführt, welche die tatsächlichen Messwerte („observed“) jenen mit dem jeweiligen Modell geschätzten Werten („predicted“) gegenüberstellt, und zwar links auf Basis des Modells mit dem geringsten RMSE und rechts mit dem höchsten RMSE.

Einige der in den Gleichungen in *Tabelle 5* herangezogenen Variablen korrelieren miteinander, was ein Problem darstellen kann, da die Variablen in Regressionsmodellen unabhängig voneinander sein sollen. Daher wurde auch eine Principal Component-Analyse unternommen, deren Ergebnisse in *Abbildung 10* (Mitte und unten) dargestellt sind. Bei diesem statistischen, sog. multivariaten Verfahren wird nicht mit den einzelnen Variablen der Untersuchung gearbeitet, sondern es werden aus mehreren, interessieren-

den Variablen sog. Hauptkomponenten (principal components) errechnet, die in einem orthogonalen Verfahren jene theoretische Achse darstellen, welche die jeweils größtmögliche Varianz aufnehmen, d. h. erklären können. Die Ermittlung erfolgt ähnlich dem Least squares-Verfahren, in dem Abweichungen der Einzelwerte von der Hauptachse (Scores) ein Minimum ergeben. Die Beiträge der Variablen zu den Hauptkomponenten werden Loadings genannt und zeigen die Relationen der Variablen in den einzelnen Hauptkomponenten zueinander. Aus *Abbildung 10* (Mitte) ist klar ersichtlich, dass sich auf Ebene der Hauptkomponente 1 ME und dOM – sowie auch Rohprotein und NFC bzw. XX – diametral zu den Gerüstsubstanzen verhalten, also stark negativ korrelieren. Die Hauptkomponente 2 zeigt, dass sich Rohprotein und NFC bzw. XX – wie zu erwarten – gegensätzlich gegenüberstehen und dass auch die Gerüstsubstanzen (XF, NDF, ADF, ADL) „aufgefächert“ werden, also inhaltlich nicht ganz gleichzusetzen sind, wie ihre unterschiedliche analytische Erarbeitung auch erwarten lässt. Auch die Konservierungsform („Futter“) entscheidet deutlich über den Energiegehalt, wie auch das GLM-Modell gezeigt hat (*Tabelle 5*). Durch Hauptkomponente 3 (*Abbildung 10* Mitte rechts) hebt sich hinsichtlich der Gerüstsubstanzen besonders ADL von den übrigen ab, auch dOM und ME trennen sich stärker und werden wesentlich von Rohasche, Aufwuchs sowie Futter (d. h. Konservierungsform) beeinflusst. Auch diese Phänomene wurden im GLM-Modell sichtbar und folglich auch berücksichtigt (siehe Gleichungen in *Tabelle 5*). Besonders erwähnenswert ist, dass Hauptkomponente 1 bereits 50,3 % der Varianz erklärt und mit Hinzunahme von Hauptkomponente 2 78,6 % sowie von Hauptkomponente 3 91,2 % der Varianz erklärt werden. Das höchste mit den GLM-Modellen (*Tabelle 5*) erreichte Bestimmtheitsmaß betrug 87,4 %. In *Abbildung 10* (unten links) sind als Beispiel die Abweichungen der Werte (Scores) von der Hauptkomponente 1 und 2 angeführt.

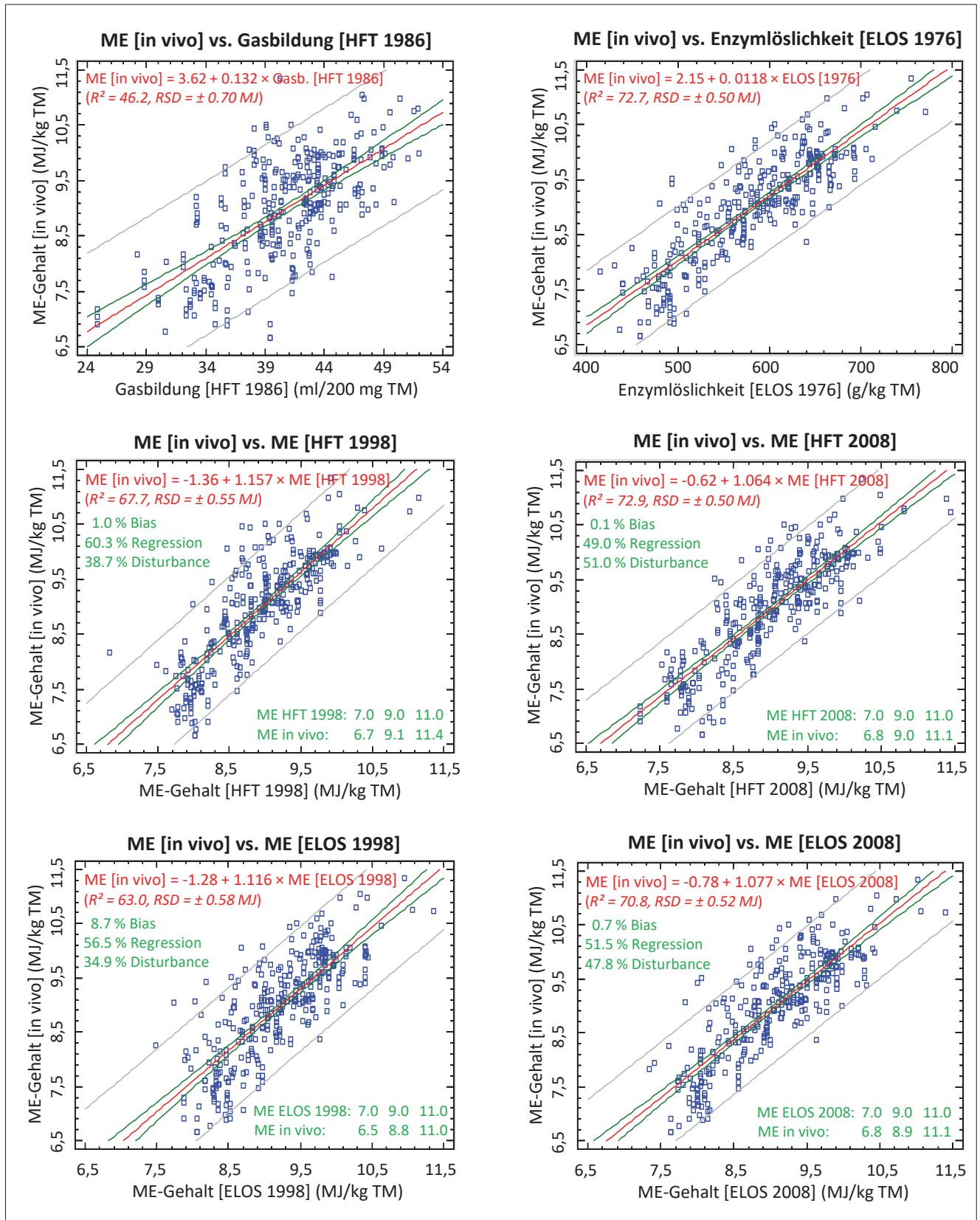


Abbildung 9: Ergebnisse der *in vitro*-Methoden (HFT, ELOS) und Validierung der Schätzgleichungen der GfE (1998, 2008) zur Ermittlung der Energiekonzentration von Grasprodukten (d. h. Grünlandfutter)

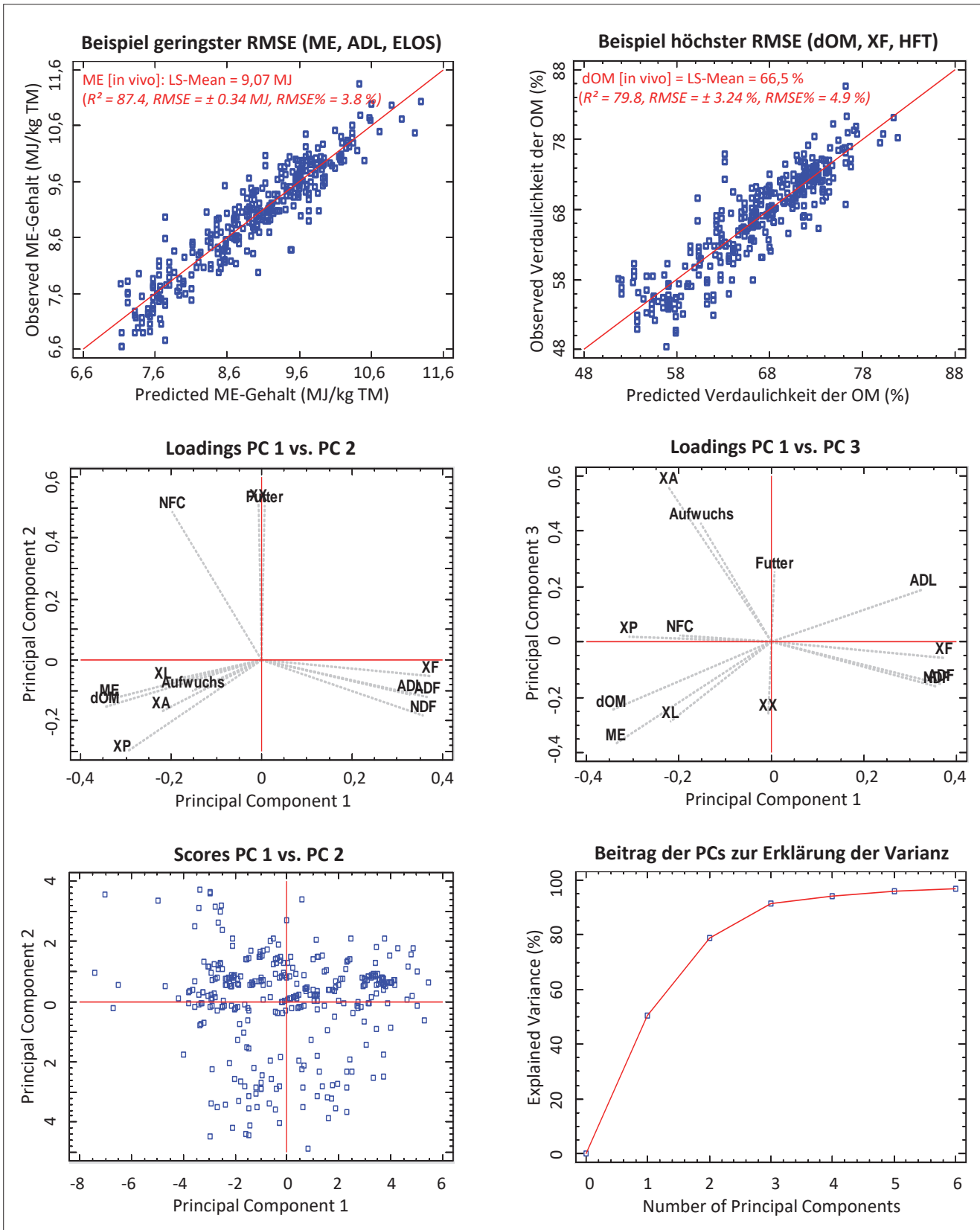


Abbildung 10: Geringste und höchste Schätzgenauigkeit der in *Tabelle 5* angeführten Regressionsgleichungen (oben). Principal Component Analyse des vorliegenden Datenmaterials (Mitte und unten) (331 *in vivo*-Verdauungsversuche der HBLFA Raumberg-Gumpenstein)

Tabelle 5: Regressionsgleichungen zur Berechnung der Energiekonzentration (MJ ME/kg TM) und der Verdaulichkeit der OM (%) auf Basis von Rohnährstoffen (g/kg TM), Gerüstsubstanzen (g/kg TM) und *in vitro*-Parametern (Gasbildung [HFT] (ml/200 mg TM), Enzymlöslichkeit (ELOS, g/kg TM)), n = 331

Art der Faser	Basis = HFT				Basis = ELOS			
	XF	NDF	ADF	ADL	XF	NDF	ADF	ADL
Berechnung der Energiekonzentration (MJ ME/kg TM)								
LS-Mean	8,970	8,962	9,028	9,022	9,023	9,016	9,048	9,070
Effekt der Konservierungsform								
Grünfutter	0,346	0,658	0,532	0,317	0,462	0,559	0,549	0,489
Silage	-0,321	-0,576	-0,410	-0,223	-0,365	-0,450	-0,405	-0,292
Heu	-0,026	-0,081	-0,122	-0,094	-0,097	-0,108	-0,144	-0,197
Aufwuchs	-0,2277	-0,2705	-0,2911	-0,0835	-0,2531	-0,2629	-0,2833	-0,1380
XP	0,0309	0,0292	0,0401	0,0332	0,0254	0,0254	0,0267	0,0171
XL	0,0377	0,0364	0,0385	0,0272	0,0016	0,0008	0,0035	-0,0071
XF	-0,0105	-	-	-	-0,0044	-	-	-
NDF	-	-0,0066	-	-	-	-0,0022	-	-
ADF	-	-	-0,0118	-	-	-	-0,0056	-
ADL	-	-	-	-0,0396	-	-	-	-0,0280
XA	-0,0099	-0,0117	-0,0126	-0,0060	-0,0104	-0,0109	-0,0117	-0,0084
Gasbildung (HFT)	0,1149	0,1122	0,1448	0,1057	-	-	-	-
ELOS	-	-	-	-	0,01373	0,01389	0,01361	0,01150
Gasbildung × XP	-0,000512	-0,000476	-0,000757	-0,000498	-	-	-	-
ELOS × XP	-	-	-	-	-0,0000334	-0,0000328	-0,0000362	-0,0000205
RMSE	0,412	0,406	0,394	0,419	0,365	0,368	0,360	0,341
RMSE%	4,6	4,5	4,4	4,6	4,0	4,1	4,0	3,8
R ²	81,6	82,1	83,2	81,0	85,6	85,3	86,0	87,4
Berechnung der Verdaulichkeit (%)								
LS-Mean	66,52	66,48	66,97	66,95	66,92	66,88	67,10	67,29
Effekt der Konservierungsform								
Grünfutter	2,84	5,14	4,25	2,71	3,72	4,32	4,34	3,99
Silage	-2,66	-4,52	-3,33	-1,95	-2,96	-3,48	-3,24	-2,46
Heu	-0,18	-0,62	-0,92	-0,76	-0,76	-0,84	-1,10	-1,53
Aufwuchs	-1,631	-1,966	-2,126	-0,607	-1,743	-1,818	-1,986	-0,972
XP	0,230	0,215	0,294	0,242	0,172	0,171	0,179	0,110
XL	0,191	0,180	0,196	0,111	-0,096	-0,098	-0,077	-0,149
XF	-0,0738	-	-	-	-0,0247	-	-	-
NDF	-	-0,0477	-	-	-	-0,0135	-	-
ADF	-	-	-0,0862	-	-	-	-0,0371	-
ADL	-	-	-	-0,2960	-	-	-	-0,2045
XA	-0,0016	-0,0158	-0,0228	0,0256	-0,0046	-0,0075	-0,0142	0,0082
Gasbildung (HFT)	0,890	0,863	1,098	0,805	-	-	-	-
ELOS	-	-	-	-	0,1048	0,1050	0,1022	0,0855
Gasbildung × XP	-0,00406	-0,00378	-0,00583	-0,00392	-	-	-	-
ELOS × XP	-	-	-	-	-0,000241	-0,000237	-0,000260	-0,000148
RMSE	3,24	3,18	3,09	3,24	2,85	2,86	2,81	2,67
RMSE%	4,9	4,8	4,6	4,8	4,3	4,3	4,2	4,0
R ²	79,8	80,6	81,7	79,8	84,3	84,2	84,8	86,3

Zum besseren Verständnis der Formeln wird ein Beispiel zur Berechnung der Energiekonzentration auf Basis der in *Tabelle 5* angegebenen Koeffizienten angeführt.

Allgemeine Form der Gleichung:

$$y = \text{LS-Mean} + \text{Effekt}[\text{Konserv.}] + \text{Regr.koeff.}[\text{Aufw.}] \times (\text{Aufw.} - 1,596) + \text{Regr.koeff.}[\text{XP}] \times (\text{XP} - 141,2) + \text{Regr.koeff.}[\text{XL}] \times (\text{XL} - 21,9) + \text{Regr.koeff.}[\text{ADF}] \times (\text{ADF} - 321,6) + \text{Regr.koeff.}[\text{XA}] \times (\text{XA} - 106,7) + \text{Regr.koeff.}[\text{ELOS}] \times (\text{ELOS} - 579,1) + \text{Regr.koeff.}[\text{XP} \times \text{ELOS}] \times ((\text{XP} \times \text{ELOS}) - (141,2 \times 579,1))$$

Beispiel: ME, ELOS, ADF, Silage, 2. Aufwuchs, 150 g XP, 25 g XL, 280 g ADF, 115 g XA, 650 g ELOS (in der TM)

$$\text{ME} = 9,048 + (-0,405) + (-0,2833) \times (2 - 1,596) + 0,0267 \times (150 - 141,2) + 0,0035 \times (25 - 21,9) + (-0,0056) \times (280 - 321,6) + (-0,0117) \times (115 - 106,7) + 0,01361 \times (650 - 579,1) + (-0,0000362) \times ((150 \times 650) - (141,2 \times 579,1)) = \mathbf{9,306 \text{ MJ}}$$

Die Formeln erfordern für die jeweiligen Regressionsvariablen das arithmetische Mittel des Datenmaterials aus der vorliegenden Untersuchung:

Variable	Aufwuchs	XP	XL	XF	NDF	ADF	ADL	XA	Gasb.[HFT]	ELOS
Mittelwert	1,596	141,2	21,9	283,0	536,5	321,6	39,0	106,7	40,60	579,1

3.4 Nutzung von Verdauungskoeffizienten aus Futterwerttabellen

Wie bereits ausgeführt, scheidet die Durchführung von *in vivo*-Verdauungsversuchen für Futterproben aus der landwirtschaftlichen Praxis aus Zeit-, Aufwands- und Kostengründen aus. Doch sind auch *in vitro*-Verdaulichkeitsuntersuchungen mit erheblichem Aufwand an Zeit und Kosten verbunden. Daher wird abschließend analysiert, wie sich die Verdauungskoeffizienten verschiedener Futtermittel-Tabellenwerke aus der Literatur für die Berechnung der Energiekonzentration des vorliegenden Datenmaterials eignen (331 *in vivo*-Verdauungsversuche der HBLFA Raumberg-Gumpenstein). Folgende Futtermittel-Tabellenwerke wurden zur Untersuchung herangezogen:

- DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer (1997)
- DDR-Futterbewertungssystem (1986) bzw. Rostocker Futterbewertungssystem (2004)
- INRA Ruminant Nutrition (1989)
- RAP Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer (1999)
- ÖAG Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum (2017)
- Rosenau-Tabelle (2001)

In *Abbildung 11* sind für die einzelnen Futterwerttabellen und die in dieser Arbeit diskutierten Wiesenfutter-Kategorien [Konservierungsform (Grünfutter, Silage, Heu) \times Aufwuchs (1. Aufwuchs, Folgeaufwüchse)] die Beziehungen zwischen dem Rohfasergehalt und der Energiekonzentration angeführt. Zur Einordnung der vorliegenden Meta-Analyse sind auch deren Ergebnisse aus den Verdauungsversuchen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein mit dargestellt. Es zeigt sich, dass je nach Futterkategorie die Beziehungen ME vs. Rohfaser doch recht unterschiedlich ausfallen und somit die Anwendung der Beziehungen je nach Futterwerttabelle zu unterschiedlichen ME-Gehalten in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt führen würde. Auch der Anstieg des ME-Gehaltes in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt fällt in den einzelnen Futterwerttabellen unterschiedlich aus. Die Unterschiede zwischen den Tabellen sind besonders ausgeprägt bei Grünfutter (Folgeaufwüchse) und Silage (1. Aufwuchs), weniger dagegen bei Silage (Folgeaufwüchse) und bei Heu (beide Aufwüchse). Mit Ausnahme von Grünfutter und Silage (jeweils Folgeaufwüchse) liegen die Ergebnisse der Gumpensteiner Verdauungsversuche im mittleren Bereich, fügen sich also sehr gut in das Bild der Literaturdaten ein. Was die bisher im Futtermittellabor Rosenau verwendeten Verdauungskoeffizienten der DLG-Tabelle (1997) betrifft, so stimmen sie hinsichtlich Grünfutter in beiden Aufwuchs-Kategorien recht gut mit der Verdaulichkeit

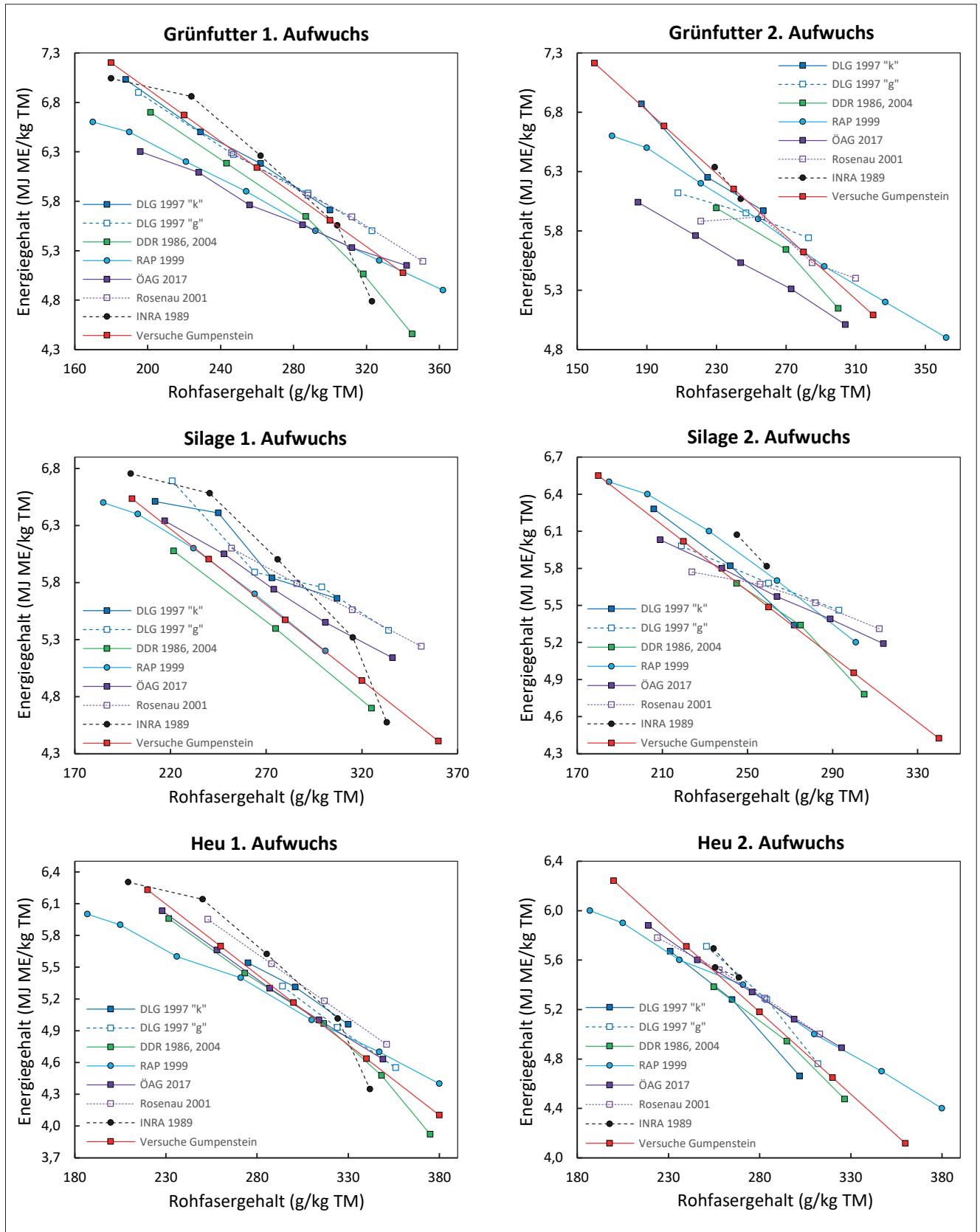


Abbildung 11: Beziehungen zwischen dem Gehalt an Rohfaser und der Energiekonzentration von Wiesenfutter in 6 verschiedenen Futtermittel-Tabellenwerken

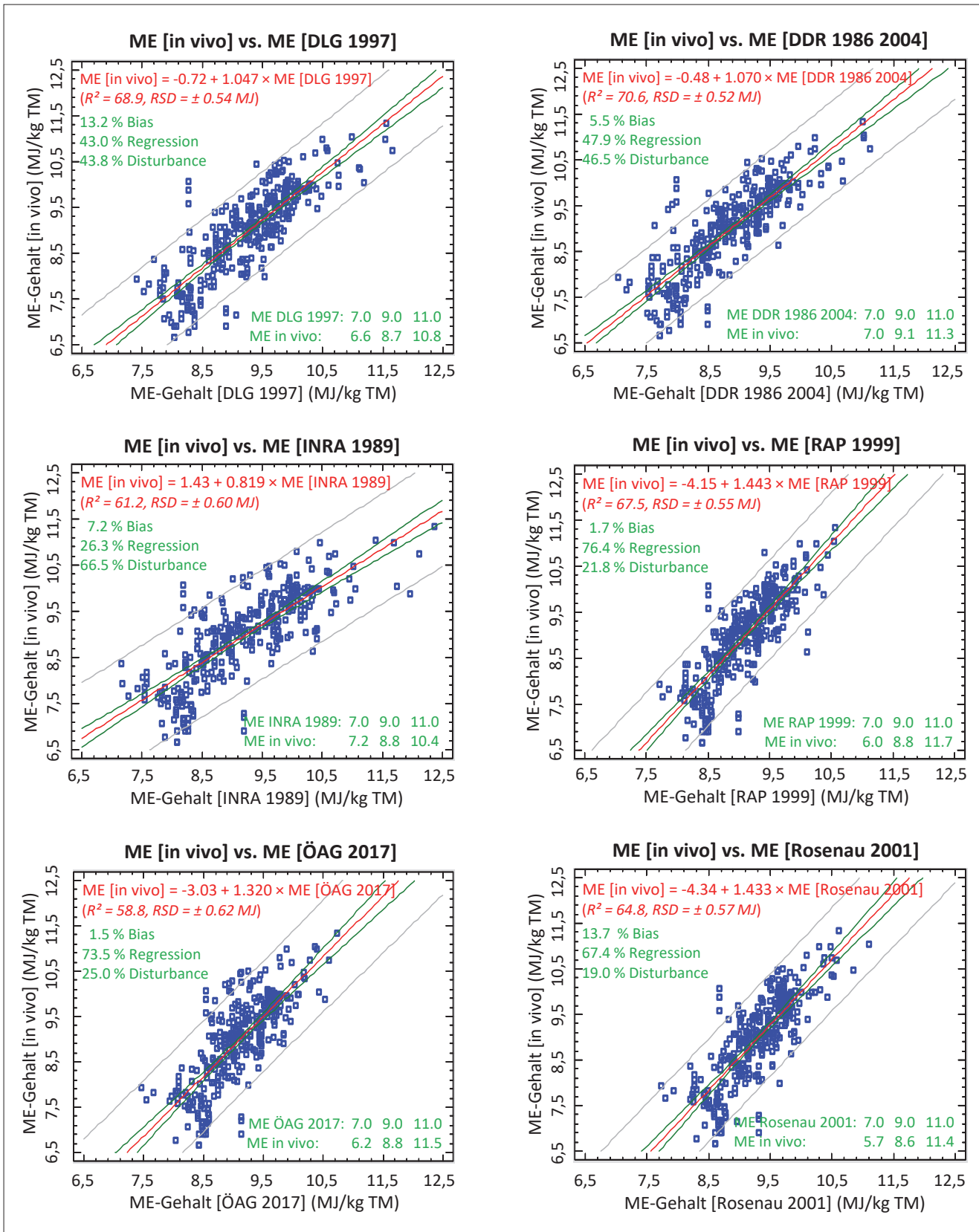


Abbildung 12: Tatsächliche, auf Basis von *in vivo*-Verdauungsversuchen berechnete Energiekonzentration („ME observed“, y-Achse) vs. auf Basis von Verdauungskoeffizienten aus Futtermitteltabellen geschätzte Energiekonzentration („ME predicted“, x-Achse)

aus den Gumpensteiner Verdauungsversuchen überein, ebenso bei Heu (1. Aufwuchs), ergeben jedoch deutlich höhere Energiekonzentrationen bei Grassilage (1. Aufwuchs) und Heu (Folgeaufwuchs). Gute Übereinstimmungen der Gumpensteiner Verdauungsversuche zeigen sich auch gegenüber den Verdaulichkeitswerten der DDR-Futterwerttabelle (1986, 2004). Mit Ausnahme von Grünfütter (Folgeaufwuchs) fügen sich auch die Daten der ÖAG-Futterwerttabelle gut in das Bild anderer Futterwerttabellen. Das gilt weniger für die Angaben von INRA (1989) und RAP (1999), wofür sowohl andere Wachstumsbedingungen als auch gewisse methodische Unterschiede als Ursache angesehen werden können. Zur weiteren Einordnung der verschiedenen Futterwerttabellen sind im Anhang auch die Gehalte an Rohprotein in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt dargestellt (*Abbildung A1*). Ebenso wie hinsichtlich Energiekonzentration unterscheiden sich die Futterwerttabellen auch bezüglich des Proteingehaltes in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt. Dies deutet nach PÖTSCH und RESCH (2005) auf unterschiedliche botanische Zusammensetzung (Anteil an Leguminosen) sowie Nährstoffversorgung des Grünlandes und Stickstoffangebot für die Pflanzen hin (Düngungsniveau).

Die Beziehungen Rohfaser vs. Verdaulichkeit (DLG 1997, DDR 1986 bzw. 2004) bzw. Rohfaser vs. Energiekonzentration (INRA 1989, RAP 1999, ÖAG 2017, Rosenau 2001) wurden in einem weiteren Schritt an den Daten der *in vivo*-Verdauungsversuche der HBLFA Raumberg-Gumpenstein angewendet ($n = 331$). Die aus den Daten der einzelnen Futterwerttabellen abgeleiteten Regressionsgleichungen (Verdaulichkeit vs. Rohfaser bzw. ME-Gehalt vs. Rohfaser) sind im Anhang in der *Tabelle A1* angeführt. Die statistischen Parameter (RMSE, R^2) zeigen, dass diese Schätzung mit hoher Genauigkeit möglich ist.

Die Ergebnisse dieser Evaluierung sind in *Abbildung 12* dargestellt. Wenn der Restfehler (RSD) und das Bestimmtheitsmaß (R^2) als Beurteilungskriterien herangezogen werden, ergibt sich folgende Rangfolge in der Genauigkeit der Vorhersage der Energiekonzentration: 1. DDR 1986, 2. DLG 1997, 3. RAP 1999, 4. Rosenau 2001, 5. INRA 1989, 6. ÖAG 2017. Allerdings müssen bei der Beurteilung auch die Koeffizienten der Regressionsgleichung (Intercept „a“, Regressionskoeffizient „b“) und die Komponenten der Varianz (Bias, Regression, Disturbance; ermittelt nach BIBBY und TOUTENBURG 1977) mitberücksichtigt werden. Im Idealfall, d. h. bei vollständiger Übereinstimmung, müsste sich ein Intercept von „0“ und ein Regressionskoeffizient von „1“ ergeben. Auch diese Kriterien sind in *Abbildung 12* angeführt, gemeinsam mit den jeweils vorausgesagten Werten gegenüber den tatsächlichen, auf Basis von *in vivo*-Verdauungskoeffizienten ermittelten Energiegehalten von 7, 9 bzw. 11 MJ ME/kg TM. Auswertungen solcher Art weisen besonders auf gegebenenfalls vorhandene Fehleinschätzungen im niedrigen und auch hohen Energiebereich hin. Sie sind somit ein wichtiges Beurteilungskriterium, in welchem Ausmaß eine bestimmte Futterwerttabelle als Basis zur Berechnung des Energiegehaltes im vorliegenden Datenmaterial geeignet ist. Unter dem Gesichtspunkt „Regressionskoeffizient“ (d. h. Abweichung von 1) ergibt sich folgende Rangordnung der Futterwerttabellen: 1. DLG 1997, 2. DDR 1986, 3. INRA 1989, 4. ÖAG 2017, 5. Rosenau 2001, 6. RAP 1999. Diese Rangordnung ist bei Rangierung hinsichtlich „Intercept“ (d. h. Abweichung von 0) nahezu identisch: 1. DDR 1986, 2. DLG 1997, 3. INRA 1989, 4. ÖAG 2017, 5. Rosenau 2001, 6. RAP 1999. Es fällt auf, dass (mit Ausnahme von INRA 1989) alle Futterwerttabellen ein negatives Intercept und einen Regressionskoeffizienten von >1 ergeben, also im Bereich niedriger Energiekonzentration zu Überbewertungen und im Bereich hoher Energiekonzentration zu Unterbewertungen führen. Dies zeigt sich auch darin, dass der auf „Regression“ (nach BIBBY und TOUTENBURG 1977) entfallende Anteil an Varianz zum Teil über 50 % beträgt, während der „Bias“ (d. h. die systematische, mittlere Abweichung) durchwegs sehr niedrig ist. Ein günstiger, d. h. niedriger Bias sagt also sehr wenig über die Güte einer Schätzformel aus, da sich Unter- und Überbewertung (erkennbar an einem von 1 abweichenden Regressionskoeffizienten) aufheben können. So beträgt der Bias (Mittelwert geschätzter ME-Gehalt minus tatsächlicher ME-Gehalt) für die Formeln DLG 1997, DDR 1986, INRA 1989, RAP 1999, ÖAG 2017, Rosenau 2001 Werte von 0.29, -0.13, 0.23, 0.12, 0.12, 0.32 MJ ME/kg TM.

Von der Schätzgenauigkeit her betrachtet ist die DDR-Tabelle (1986) also unter Beachtung aller oben angeführten Aspekte als die zutreffendste zu bezeichnen. Weiterhin unterscheidet sie sich von allen übrigen Futterwerttabellen dadurch, dass das Wiesenfutter auch differenziert wird hinsichtlich Qualität des Pflanzenbestandes, des Niveaus der Düngung und dem Erfolg der Konservierung.

Bleibt noch die Varianzursache „Disturbance“ zu interpretieren. Dies ist jener Anteil der Varianz, der nicht durch die systematisch bedingten Faktoren „Bias“ und „Regression“ zu erklären ist. Für diese Varianz-Komponente gibt es drei mögliche Ursachen: 1. Abweichungen, die ihre Ursachen im Bereich der Futterwerttabelle haben, 2. Abweichungen, die ihre Ursachen im Bereich der Verdauungsversuche haben, 3. Tatsächliche Abweichungen der individuellen Futtermittel von der Regressionsgerade.

Diese individuellen Abweichungen, die bei den Futterwerttabellen mit der besten Anpassung an die *in vivo*-Ergebnisse (DDR 1986, DLG 1997) einen Wert von 47 bzw. 44 % der Gesamtvarianz ausmachen, werden also nicht berücksichtigt, wenn die Energiebewertung auf Basis von Verdauungskoeffizienten aus diesen Futterwerttabellen erfolgt. Aus diesem Grund und auch hinsichtlich der systematischen Abweichungen in Folge von „Bias“ und „Regression“ wird daher vorgeschlagen, die Energiebewertung im Futtermittel-labor Rosenau in Zukunft auf Basis von Regressionsgleichungen unter Einbeziehung der *in vitro*-Verdaulichkeit (z. B. ELOS) durchzuführen (siehe *Tabelle 5*). Bei der Anwendung dieser Gleichungen ist auch mit einem deutlich geringeren Schätzfehler zu rechnen, der je nach Faser-Komponente 0,34 bis 0,37 MJ ME gegenüber 0,52 MJ ME (DDR 1986) bzw. 0,54 MJ ME (DLG 1997) beträgt.

4. Literatur

ÅMAN, P., 1993: Composition and structure of cell wall polysaccharides in forages. In: Forage Cell Wall Structure and Digestibility (H.J. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph, Eds.). ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA, 183-199.

Autorenkollektiv (R. SCHIEMANN, K. NEHRING, L. HOFFMANN, W. JENTSCH und A. CHUDY), 1971: Energetische Futterbewertung und Energienormen. VEB Deutscher Landwirtschafts-Verlag, Berlin (Deutschland), 344 S.

Autorenkollektiv (M. BEYER, A. CHUDY, L. HOFFMANN, W. JENTSCH, W. LAUBE, K. NEHRING und R. SCHIEMANN), 1977: DDR-Futterbewertungssystem. Kennzahlen des Futterwertes und Futterbedarfes für Fütterung und Futterplanung. 4. Auflage, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 255 S.

Autorenkollektiv (M. BEYER, A. CHUDY, L. HOFFMANN, W. JENTSCH, W. LAUBE, K. NEHRING und R. SCHIEMANN), 1986: DDR-Futterbewertungssystem. Kennzahlen des Futterwertes und Futterbedarfes für Fütterung und Futterplanung. 5. Auflage, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 328 S.

Autorenkollektiv (W. JENTSCH, A. CHUDY und M. BEYER), 2004: Rostocker Futterbewertungssystem. Kennzahlen des Futterwertes und Futterbedarfes auf Basis von Nettoenergie. Copyright – Die Autoren, Printed by printmix24 Druckerei, Bad Doberan (D), 392 S.

AFRC (Agricultural Food and Research Council), 1993: Energy and Protein Requirements of Ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International, Wallingford (UK), 159 S.

BIBBY, J. und H. TOUTENBURG, 1977: Prediction and Improved Estimation in Linear Models. John Wiley & Sons, 188 S.

COCHRAN, R.C. und M.L. GALYEAN, 1994: Measurement of *in vivo* forage digestion by ruminants. In: Forage Quality, Evaluation, and Utilization. Ed. in Chief G.C. Fahey. National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization (University of Nebraska, USA), 613-643.

COMBS, D.K., 2013: TTNDFD: A new approach to evaluate forages. Proceedings Cornell Nutrition Conference 2013 Dept. Anim. Sci., Cornell University, Ithaca (NY, USA), 113-125.

CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), 1990: Feeding Standards for Australian Livestock – Ruminants. Standing Committee on Agriculture – Ruminants Subcommittee. CSIRO Publications, East Melbourne (Australia), 266 S.

CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), 2007: Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants (Eds. M. Freer, H. Dove, J.V. Nolan). CSIRO Publishing, Collingwood (Australia), 270 S.

DE BOEVER, J.L., B.G. COTTYN, J.I. ANDRIES, F.X. BUYSSE und J.M. VANACKER, 1988: The use of a cellulase technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of forages. Anim. Feed Sci. Technol. 19, 247-260.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1991: Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 65, 229-234.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1995: Zur Energiebewertung beim Wiederkäuer. Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der GfE. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 4, 121-123.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1998: Formeln zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwüchsen des Dauergrünlandes und Mais-Ganzpflanzen. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 7, 141-150.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. No. 8. DLG-Verlag, Frankfurt/Main (Deutschland), 135 S.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2008: New equations for predicting metabolisable energy of grass and maize products for ruminants. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 17, 191-198.

GLENN, B.P. und D.R. WALDO, 1993: Cell wall degradation in the ruminant – session synopsis. In: Forage Cell Wall Structure and Digestibility (H.J. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph, Eds.). ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA, 603-620.

GOESER, J.P. und D.K. COMBS, 2009: An alternative method to assess 24-h ruminal *in vitro* neutral detergent fiber digestibility. J. Dairy Sci. 92, 3833-3841.

GRUBER, L., A. STEINWIDDER, T. GUGGENBERGER und G. WIEDNER, 1991 und 1997: Interpolation der Verdauungskoeffizienten von Grundfuttermitteln der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. Internes Arbeitspapier der ÖAG-Fachgruppe Fütterung über die Grundlagen zur Berechnung der Verdaulichkeit auf der Basis der DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer (6. Auflage 1991 und 7. Auflage 1997).

GRUBER, L., R. STEINWENDER und W. BAUMGARTNER, 1995: Einfluß von Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau auf Leistung, Stoffwechsel und Wirtschaftlichkeit von Kühen der Rasse Fleckvieh und Holstein Friesian. Bericht 22. Tierzuchttagung, BAL Gumpenstein, 9.-10. Mai 1995, 1-49.

- GRUBER, L., T. GUGGENBERGER und A. SCHAUER, 1996: Aspekte, Einflussfaktoren und Bestimmung der Grundfutterqualität. Bericht 23. Tierzuchttagung, BAL Gumpenstein, 4.-5. Juni 1996, 71-105.
- GRUBER, L., A. STEINWIDDER, T. GUGGENBERGER, A. SCHAUER, J. HÄUSLER, R. STEINWENDER und B. STEINER, 2000: Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf Ertrag, Futterwert, Milcherzeugung und Nährstoffausscheidung. Bericht 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, 6.-8. Juni 2000, 41-88.
- GRUBER, L., J. HÄUSLER, A. STEINWIDDER, A. SCHAUER und G. MAIERHOFER, 2006: Influence of cutting frequency in Alpine permanent grassland on nutritive value, DM yield and agronomic parameters of milk production. Slovak J. Anim. Sci. 39, 26-42.
- GRUBER, L., R. RESCH, A. SCHAUER, B. STEINER und C. FASCHING, 2015: Einfluss verschiedener Heutrocknungsverfahren auf den Futterwert von Wiesenfutter im Vergleich zur Silierung. 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 25.-26. März 2015, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 57-66.
- GRUBER, L., T. GUGGENBERGER, S. GAPPMAIER, G. TERLER und A. SCHAUER, 2021: Einfluss des Vegetationsstadiums von Dauerwiesen-Futter im Alpenraum auf die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und Gerüstsubstanzen sowie Zusammenhänge zu *in vitro*-Verdaulichkeit und Energiegehalt. 132. VDLUFA-Kongress, Speyer, 14.-16. September 2021, Kurzfassungen, 49.
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), 1989: Ruminant Nutrition. Recommended Allowances and Feed Tables (Ed. R. Jarrige). John Libbey Eurotext (London, Paris, Rome), 389 S.
- HUHTANEN, P., A. SEPPÄLÄ, M. OTS, S. AHVENJÄRVI und M. RINNE, 2008: *In vitro* gas production profiles to estimate extent and effective first-order rate of neutral detergent fibre digestion in rumen. J. Anim. Sci. 86, 651-659.
- JONES, D.I.H. und M.K. THEODOROU, 2000: Enzyme techniques for estimating digestibility. In: Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. Eds. D.I. Givens, E. Owen, R.F.E. Axford und H.M. Omed. CABI Publishing, Oxon (UK) und New York (USA), 155-173.
- JUNG, H.G., 1989: Forage lignins and their effects on fiber digestibility. Agron. J. 81, 33-38.
- JUNG, H.G. und D.A. DEETZ, 1993: Cell wall lignification and degradability. In: Forage Cell Wall Structure and Digestibility (H.J. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph, Eds.). ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA, 315-346.
- KIENDLER, S., L. GRUBER, G. TERLER, M. VELIK, D. EINGANG, A. SCHAUER und M. ROYER, 2019: Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Futterwert, Futteraufnahme und Milchleistung. 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irnding-Donnersbachtal, 97-109.
- McDONALD, P., A.R. HENDERSON und S.J.E. HERON, 1991: The Biochemistry of Silage. Chalchombe Publications, 2nd Edition, Aberystwyth (UK), 340 S.
- MENKE, K.-H. und H. STEINGASS, 1988: Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. Animal Research and Development 28, 7-55.
- NorFor, 2011: Nordic Feed Evaluation System (Ed. H. Volden), EAAP Publication No. 130, Wageningen Academic Publishers, Wageningen (NL), 180 S.
- NRC (National Research Council), 2001: Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Edition, National Academy Press, Washington D.C. (USA), 381 S.

ÖAG Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum (R. RESCH, T. GUGGENBERGER, L. GRUBER, F. RINGDORFER, K. BUCHGRABER, G. WIEDNER, A. KASAL und K. WURM), 2017: ÖAG-INFO 10/2017, 20 S.

PÖTSCH, E.M. und R. RESCH, 2005: Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Nährstoffgehalt von Grünlandfutter. 32. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 13.-14. April 2005, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2005, 1-14.

RAP, 1999: Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. 4. Auflage, Zollikofen, Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, 327 S.

RESCH, R., 2021: Qualitätspotenziale bei Gras- und Maissilagen in Österreich – Erkenntnisse aus dem LK-Silageprojekt 2020. 48. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 33-67.

RESCH, R. und G. STÖGMÜLLER, 2019: Heuqualität auf österreichischen Praxisbetrieben unter besonderer Berücksichtigung der Feld- und Lagerpilzflora. 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 111-132.

RYMER, C., 2000: The measurement of forage digestibility *in vivo*. In: Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. Eds. D.I. Givens, E. Owen, R.F.E. Axford und H.M. Omed. CABI Publishing, Oxon (UK) und New York (USA), 155-173.

SAUVANT, D. und P. NOZIÈRE, 2016: Quantification of the main digestive processes in ruminants: the equations involved in the renewed energy and protein feed evaluation systems. *Animal* 10, 755-770.

STEINGASS, H. und K.-H. MENKE, 1986: Schätzung des energetischen Futterwertes aus der *in vitro* mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. 1. Untersuchungen zur Methode. Übers. Tierernährg. 14, 251-270.

Statgraphics Centurion 19, 2020: Statistical Analysis and Data Visualization Software.

ST-PIERRE, N.R., 2001: Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model technology. *J. Dairy Sci.* 84, 741-755.

TILLEY, J.M.A. und R.A. TERRY, 1963: A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* 18, 104-111.

Universität Hohenheim – Dokumentationsstelle, 1991: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer, 6. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt a. M. (Deutschland), 112 S.

Universität Hohenheim – Dokumentationsstelle, 1997: DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt a. M. (Deutschland), 212 S.

VAN DER HONING, Y. und A. STEG, 1990: Comparison of energy evaluation systems of feeds for ruminants. In: Feedstuff Evaluation (Eds. J. Wiseman and D.J.A. Cole), University Press Cambridge (UK), Butterworth (London etc.), 1-19.

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., 1994: Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd Edition, Cornell University Press, Ithaca, New York (USA) and London (UK), 476 S.

VAN SOEST, P.J., D.R. MERTENS und B. DEINUM, 1978: Preharvest factors influencing quality of conserved forage. *J. Anim. Sci.* 47, 712-720.

VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, 2012: Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (VDLUFA-Methodenbuch) - Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

WEIMER, P.J., 1993: Microbial and molecular mechanisms of cell wall degradation – session synopsis. In: Forage Cell Wall Structure and Digestibility (H.J. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph, Eds.). ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA, 485-498.

WEISS, W.P., 1994: Estimation of digestibility of forages by laboratory methods. In: Forage Quality, Evaluation, and Utilization. Ed. in Chief G.C. Fahey. National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization (University of Nebraska, USA), 644-681.

WIEDNER, G., T. GUGGENBERGER und H. FACHBERGER, 2001: Futterwerttabelle der Österreichischen Grundfuttermittel. Niederösterreichische Landeslandwirtschaftskammer. Eigenverlag, 125 S.

WOOLFORD, M.K., 1984: The Silage Fermentation. Marcel Dekker Inc., New York and Basel, 350 S.

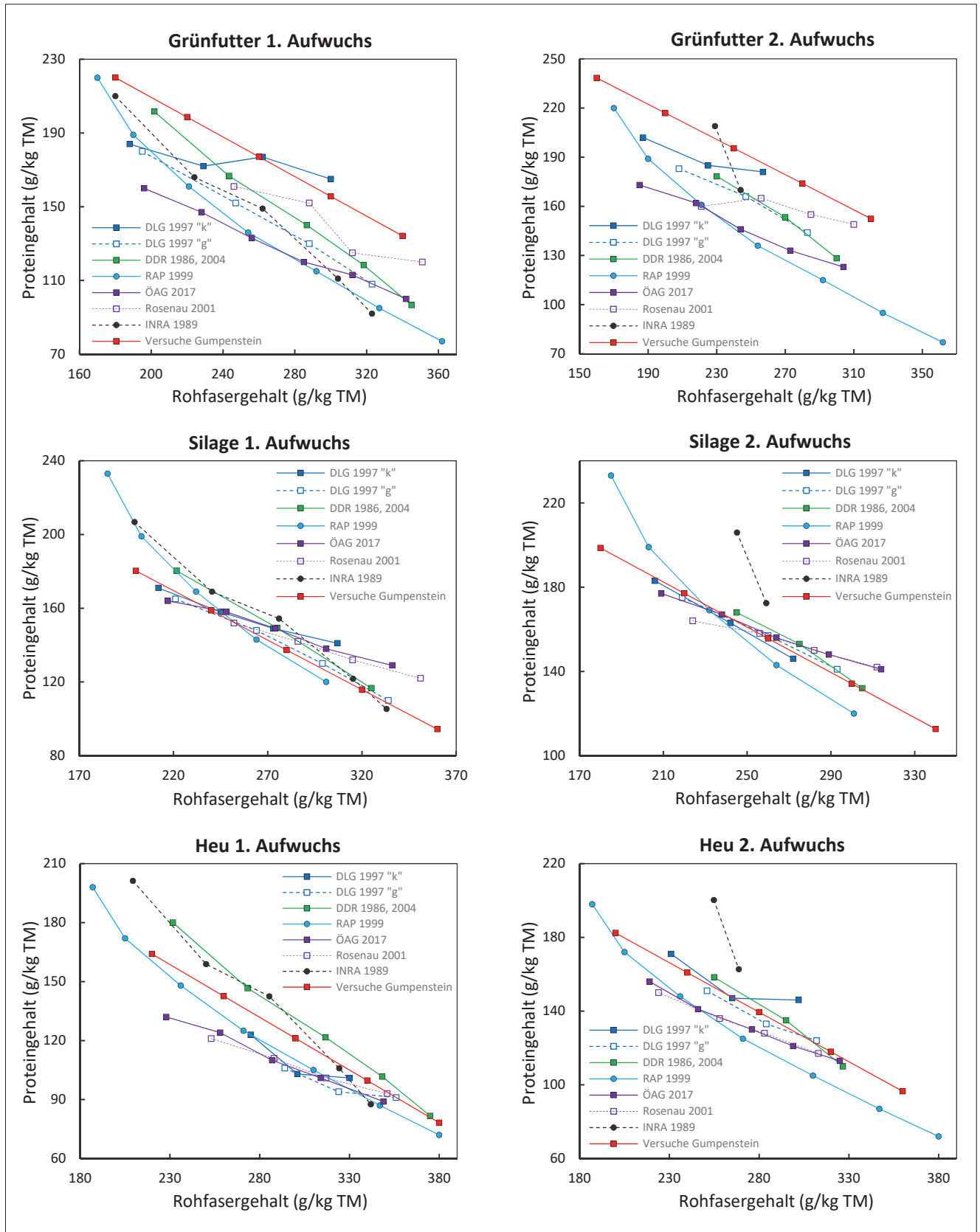


Abbildung A1: Beziehungen zwischen dem Gehalt an Rohfaser und dem Proteingehalt von Wiesenfutter in 6 verschiedenen Futtermittel-Tabellenwerken

Tabelle A1: Errechnung der Verdaulichkeit von Rohfett, Rohfaser und organischer Masse (dXL, dXF und dOM, %) sowie Energiekonzentration (ME, MJ/kg TM) in Abhängigkeit vom Gehalt an Rohfaser in verschiedenen Futterwert-Tabellenwerken¹⁾

Variable	Grünfütter			Silage			Heu			Statistische Parameter						
	1. Aufwuchs	b _{Var}	LSM _{Var}	1. Aufwuchs	b _{Var}	LSM _{Var}	1. Aufwuchs	b _{Var}	LSM _{Var}	1. Aufwuchs	b _{Var}	LSM _{Var}	MW	n	RMSE	R ²
DLG 1997																
dXL	54,36	-0,0679	53,53	0,0767	66,52	-0,0043	60,60	-0,0899	47,71	-0,1893	56,93	-0,1825	264,3	38	4,62	73,9
dXF	74,67	-0,0862	72,41	-0,0478	74,98	-0,0552	71,98	-0,0814	69,48	-0,1318	73,11	-0,1219	262,8	38	2,07	83,2
dOM	73,80	-0,1026	71,15	-0,0595	72,73	-0,0706	69,40	-0,0512	68,97	-0,1573	73,25	-0,1547	262,8	38	1,20	94,7
ME	10,329	-0,01755	9,925	-0,00802	10,106	-0,01244	9,563	-0,00760	9,548	-0,02474	10,281	-0,02192	263,9	39	0,179	95,5
DDR 1986																
dXL	59,94	-0,0463	56,96	-0,0518	55,98	-0,0283	54,21	-0,0838	51,12	-0,0840	55,72	-0,1448	284,5	72	1,70	88,9
dXF	66,40	-0,1809	67,85	-0,1266	66,97	-0,1296	66,40	-0,1629	66,38	-0,1391	66,21	-0,1498	284,5	72	1,06	97,7
dOM	67,12	-0,1588	66,21	-0,1315	65,09	-0,1474	63,33	-0,1691	63,40	-0,1460	65,64	-0,1386	284,5	72	1,02	97,9
ME	9,388	-0,02129	9,193	-0,01640	8,937	-0,01806	8,716	-0,02150	8,670	-0,01974	9,037	-0,01802	284,5	72	0,169	96,8
INRA 1989																
ME	10,070	-0,02129	9,617	-0,02667	10,034	-0,02215	9,675	-0,02714	9,410	-0,02041	9,685	-0,02571	265,1	21	0,442	82,0
RAP 1999																
ME	9,825	-0,01285	9,825	-0,01285	9,682	-0,01593	9,682	-0,01593	9,249	-0,01200	9,249	-0,01200	259,8	38	0,070	99,4
ÖAG 2017																
ME	9,634	-0,01117	9,085	-0,01195	9,789	-0,01406	9,422	-0,01096	9,209	-0,01616	9,393	-0,01282	268,8	31	0,033	99,7
Rosenau 2001																
ME	9,931	-0,01439	9,479	-0,00753	9,791	-0,01173	9,323	-0,00676	9,015	-0,01662	9,443	-0,01181	284,8	24	0,098	96,0

¹⁾ Allgemeine Form der Gleichung:

$$y = \text{LSM}_{\text{Var}} + b_{\text{Var}} \times (\text{XF} - \text{MW})$$

Beispiel: dOM = Silage, 2. Aufwuchs, 250 g Rohfaser (DLG 1997)

$$\text{dOM} = 69,40 + (-0,0512 \times (250 - 262,8)) = 70,06 \%$$

Untersuchungen zur Aktualisierung der Futterbewertung im Futtermittellabor Rosenau Teil 3: Ergebnisse der Analysen mit dem erweiterten HFT und der CNCPS-Proteinbewertung von Wiesenfutter, Feldfutter und Maissilage

*Investigations into updating the feed evaluation in feedstuff
laboratory of Rosenau*

*Part 3: Results of analyses with the modified HFT and the
CNCPS protein valuation of fodder and corn silage*

Stefanie Gappmaier^{1*}, Leonhard Gruber^{1,2}, Thomas Guggenberger¹,
Katharina Gassner-Speckmoser^{1,2}, Georg Terler¹, Anton Schauer¹ und
Gerald Stögmüller³

Zusammenfassung

In der Wiederkäuerernährung ist, neben einer ausreichenden Strukturversorgung, auf eine leistungsgerechte Nährstoff- und Energieversorgung zu achten. Eine Über- bzw. Unterversorgung der Tiere führt im Weiteren zu Stoffwechselerkrankungen, Fruchtbarkeitsproblemen und Leistungseinbußen. Zudem belastet eine den Bedarf übersteigende Eiweißversorgung die Umwelt (z. B. Ammoniakemissionen). Um eine Über- bzw. Unterversorgung der Tiere zu verhindern, muss einerseits der Bedarf der Tiere berechnet werden und andererseits müssen die Inhaltsstoffe bzw. die ruminale Abbaudynamik der Futtermittel bekannt sein. Neben der klassischen Weender und Detergenzien-Analyse geben Methoden wie die CNCPS-Proteinfractionierung und der erweiterte Hohenheimer Futterwerttest (erw. HFT) Auskunft über ruminale Abbauraten und Mikrobenprotein-Synthese-Leistungen.

Die Ergebnisse des vorliegenden Versuches zeigten einen starken Einfluss der Konservierung (Grünfutter, Silage und Heu) auf den Anteil an NPN-Verbindungen (Fraktion „A“) und den Anteil an schnell-, mittel- und langsam abbaubarem Protein (Fraktion „B1“, „B2“ und „B3“). So erreichte die Konservierungsform „Silage“ den höchsten Anteil an NPN-Verbindungen (Fraktion „A“) und den niedrigsten Anteil an Fraktion „B3“ (54 vs. 32 und 22 % Fraktion „A“ bei Silage vs. Grünfutter und Heu).

Die Passagerate hatte einen starken Einfluss auf den UDP-Gehalt nach CNCPS. So stieg der Anteil des UDP von 13 auf 32 % an bei Passageraten von 2 bzw. 8 % h⁻¹ bei Grünfutter. Dies wirkte sich im Weiteren auf den Mikrobenprotein-Gehalt aus, wonach der Gehalt im Grünfutter von 113 auf 105 g/kg TM bei Passageraten von 2 bzw. 8 % h⁻¹ bei Grünfutter abnahm. Dieser Einfluss der Passagerate auf die Mikrobenprotein-Synthese spiegelte sich allerdings nicht in der nXP-Bestimmung nach dem erw. HFT wider. Die nXP-Gehalte nach dem erw. HFT blieben trotz steigender Passageraten annähernd konstant. Wie sich der steigende UDP-Anteil bei steigenden Passageraten auf die Protein-Nutzbarkeit im Duodenum auswirkt ist vor allem für Grundfuttermittel kritisch zu hinterfragen, da Teile des UDPs fasergebunden sind.

Schlagwörter: erweiterter Hohenheimer-Futterwerttest, CNCPS-Proteinfractionierung, Mikroben-Protein-Gehalt, UDP-Anteil, Passageraten

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

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

³ LK Niederösterreich, Futtermittellabor Rosenau, Gewerbepark Haag 3, A-3250 Wieselburg-Land

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Stefanie Gappmaier, email: stefanie.gappmaier@raumberg-gumpenstein.at

Summary

In ruminant nutrition, in addition to an adequate supply of structure a performance-oriented supply of nutrients and energy is essential. An oversupply or undersupply of the animals leads to metabolic diseases, fertility problems and reduced performance. In addition, a protein supply that exceeds requirements pollutes the environment (e. g. ammonia emissions). In order to prevent over or undersupply of the animals, on the one hand the animals' requirements must be calculated and on the other hand the ingredients or the ruminal degradation dynamics of the feedstuffs must be known. Besides the classical Weender and detergent analysis, methods like CNCPS protein fractionation and modified Hohenheim gas test (mod. HFT) give information about ruminal degradation rates and microbial protein synthesis.

The results of this experiment showed a strong influence of conservation method (fresh grass, silage and hay) on the percentage of NPN compounds (fraction „A“) and the percentage of fast, medium and slow degradable protein (fraction „B1“, „B2“ and „B3“). Thus, the conservation method „silage“ achieved the highest proportion of NPN compounds (fraction „A“) and the lowest proportion of fraction „B3“ (54 vs. 32 and 22% fraction „A“ in silage vs. fresh forage and hay, respectively).

Passage rate showed a strong influence on UDP content according to CNCPS. Thus, the fraction of UDP increased from 13 to 32% at passage rates of 2 and 8% h⁻¹ for green forage, respectively. This further affected the microbial protein content, after which the content decreased from 113 to 105 g/kg DM at passage rates of 2 and 8% h⁻¹ for fresh forage, respectively. However, this effect of passage rate on microbial protein synthesis was not reflected in the nXP determination of mod. HFT. The nXP content (mod. HFT) remained approximately constant despite increasing passage rates. The effect of increasing UDP content at increasing passage rates on protein usability in the duodenum is critical, especially for forage, because parts of the UDP are fiber-bound.

Keywords: modified Hohenheim gas test, CNCPS protein evaluation, microbial protein content, UDP content, passage rate

1. Einleitung

Für eine wiederkäuergerechte Ernährung braucht es, neben einer ausreichenden Strukturversorgung, eine dem Leistungsbedarf angepasste Nährstoff- und Energieversorgung (KIRCHGEßNER et al. 2014). Um dies zu gewährleisten muss einerseits der Bedarf der Tiere bekannt sein und andererseits müssen die Nährstoff- und Energiegehalte des Futters vorliegen (VAN SOEST 1994, GfE 2001).

Eine Überversorgung mit Energie und Nährstoffen führt zur Verfettung der Tiere und im Weiteren zu Stoffwechselerkrankungen. Zudem belastet eine dem Bedarf übersteigende Eiweißversorgung das Fruchtbarkeitsgeschehen sowie die Umwelt (z. B. Ammoniakemissionen). Dem Gegenüber führt eine Nährstoff- und Energieunterversorgung zu Leistungseinbußen und ebenfalls zu Stoffwechselstörungen (z. B. Ketose).

1.1 Einfluss der Abbaudynamik von Protein und Energie auf die Pansen-Synchronisation

Hinzu kommt, dass neben der angepassten Nährstoff- und Energieversorgung (ruminale Stickstoffbilanz – RNB) auch der zeitliche Einfluss der Protein- und Energieverfügbarkeit im Pansen eine Rolle spielt. Damit die Mikroben im Pansen effizient arbeiten, braucht es zu jeder Zeit ein ausgewogenes Verhältnis von abbaubaren Protein- und Energiequellen.

Man spricht dabei von „Pansen-Synchronisation“ (BLANK et al. 1998, LfL 2017). Um dies in der Fütterung zu berücksichtigen, braucht es Informationen zur ruminalen Abbaurate und Abbaubarkeit der Proteine und der Energie der einzelnen Futtermittel. Als Goldstandard für diese Art der Futtermitteluntersuchung ist hier die *in situ*-Methode anzusehen (ORSKOV et al. 1980). Zudem gibt es auch ein rein chemisches Verfahren, welches Abbaucharakteristiken von Futtermitteln bestimmt. Dieses Cornell Net Carbonhydrate and Protein System – CNCPS – teilt Kohlenhydrate und Proteine nach ihrer Abbaugeschwindigkeit in 5 Fraktionen ein – von sofort löslich bis unlöslich (SNIFFEN et al. 1992).

1.2 Einfluss der Passagerate auf die mikrobielle Protein-Synthese

Diese Information über die Abbaudynamik des Proteins nach CNCPS ermöglicht weiters eine futtermittelspezifische Abschätzung des Anteils an ruminal unabgebautem Protein (UDP) am Rohprotein (XP), sowie eine Berücksichtigung des Effekts unterschiedlicher Passageraten auf den Anteil an UDP (SNIFFEN et al. 1992). Steigt nämlich die Passagerate an, nimmt der Anteil an UDP zu und der Anteil an Mikrobenprotein nimmt ab (Abbildung 1). Dementsprechend ändert sich der Gehalt an „effektiv nutzbarem Rohprotein“ je nach Passagerate (STEINGASS und SÜDEKUM 2013).

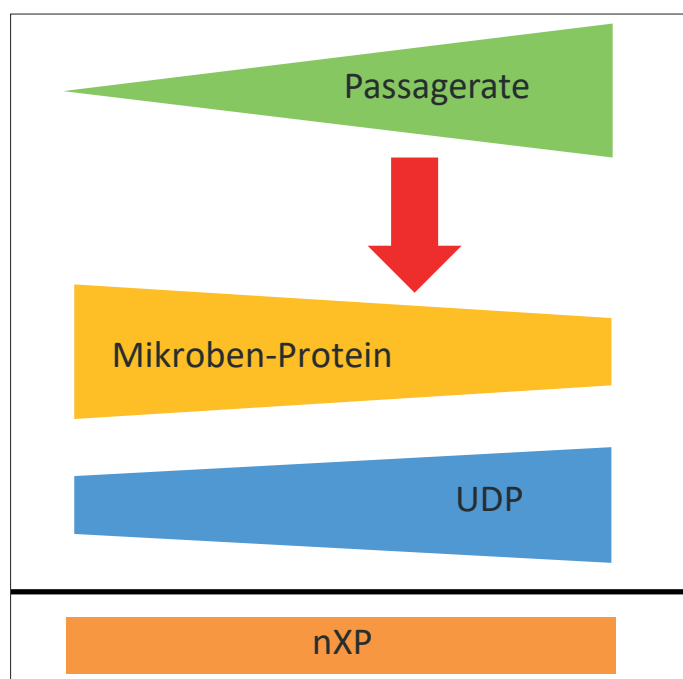


Abbildung 1: Einfluss der Passagerate auf den Anteil an Mikroben-Protein und UDP

Durch passagerate-abhängige UDP-Gehalte aus der CNCPS-Proteinfractionierung lässt sich der dynamische Prozess zwischen Passagerate und Mikrobenproteinsynthese in das bisherige Protein-Bewertungssystem nach ROHR et al. (1986) und GfE (2001) integrieren.

Die *in vitro*-Methode des erweiterten Hohenheimer Futterwerttests (erw. HFT) verfolgt ebenfalls das Ziel einer dynamischen nXP-Bewertung (STEINGASS und SÜDEKUM 2013). Mit Hilfe des erw. HFT lassen sich ebenfalls nXP-Gehalte für unterschiedliche Passageraten berechnen.

Neben der herkömmlichen Weender und Detergenzien-Analyse ermöglichen zusätzliche Untersuchungen – wie das CNCPS und der erw. HFT – einen noch tieferen Einblick in die Futtermittel-Zusammensetzung und geben darüber hinaus Auskunft über die Abbaudynamik einzelner Futtermittel. Dieses zusätzliche Wissen bringt einerseits finanzielle Vorteile durch eine effiziente Rationsgestaltung und andererseits Vorteile für Tiergesundheit und Umwelt.

2. Material und Methoden

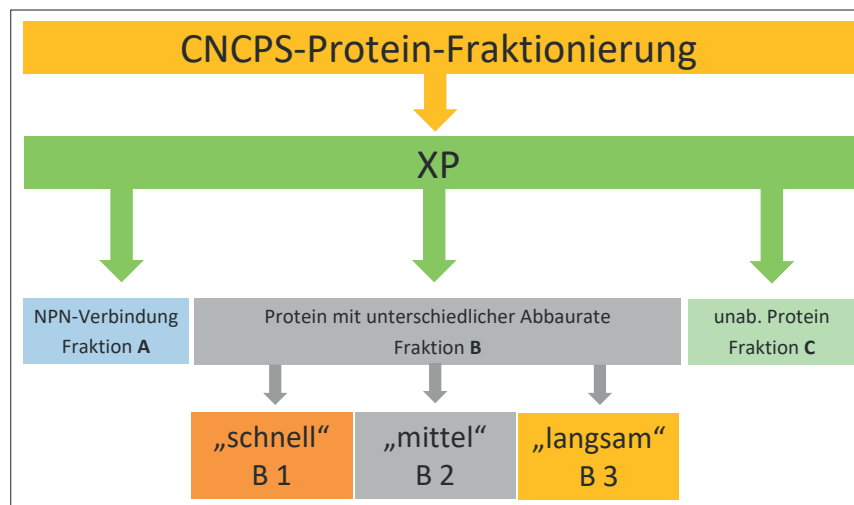
In einem mehrjährigen Projekt der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in Kooperation mit dem Futtermittellabor Rosenau und den Fütterungsreferenten der österreichischen Landwirtschaftskammern wurden 944 Grundfuttermittel-Proben (Wiesenfutter, Feldfutter und Silomais in Form von Frischfutter, Silage und Heu) gesammelt und hinsichtlich der Futtermittel-Inhaltsstoffe untersucht. Neben der Weender und Detergenzien-Analyse nach VDLUFA (1997) und einer WEIßBACH und KUHLA (1995)-Korrektur durchliefen die Futtermittelproben eine CNCPS-Protein-Fraktionierung nach SNIFFEN et al. (1992) sowie eine *in vitro*-Untersuchung zur nXP-Bewertung (erw. HFT nach STEINGASS und SÜDEKUM 2013) (Tabelle 1).

Tabelle 1: Verteilung der 944 Futtermittelproben nach Botanischer Gruppe (Wiesenfutter, Feldfutter, Silomais), Konservierungsform (Grünfutter, Silage und Heu), Aufwuchs (1 – 1. Aufwuchs, 2 – 2. und Folgeaufwüchse) und durchgeführter Analyse (Weender und Detergenzien-Analyse, CNCPS, erw. HFT)

	Konservierung	Aufwuchs	Weender- und Detergenzien-Analyse	CNCPS	erw. HFT
Wiesenfutter	Grünfutter	1	109	49	65
		2	68	32	39
	Silage	1	187	166	70
		2	126	109	66
	Heu	1	151	86	130
		2	159	90	140
Feldfutter	Grünfutter	1	19	7	11
	Silage	2	8	1	2
		1	19	11	14
Silomais	Silage	1	98	81	68
			944	632	605

Die Protein-Fraktionierung nach CNCPS (SNIFFEN et al. 1992) unterteilt das Rohprotein (XP) in Nicht-Protein-Stickstoff-Verbindungen (NPN; Fraktion „A“), echtes Protein (Fraktion „B“) und unabbaubaren Stickstoff (Fraktion „C“). Zudem wird das echte Protein noch hinsichtlich seiner ruminalen Abbaugeschwindigkeit in „schnell-“, „mittel-“ und „langsam-“ abbaubares Protein unterteilt (Fraktion „B1“, „B2“ und „B3“; Abbildung 2). Die Ergebnisse der CNCPS-Untersuchung dienten weiters zur Berechnung des UDP-Gehaltes nach SNIFFEN et al. (1992) und im Weiteren zur Berechnung des Mikroben-Protein- und nXP-Gehaltes (GfE 2001) bei Passageraten von 2, 5 und 8 % h⁻¹.

Abbildung 2: Schematische Darstellung der CNCPS-Protein-Fraktionierung. Dabei wird das Rohprotein in weitere 5 Fraktionen unterteilt – Fraktion „A“, „B1“, „B2“, „B3“ und „C“



Die *in vitro*-Futtermittel-Untersuchung des erw. HFT nach STEINGASS und SÜDEKUM (2013) bestimmt den mikrobiellen Proteinabbau zu NH_4 -Stickstoff von Futtermittelproben nach 8 bzw. 48 h. Dabei wird Pansensaft (Blindwert) bzw. ein Gemisch aus Pansensaft und Futtermittel (Probe) in Kolbenproben bei 38 °C in einem Wärmeschrank bebrütet. Nach 8 bzw. 48 h werden einzelne Kolbenproben aus dem Schrank entnommen, auf Eis gelegt und anschließend einer NH_4 -N-Analyse unterzogen. Anhand des NH_4 -N-Gehaltes des Blindwertes und der Probe sowie dem Gesamtstickstoffgehalt der Futtermittelproben wird der nXP-Gehalt – bestehend aus Mikrobenprotein und UDP – bei unterschiedlichen Passageraten berechnet (Abbildung 3).

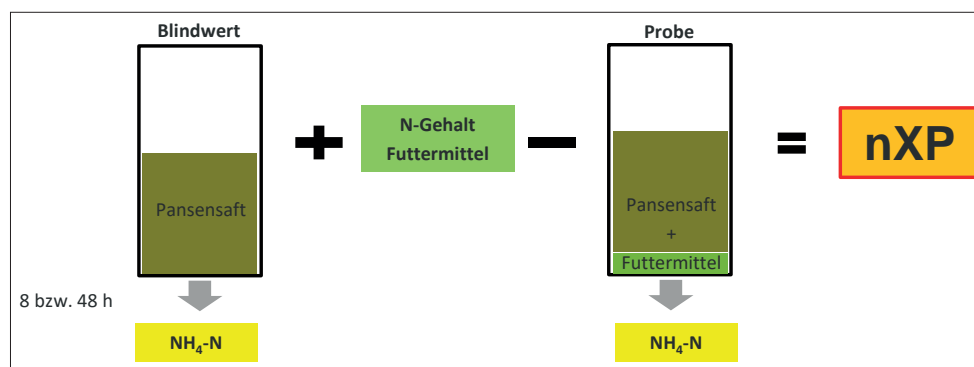


Abbildung 3: Schematische Darstellung der *in vitro*-Methode erw. HFT nach STEINGASS und SÜDEKUM (2013)

Der Energiegehalt wurde mit Hilfe der Rohnährstoffe berechnet. Des Weiteren erfolgte die Energiebewertung auch auf Basis der *in vitro*-Methode „ELOS“ (enzymlytische Organische-Substanz nach VDLUFA 1997) und HFT (STEINGASS und MENKE 1986), wobei die Schätzggleichung der GfE (2008) angewendet wurde. In der vorliegenden Arbeit wird ausschließlich auf Aspekte des Proteins eingegangen. Die Ergebnisse zur Energiebewertung sind bei GRUBER et al. (2022) dargestellt.

Die Auswertung der vorliegenden Daten erfolgte mit Hilfe eines Allgemeinen Linearen Modelles (GLM) im Statistikprogramm StatGraphics. Um den Einfluss der botanischen Gruppe (Wiesenfutter vs. Feldfutter vs. Silomais) auf die Futtermittelinhaltsstoffe zu erheben, wurden die fixen Effekte „Botanische-Gruppe“ und „Konservierung“ verwendet. In einem Weiteren GLM wurde der Einfluss der Konservierung (Grünfutter vs. Silage vs. Heu) und des Aufwuchses (1. vs. ≥ 2 . Aufwuchs) von Wiesenfutter untersucht. Neben den fixen Effekten „Konservierung“ und „Aufwuchs“ wurde auch die Wechselwirkung „Konservierung \times Aufwuchs“ berücksichtigt. Die Ergebnisse werden im Weiteren als Least-Square-Means (LSMeans) dargestellt. Die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt bei 5 % und ist durch unterschiedliche Hochbuchstaben gekennzeichnet.

3. Ergebnisse

3.1 Einfluss der botanischen Gruppe, der Konservierung und des Aufwuchses auf den XP-Gehalt und die CNCPS-Fraktionen

Die Ergebnisse zum Einfluss von botanischer Gruppe, Konservierung und Aufwuchs auf XP-Gehalt und die CNCPS-Proteinfraktionen sind in *Abbildung 5* dargestellt.

Der XP-Gehalt zeigte zwischen den botanischen Gruppen – Wiesenfutter, Feldfutter und Silomais – signifikante Unterschiede. Demnach wurde der höchste XP-Gehalt bei Feldfutter (168 vs. 145 bzw. 66 g/kg TM bei Wiesenfutter bzw. Silomais) bestimmt. Hinsichtlich der sofort löslichen N-Verbindungen (Fraktion A) zeigte sich zwischen den botanischen Gruppen kein Unterschied.

Die Konservierung hatte einen signifikanten Einfluss auf den XP-Gehalt sowie auf die Proteinfraktionen bei Wiesenfutter. Die Konservierungsform „Heu“ hatte mit 131 g XP/kg TM den niedrigsten Proteingehalt (156 bzw. 152 g XP/kg TM bei Grünfutter bzw. Silage).

Die Silage zeigte den signifikant höchsten Anteil an Fraktion A und gleichzeitig die geringsten Anteile an potentiell abbaubarem Protein (Fraktionen B1, B2 und B3) und unabbaubarem Protein (Fraktion C).

Der erste Aufwuchs des Wiesenfutters hatte signifikant niedrigere XP-Gehalte im Vergleich zu dem ≥ 2 . Aufwuchs (137 g vs. 156 g XP/kg TM). Allerdings waren die leicht löslichen Fraktionen A und B1 im ersten Aufwuchs signifikant höher als in den Folgeaufwüchsen (39 % vs. 33 % Fraktion A).

3.2 Einfluss der Konservierung auf den nXP-Gehalt, den UDP-Anteil und die Mikrobenprotein-Synthese bei unterschiedlichen Passageraten

Der nXP-Gehalt bei unterschiedlicher Passagerate wurde mit dem erw. HFT erhoben und ist in *Abbildung 6* dargestellt. Der UDP-Anteil wurde anhand der Ergebnisse aus der CNCPS-Fraktionierung errechnet und ist ebenfalls für die Passageraten 8, 5 und 2 % h⁻¹ dargestellt. Diese UDP-Gehalte wurden im Weiteren zur Berechnung der Mikroben-Proteinsynthese verwendet und sind ebenfalls in *Abbildung 6* dargestellt. Die strichlierten Linien in *Abbildung 6* dienen als Referenzwerte (UDP-Gehalte in DLG 1997 und MP nach GfE 2001).

Die Ergebnisse dieses Versuches zeigen, dass der Einfluss der Passagerate auf den nXP-Gehalt nach erw. HFT sehr gering ist (z.B. Grünfutter: 171, 169 und 167 g nXP/kg TM bei Passageraten von 8, 5 und 2 % h⁻¹). Anhand des berechneten UDP-Gehaltes nach der CNCPS-Fraktionierung wurde allerdings ein starker Einfluss der Passagerate festgestellt. Dies führte bei Grünfutter zu einem Anstieg des UDP-Gehaltes von 13 auf 32 % bei Passageraten von 2 bzw. 8 % h⁻¹. Dieser Anstieg des UDP-Gehaltes wirkte sich im Weiteren auch auf die Mikrobenprotein-Synthese aus. So nahm der Mikrobenprotein-Gehalt bei Grünfutter mit steigender Passagerate von 113 auf 105 g/kg TM ab.

4. Diskussion

4.1 Einfluss der Konservierung auf den nXP-Gehalt, den UDP-Anteil und die Mikrobenprotein-Synthese bei unterschiedlichen Passageraten

Die Konservierung übte bei Wiesenfutter einen starken Einfluss auf die Proteinfractionen nach CNCPS aus. So zeigte die Konservierungsform „Silage“ den signifikant höchsten Anteil an sofort löslichem Stickstoff (54 vs. 32 bzw. 22 % Fraktion A bei Silage vs. Grünfutter bzw. Heu). Unmittelbar nach der Mahd kommt es zum Abbau von Protein zu NPN-Verbindungen. Diese sogenannte mikrobielle Proteolyse wird im Zuge des Silage-Prozesses weitergeführt und hat somit einen Anstieg von Nicht-Protein-Stickstoff-Verbindungen (NPN-Verbindungen) zur Folge (HOEDTKE et al. 2010). Durch ein rasches Absenken des pH-Wertes im Zuge des Silage-Prozesses wird die Proteolyse unterbrochen. Somit ist ein rascher pH-Wert Rückgang in der Silage auch für die Proteinqualität von großer Bedeutung. Ein tiefer pH-Wert in der Silage verringert zudem die Gefahr von gasförmigen Stickstoffverlusten (NH₃-H) beim Öffnen der Futtermittelvorräte (WEIßBACH und KUHLA 1995). Des Weiteren zeigen die Ergebnisse des vorliegenden Versuches den signifikant niedrigsten Anteil an Fraktion B in der Konservierungsform Silage. Dies verdeutlicht ebenfalls den Abbau von echtem Protein zu NPN-Verbindungen. Zudem beschrieben DEWAR et al. (1963) im Zuge des Silage-Prozesses einen Abbau der Hemizellulose. Dadurch wird das Hemizellulose-gebundene Protein ebenfalls für den mikrobiellen Abbau verfügbar, was sich in den vorliegenden Ergebnissen in sinkenden B3-Anteilen (Hemizellulose-gebundenes Protein) niederschlägt.

Ein weiterer unerwünschter mikrobieller Abbau von Aminosäuren zu Ammoniak und biogenen Aminen wird Desmolyse genannt (HOEDTKE et al. 2010). Indiziert wird dieser

Prozess beispielsweise durch Clostridien. Anhand der CNCPS-Fraktionierung kann allerdings nicht zwischen Proteolyse und Desmolyse unterschieden werden.

Auf Grund von Bröckelverlusten bei der Heuwerbung (KIENDLER et al. 2019) ergeben sich nicht nur signifikant niedrigere XP-Gehalte, auch der Anteil an Fraktion A ist signifikant niedriger im Vergleich zu Grünfutter und Silage.

Die Informationen aus den CNCPS-Proteinfractionen geben demnach Auskunft über die Qualität der Konservierung und im Weiteren bringen diese zusätzlichen Informationen über die ruminale Abbaugeschwindigkeit einzelner Futtermittel Vorteile in der Rationsgestaltung. Damit die Mikroben im Pansen effizient arbeiten, braucht es einerseits eine ausgeglichene ruminale Stickstoffbilanz (RNB) und andererseits eine zeitliche Koordination der Abbauraten unterschiedlicher Futtermittel im Pansen. Ziel ist es, eine kontinuierliche Versorgung mit abbaubarem Protein und Energie für die Mikrobenprotein-Synthese im richtigen Verhältnis sicherzustellen (GfE 2001). Man spricht dabei von der Pansen-Synchronisation (BLANK et al. 1998, LfL 2017). Demnach empfiehlt sich Kohlenhydrat- und Eiweißfuttermittel in der Ration so zu kombinieren, dass beispielsweise einer Grassilage mit hohem Anteil an Protein-Fraktion A eine rasch-abbaubare Kohlenhydrat-Komponente gegenübersteht. Dies führt zu einer effizienten Nutzung des Proteins und reduziert so Stickstoffverluste (Abbildung 4).

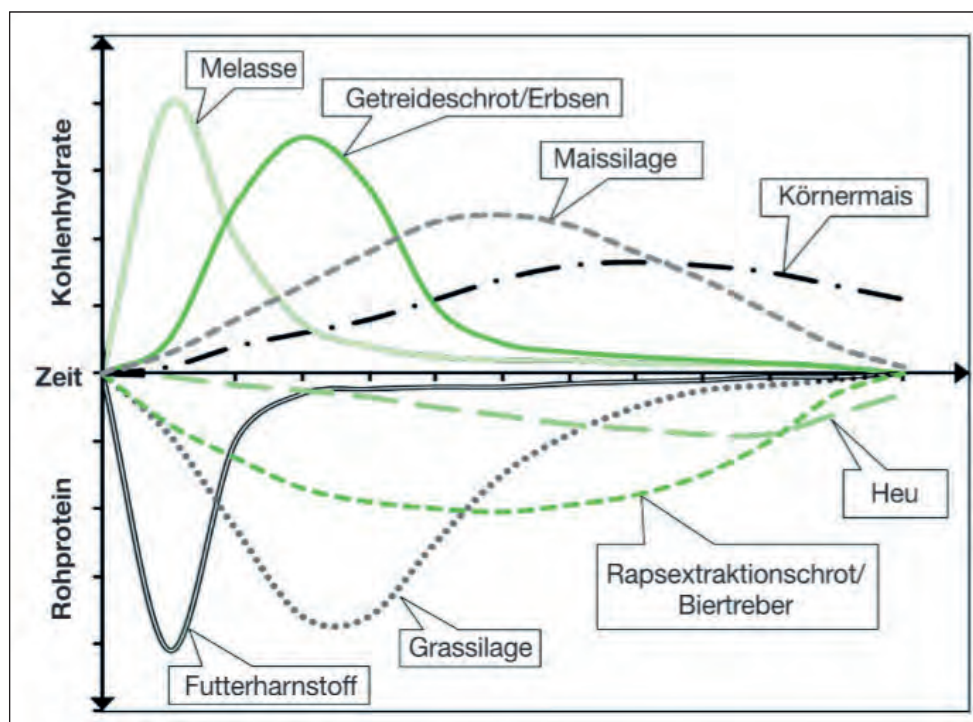


Abbildung 4: Ruminale Abbaugeschwindigkeit von Kohlenhydrat- bzw. Eiweißfuttermitteln nach LfL 2018

4.2 Einfluss der Konservierung auf den nXP-Gehalt, den UDP-Anteil und die Mikrobenprotein-Synthese bei unterschiedlichen Passageraten

Die Ergebnisse dieses Versuches zeigen einen starken Einfluss der Passagerate auf den UDP-Gehalt von Wiesenfutter der CNCPS-Fraktionierung. Im Weiteren beeinflussten diese Passagerate-abhängigen UDP-Anteile auch den Gehalt an Mikrobenprotein. Steigt der Anteil an UDP, nimmt der Gehalt an abbaubarem XP für die ruminale Mikrobenprotein-Synthese ab (Formel „9“ nach GfE 2001). Dadurch reduziert sich der Gehalt des Mikrobenproteins von 113 g/kg TM auf 105 g/kg TM bei Zunahme der Passagerate von 2 auf 8 % bei Grünfutter und Silage.

Dem gegenüber wirkte sich die Passagerate nur bedingt auf den nXP-Gehalt nach erw. HFT aus. Ebenso wie bei der Protein-Bewertung nach GfE (2001) setzt sich das nXP nach erw. HFT aus dem Mikrobenprotein und dem UDP zusammen. Eine Differenzierung dieser Komponenten anhand des erw. HFT ist nur rechnerisch möglich. Zudem muss kritisch hinterfragt werden, wie viel Protein aus dem UDP am Duodenum tatsächlich für das Tier „nutzbar“ ist, da gerade bei Grundfutter ein beträchtlicher Teil des UDPs fasergebunden ist (SNIFFEN et al. 1992). Vor allem die Fraktion C kann als unverwertbar angesehen werden. Zwar wird bei der Berechnung des nXP-Bedarfs am Duodenum die intermediäre Verwertung der absorbierten Aminosäuren (AS), die Absorbierbarkeit des AS-N sowie der Anteil des AS-N am Nicht-AS-N berücksichtigt, nicht aber die tatsächliche bzw. effektive „Nutzbarkeit“ des UDPs. Eine Miteinbeziehung unterschiedlicher Passageraten in die Protein-Bewertung erscheint gerade für Grundfuttermittel interessant, um den Wert des UDPs für das Tier gerade bei steigenden Passageraten nicht zu überschätzen.

5. Literatur

BLANK, R., K.-H. SÜDEKUM, I. IMMIG und J. KLEINMANS, 1998: Synchroner Abbau von Kohlenhydraten und Rohprotein in den Vormägen – eine neue Variable für die Rationsgestaltung? Übers. Tierernährg. 26, 157-188.

DEWAR, W.A., P. McDONALD und R. WHITTENBURY, 1963: The hydrolysis of grass hemicelluloses during ensilage. J. Sci. Food and Agric. 14, 411-417.

DLG 1997: DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer. 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 212 S.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder., DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 135 S.

GRUBER, L., T. GUGGENBERGER, S. GAPPMAIER, G. TERLER, A. SCHAUER und J. WÖBER, 2022: Untersuchungen zur Aktualisierung der Futterbewertung im Futtermittellabor Rosenau. Teil 2a: Ergebnisse zur Verdaulichkeit und Energiebewertung von Wiesenfutter auf Basis einer Meta-Analyse spezifischer Verdauungsversuche an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. 49. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 107-142.

HOEDTKE, S., M. GABEL und A. ZEYNER, 2010: Der Proteinabbau im Futter während der Silierung und Veränderungen der Zusammensetzung der Rohproteinfraktion. Übers. Tierernährg. 38, 157-179.

KIENDLER, S., L. GRUBER, G. TERLER, M. VELIK, D. EINGANG, A. SCHAUER und M. ROYER, 2019: Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Futterwert, Futteraufnahme und Milchleistung. 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 97-109.

KIRCHGEßNER, M., G. STANGL, F. SCHWARZ, F. ROTH, K.-H. SÜDEKUM und K. EDER, 2014: Tierernährung, DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main.

KIRCHHOF, S., 2007: Kinetik des ruminalen *in situ*-Nährstoffabbaus von Grünlandaufwüchsen des Alpenraumes unterschiedlicher Vegetationsstadien sowie von Maissilagen und Heu – Ein Beitrag zur Weiterentwicklung der Rationsgestaltung für Milchkühe. Christian-Albrechts Universität Kiel.

LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft), 2017: Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen. 42. Auflage, LfL, Poing, 100 S.

ORSKOV, E.R., F.D.D.B. HOVELL und F. MOULD, 1980: The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5, 195-213.

ROHR, K., P. LEBZIEN, H. SCHAFFT und E. SCHULZ, 1986: Prediction of duodenal flow of non-ammonia nitrogen and amino acid nitrogen in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 14, 29-40.

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 K. MENKE, 1986: Schätzung des energetischen Futterwerts aus der *in vitro* mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. I. Untersuchung zur Methode. *Übersichten Tierernährung* 14, 251-270.

STEINGASS, H. und K. SÜDEKUM, 2013: Proteinbewertung beim Wiederkäuer – Grundlagen, analytische Entwicklungen und Perspektiven. *Übersichten Tierernährung* 41, 51-73.

VAN SOEST, P.J., 1994: *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd edition, Cornell University Press, Ithaca and London, 476 S.

VDLUFA, 1997: *Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*, inkl. Ergänzungsblätter 1976, 1983, 1988, 1993. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

WEIßBACH, F. und S. KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassengehaltes von Silagen und Grünfütter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. *Übersichten Tierernährung* 23, 189-214.

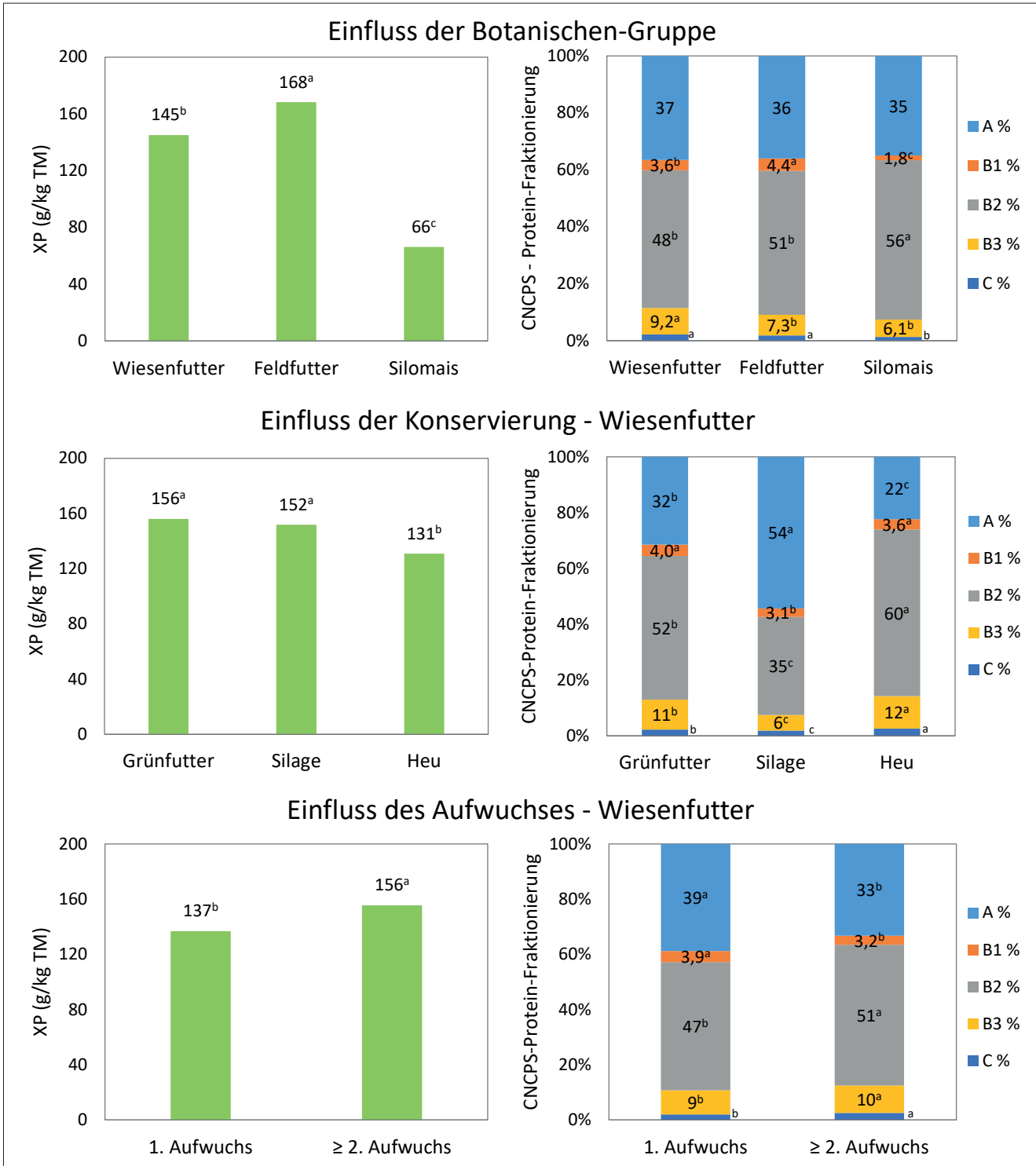


Abbildung 5: Einfluss der botanischen Gruppe, sowie der Einfluss von Konservierung und Aufwuchs bei Wiesenfutter auf den XP-Gehalt und die CNCPS-Proteinfraktionierung

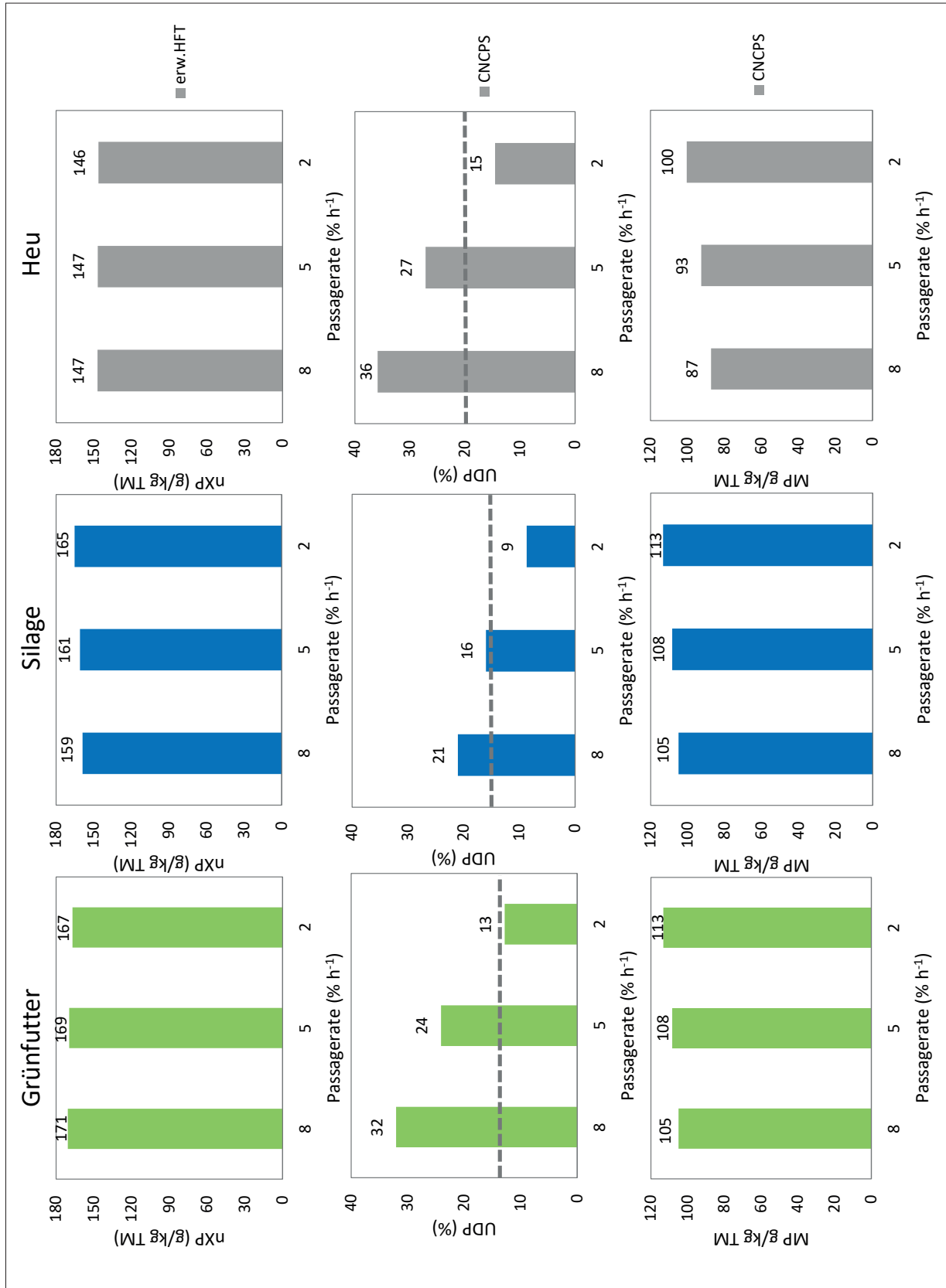


Abbildung 6: Einfluss der Konservierung auf den nXP-Gehalt nach dem erw.HFT bei unterschiedlicher Passagerate sowie den UDP-Anteil nach der CNCPS-Protein-Fraktionierung ebenfalls für die Passageraten 8, 5 und 2 % h⁻¹ und den daraus errechneten Gehalt an Mikrobenprotein (MP). Die strichlierte Linie dient als Referenzwert (UDP-Gehalte DLG (1997))

Intensive Ochsenmast mit Maissilage – Überblick und Praxisbericht

Wolfgang Stromberger^{1*}

Die Rindfleischproduktion in Österreich ist traditionell breit aufgestellt. Das AMA-Gütesiegel-Programm „Frischfleisch“ umfasst zum Beispiel Kategorien wie Jungstiere, Ochsen, Kalbinnen, Jungrinder und Kälber. Die Stiermast hat dabei den größten Anteil und wird hauptsächlich über intensive Mastformen abgedeckt.

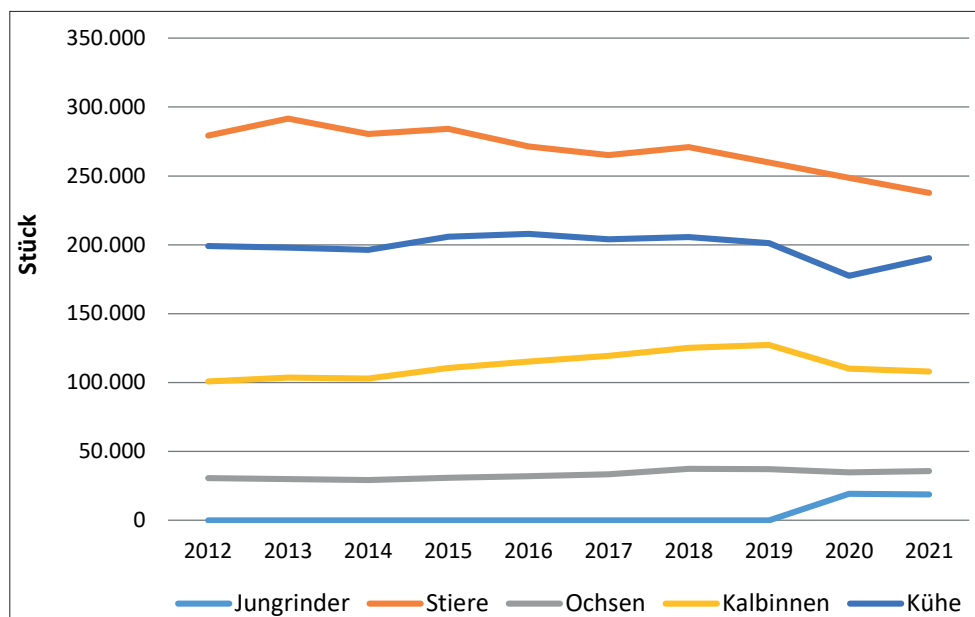


Abbildung 1: Untersuchte Schlachtungen 2012 bis 2021, in Stück
Quelle: STATISTIK AUSTRIA, Schlachtungsstatistik; Veterinärverwaltung. Erstellt am 16.02.2022. In den Jahren bis 2019 ist die Anzahl der „Jungrinder“ nicht näher quantifizierbar in den Kategorien „Stiere“, „Ochsen“ und „Kalbinnen“ enthalten

Stiere punkten mit guten Mast- und Schlachtleistungen, wobei intensive Rationen hauptsächlich auf Maissilage als Grundfutter aufgebaut sind.

Kalbinnen und Ochsen werden eher extensiv gemästet, ihre Rationen sind auf Grünlandfutter aufgebaut und ermöglichen eine Nutzung von Weide und Almflächen. In speziellen Vermarktungsprogrammen wie z.B. Almochse, Weidekalbin werden diese Produktionsformen schon seit Jahren erfolgreich betrieben. Kalbinnen- und Ochsenfleisch zeichnet sich durch eine hohe Fleischqualität mit höheren Anteilen intramuskulärem Fett aus und ist dem Stierfleisch in der Schmackhaftigkeit meist überlegen. Dies trifft auch auf intensiver gemästete Tiere zu, wie Ergebnisse aus dem Dafne-Projekt Nr. 101013 „Intensive Mast von Stier, Ochse und Kalbin“ (Kooperationsprojekt HBLFA Raumberg-Gumpenstein und Fachschule Obersiebenbrunn) unter anderem zeigen. Hervorzuheben ist dabei Ochsenfleisch aus intensiver Fütterung, welches bei Verkostungen bei Zartheit, Saftigkeit und Geschmack sehr gute Noten erreichte.

Tabelle 1: Einfluss des Geschlechts bei der Verkostung des Rostbratens

Merkmal	Geschlecht		
	Kalbin	Ochse	Stier
Saftigkeit	4,1 ^b	4,5 ^a	3,7 ^c
Zartheit	4,4 ^b	4,8 ^a	3,4 ^c
Geschmack	4,7 ^a	4,8 ^a	4,1 ^b

^{a,b} unterschiedliche Hochbuchstaben bedeuten signifikante Unterschiede;

Bewertung nach 6-teiligem Bewertungsschema (1 = sehr trocken, sehr zäh, wenig ausreichender Geschmack;

6 = sehr saftig, sehr zart, ausgezeichnete Geschmack)

¹ Landwirtschaftskammer Kärnten, Beratung Rinderfütterung, Milchwirtschaft, Museumgasse 5, A-9020 Klagenfurt

* Ansprechpartner: Ing. Wolfgang Stromberger, email: wolfgang.stromberger@lk-kaernten.at

Qualitätsprogramme Mastochsen

Diese Umstände haben zur Entwicklung verschiedenster, oft regionaler Programme zur Vermarktung von Ochsenfleisch geführt. Um die Vorteile einer konstanteren Fütterung mit Maissilage nutzen zu können und ein gleichmäßiges Angebot im Jahresverlauf zu erreichen, versuchte man auch intensive Stiermäster mit diesen Programmen anzusprechen. Von Vorteil waren dabei die geringen Unterschiede in den Anforderungen der Qualitätsproduktion bei Jungstieren und Ochsen.

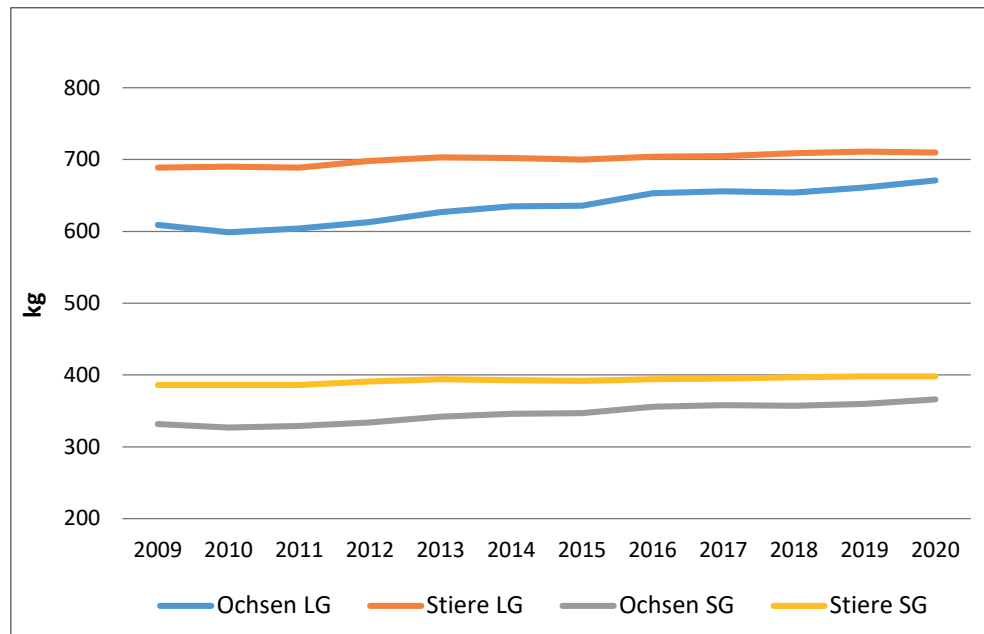
Tabelle 2: AMA-Gütesiegel Anforderungen Jungstier, Ochse, Kalbin (Österr. Rinderbörse, Stand 2022)

Kategorie	Alter Monate	Handelklassen	Fettklassen	Schlachtgewicht kalt, kg	Tägliche Zunahmen
Jungstier	Jünger 20	E, U, R	2, 3	328,3 bis 441	> 1.200 g
Ochsen	Jünger 30	E, U, R	2, 3, 4	328,3 bis 441	> 1.100 g
Kalbinnen	Jünger 24	E, U, R	2, 3, 4	250 bis 352,8	> 1.000 g

Um die Verbindung zum Grünland nicht zu verlieren und aktuelle Trends zu verfolgen, setzt man häufig auf Einsteller aus der Mutterkuhhaltung und tierfreundliche Haltungsförmlichkeiten mit mehr Platzangebot und eingestreuter Liegefläche.

Dass man mit diesen Programmen auch intensivere Betriebe erreichen konnte, zeigt die steigende Anzahl an Ochsen Schlachtungen, aber auch die Verbesserung der Mastleistung, wie Schlachtgewicht, Ausbeute und Tageszunahmen. Der Mastochse kommt heute nicht mehr ausschließlich aus extensiven Betriebsformen, auch intensivere Betriebe beschäftigen sich damit. Programme mit Unterstützungen für Haltungsförmlichkeiten mit mehr Tierwohl und Stroheinstreu, verstärken diesen Trend.

Abbildung 2: Entwicklung Lebend- (LG) und Schlachtgewichte (SG), Stiere und Ochsen in Österreich; Quelle: AMA Marktinformation, Lebend- und Schlachtgewichte 2009 bis 2020



Beispiel eines Vermarktungsprogrammes: TANN Qualitätsochsenfleisch aus der Alpenregion (Tann-Alpenochs):

- AMA Gütesiegel Erzeugervertrag
- Zusatzvereinbarung mehr Tierwohl
- Herkunft Alpenregion
- Tiere aus Mutterkuhhaltung
- Fleischrassekreuzungen

Mit der steigenden Nachfrage und den Anforderungen an eine gleichbleibende Qualität, verlagerte sich die Produktion teilweise in Richtung ganzjähriger Stallhaltung. Ähnliches gilt für die Fütterung auf Basis Maissilage, wodurch wesentlich konstantere Rationen als mit Grassilage aus dem Grünland möglich sind. Schwankungen in der Futterqualität aufgrund unterschiedlicher Feldstücke und Nutzungshäufigkeit stellen nach wie vor die größte Herausforderung dar.

Von Seiten der Vermarktungsorganisationen brauchte es daher gute Argumente in Richtung Stiermäster, um auch Betriebe für eine intensive Ochsenmast zu gewinnen:

- Jahrespreis bzw. kalkulierbare Zuschläge
- Geringere Preisschwankungen gegenüber Stierpreis
- Haltungsbedingungen Gruppenmanagement leichter möglich
- Weniger Unruhe, Gruppenwechsel geringe Auswirkungen
- Kleingruppen bis Einzeltierverkauf eher möglich

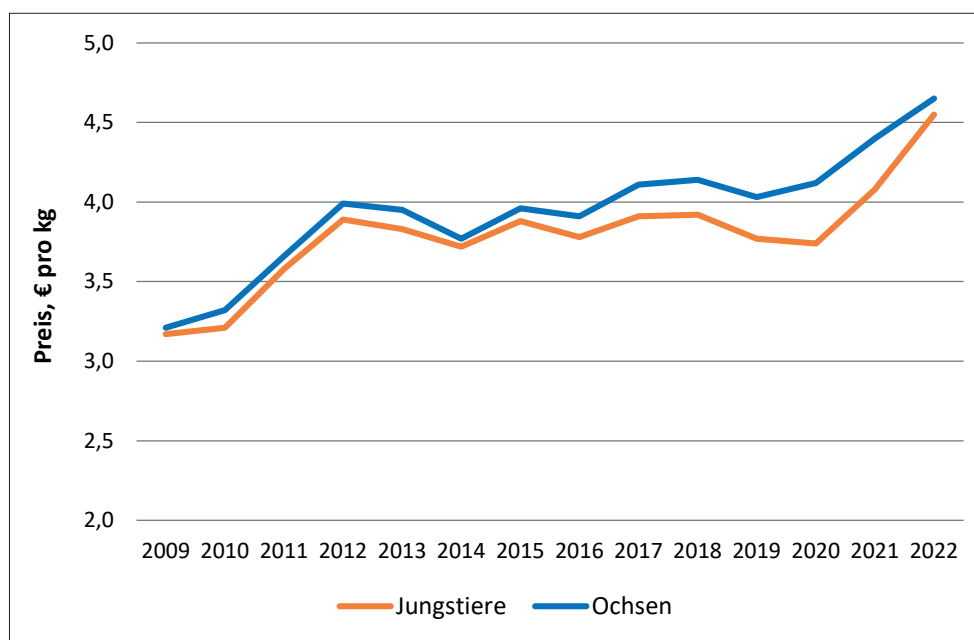


Abbildung 3: Preisentwicklung Stiere und Ochsen in Österreich; Quelle: AMA Marktbericht, Vieh und Fleisch, Jahresbericht 2020, Frei Rampe Schlachthof Preis EUR/kg ohne USt. gem. Viehmeldeverordnung

Fütterung Mastochsen intensiv

Informationen zur intensiven Fütterung von Mastochsen waren und sind nur mangelhaft verfügbar. In den allgemein gültigen Empfehlungen zum Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, GfE 1995, gibt es keine Daten speziell für Ochsen. In der Gruber Tabelle zur Fütterung in der Rindermast, der LfL Bayern, gibt es zumindest eingeschränkte Empfehlungen und Beispielsrationen für die Ochsenfütterung. Für intensive Gruppen mit höheren täglichen Zunahmen oder in höheren Gewichtsbereichen über 650 kg fehlen allerdings Daten und Erfahrungswerte. Anhand dieser spärlichen Informationen begann auf einem Kärntner Praxisbetrieb, die Anpassung der Fütterung ausgehend von Stierrationen hin zu intensiver Ochsenfütterung.

Tabelle 3: Empfehlungen zur täglichen Energie- und Proteinversorgung von Ochsen
Mittlere Zunahmen 1.200 g, Lebendgewicht bis 650 kg

Gewicht kg	300	350	400	450	500	550	600	650
ME, MJ	75,3	84,1	92,2	99,4	105,7	110,8	114,7	117,3
XP, g	864	964	1.056	1.139	1.210	1.270	1.318	1.351

(Quelle: Gruber Tabelle zur Fütterung in der Rindermast, 2020, LfL Bayern)

Tabelle 4: Rationsbeispiel für die Ochsenmast: Tägliche Zunahmen 1.000 g, Mastendgewicht bis 650 kg, maisbasiert

Lebendgewicht, kg	Tägliche TM-Aufnahme, kg	Maissilage, kg	Rapsextraktions-schrot, kg	Mineralfutter/ Kalk, g
250	5,2 - 5,8	12	1,0	60/40
350	7,0 - 7,6	16	1,2	70/40
500	8,8 - 9,4	20	1,5	80/30

(Quelle: Gruber Tabelle zur Fütterung in der Rindermast, 2020, LfL Bayern)

Praxisbericht: Mastbetrieb

Der Betrieb ist zur Hälfte mit einem Tieflaufstall und zur anderen Hälfte mit einem zweireihigen Boxenlaufstall (Fressplatz – Spalten, Liegebereich – Tieflaufstall) ausgestattet und weist insgesamt 90 Mastplätze auf. Eingestallt werden Gruppen mit 14 bis 16 Einstellern aus der Mutterkuhhaltung. Es erfolgt eine Einstellprophylaxe mit einer zweifachen Gripeschutzimpfung, 1. Impfung beim Einstellen, 2. Impfung 14 Tage nach Einstelltermin. Die Entwurmung mit Closamectin erfolgt erst 14 Tage nach Einstelltermin, um zusätzlichen Stress zur Futterumstellung und dem Einstellen zu vermeiden. Die Durchführung der Kluppung mittels Kluppzange erfolgt 2 bis 5 Tage nach Einstelltermin – abhängig von der Verfügbarkeit des Tierarztes. Die Tiere kommen zuerst in ein Quarantäneabteil an der Außenseite des Hauptmaststalles. Hier bleiben sie 4 bis 6 Wochen, je nach Boxenverfügbarkeit im Hauptmaststall. Vom Einstellen bis ca. 400 kg Lebendgewicht bleiben sie in Gruppen mit 14 Tieren im Tieflaufsystem mit Stroheinstreu. Im weiteren Verlauf werden die Gruppen geteilt und zu je 7 Tieren in Boxen gehalten. Alle Tiere bis ca. 500 kg werden auf Stroh gehalten, danach in einem 2-Buchtensystem mit Fressplatz Spaltenboden und Liegebereich Tieflaufstall. Für jede Box gibt es zwei Zugänge zur Wasserversorgung mittels Rohrventilbecken mit guten Nachflussmengen.

Fütterung und Rationsgestaltung

Die Fütterung der Mastrinder wurde immer schon möglichst einfach gehalten. Durch die Lage des Betriebs im Gunstbereich des Kärntner Beckens, mit einem Großteil ackerfähigen Flächen, liegt der Schwerpunkt der betriebseigenen Futtergrundlage auf Mais und Getreide. In der Stiermast beschränkte sich die Fütterung auf Maissilage, geringe Mengen Heu als Strukturträger und Appetitanreger und selbst hergestellten Kraftfuttermischungen. Mit steigendem Anteil von Alternativflächen aus Fruchtfolgeauflagen erfolgte der Umstieg bzw. die Ausweitung der Grassilageerzeugung in Rundballen. Der Anteil in der Ration bleibt begrenzt und liegt aktuell zwischen 10 und maximal 15 % in der Futtertrockenmasse. Diese Veränderung unterstützte dennoch den Umstieg auf Ochsenhaltung, ebenso wie die steigenden Preise für Protein-Kraftfuttermittel. Diese sind auch verantwortlich für wechselnde Komponenten und Anteile in der Kraftfuttermischung. Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen wird derzeit auch ein Umstieg auf Fertigfutter in Erwägung gezogen.

Die Futtevorlage der Maissilage erfolgt zweimal täglich mit einer einfachen Entnahmefröße mit Seitenaustragung über Schneckengang. Heu wird immer händisch vorgelegt, Grassilage wird mit einem Ballenabwickler einmal am Tag direkt gefüttert. Die Kraftfuttermischung wird zweimal täglich händisch zugeteilt. In der Stierfütterung konnte die Grundfutteraufnahme über Wiegen erfasst werden. Durch verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung der Umweltbedingungen, wie reduzierte Gruppengröße, mehr Platzangebot, Stroheinstreu, zusätzliches Wasserangebot, zweimalige Futtevorlage und Futternachschieben, erreichten die Tiere Fressleistungen, die deutlich über den Orientierungswerten lagen. Leider konnten diese Verzehrleistungen in der Ochsen-

fütterung nicht gehalten werden. Bei den zuletzt durchgeführten Wiegen für Ochsen über 550 kg Lebendgewicht, lag die Futterraufnahme um etwa 0,5 kg Trockenmasse niedriger als bei den Stieren.

Die Futterqualität der Maissilage wurde regelmäßig mittels Futteranalysen im Futterlabor Rosenau überprüft. Für jedes Erntejahr wurden nach der Öffnung der unterschiedlichen Lagerstellen, teilweise mehrere Probebeziehungen durchgeführt. Dadurch ergaben sich für dasselbe Erntejahr, abhängig von Siloanlage und Lagerdauer, oftmals unterschiedliche Ergebnisse im Trockenmasse und Energiegehalt. Jahreseinflüsse waren eher beim Rohproteingehalt erkennbar. Grundsätzlich liegen die Proteingehalte der Maissilage tendenziell niedriger als vergleichbare Tabellenwerte, die Energiegehalte mit ansteigendem Trend im Laufe der Jahre, eher darüber.

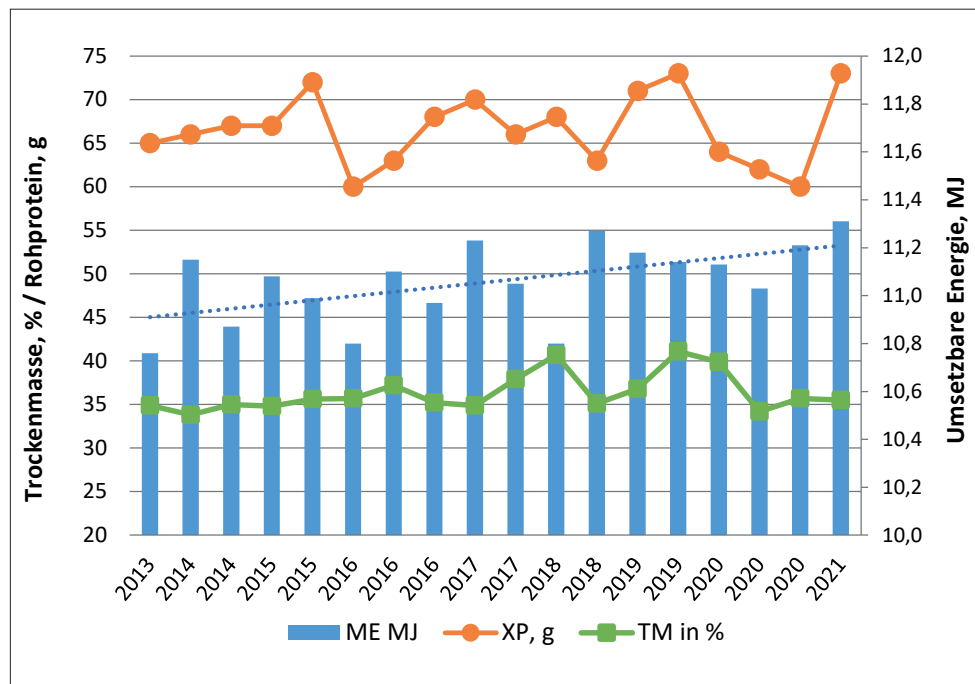


Abbildung 4: Futtergrundlage Maissilage, Qualitätsentwicklung Ernte 2013 bis 2021 Futteranalysen, Futterlabor Rosenau

Aktuelle Gestaltung der Fütterung

Tabelle 5: Nährstoffgehalt der eingesetzten Futtermittel

	Maissilage, 2021	Grassilage, 1. Aw.	Kraftfuttermischung
Trockenmasse, g/kg FM	355	390	886
Energiegehalt MJ ME/kg TM	11,3	10,0	12,2
Rohprotein g/kg TM	73	140	236
Rohfaser g/kg TM	154	290	58

Kraftfuttermischung – Zusammensetzung:

Körnermais	25,8 %
Triticale	30,4 %
Rapsextraktionsschrot	19,4 %
Raps-Soja-Prot 40	19,4 %
Mineralfutter (Ca:P-8:1)	2,3 %
Natriumbikarbonat	0,9 %
Futterkalk	1,8 %

Tabelle 6: Ration 2021/22 Maissilage, Grassilage, Kraftfuttermischung

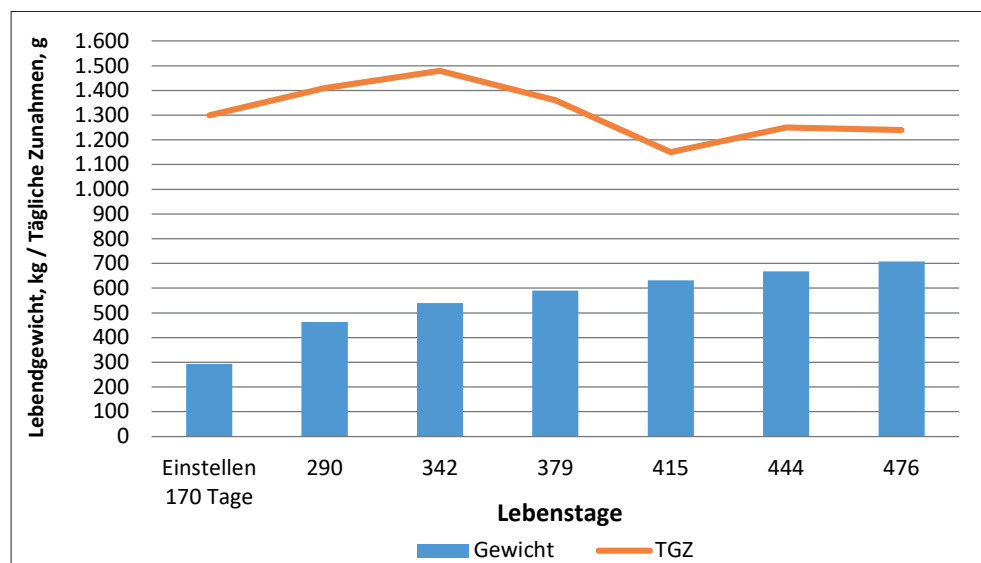
Gewicht	TM ges., kg	Maissilage, kg FM	Grassilage, kg FM	Kraftfutter, kg FM
300	6,7	9,0	2,5	2,8
350	7,4	11,0	2,5	2,8
400	8,0	12,7	2,5	2,8
450	8,5	14,2	2,5	2,8
500	9,0	15,5	2,5	2,8
550	9,4	16,6	2,5	2,8
600	9,7	17,7	2,5	2,8
650	10,0	18,6	2,5	2,8
700	10,3	19,4	2,5	2,8
750	10,6	20,2	2,5	2,8

Datenerhebungen durch Tierwiegen

Am Betrieb finden regelmäßige Wiegen der Tiere statt. Eine Viehwaage wurde vorerst installiert, um beim Verkauf auch Daten zum Lebendgewicht zu erhalten. Die Obergrenzen im Schlachtgewicht waren schon in der Stiermast der begrenzende Faktor. Das Heranfüttern an Gewichtsgrenzen lässt sich aber auch mit Wiegen nicht fehlerlos umsetzen. Trotz Wiegen überschreiten einzelne, sehr wüchsige Tiere mit einem hohen Fleischanteil die Gewichtsgrenzen. Starke Abweichungen in der Schlachtausbeute (54 bis 62 %) bleiben auch bei den Ochsen der größte Unsicherheitsfaktor. Auch aktuell gibt es einzelne Gewichtsüberschreitungen bei den Mastochsen, als Folge fallen diese Tiere aus dem jeweiligen Qualitätsprogramm, werden ohne Preiszuschläge abgerechnet und wirken sich dadurch negativ auf betriebswirtschaftliche Kenngrößen aus.

Wertvolle Informationen zur besseren Einschätzung der Möglichkeiten in der Ochsenmast, bringen hingegen Wiegedaten über den Mastverlauf. Mit diesen Daten gibt es zumindest erste, praktische Anhaltspunkte zu Gewichtsverläufen in der intensiven Ochsenmast. Da es sich um keine wissenschaftlichen Erhebungen handelt und Felddaten naturgemäß stärkeren Schwankungen unterliegen, dürfen sie nicht überbewertet werden. Ansatzweise wird aber das Potenzial vor allem in der Hauptmast bis 550 kg Lebendgewicht ersichtlich. Interessant sind auch Gewichtsentwicklungen über den Mastverlauf, wo große Kompensationseffekte auftreten können, die nur teilweise auf Wiegefehler zurückzuführen sind.

Abbildung 5: Wiegen Ochsen, Verlauf Lebendgewicht, Tageszunahmen



Insgesamt aussagekräftiger sind natürlich vergleichende Daten über die vollständige Mastdauer, wobei dann auch eine höhere Anzahl an Einzeldaten einfließen kann. In der Auswertung der Vermarktungszahlen der Jahre 2020 und 2021 für Stiere und Ochsen werden interessante Details sichtbar.

Die mittleren Tageszunahmen liegen bei den Ochsen um mindestens 200 g unter jenen der Stiere. Bei den Anteilen in den Handelsklassen ist der Unterschied nicht so groß, so konnte auch bei den Ochsen ein Anteil von 98 % in den beiden höchsten Klassen E und U platziert werden. Größer ist naturgemäß der Unterschied in der Fettklasseneinteilung, wo die Ochsen überwiegend der Klasse 4 entsprechen. Der schmale Grat in der Ausrichtung einer intensiven Fütterung wird im Jahresvergleich der Ochsenwerte ersichtlich. Bei einer leichten Reduktion des Verfettungsgrades im Jahr 2021, konnte das hohe Niveau bei den Zunahmen nicht gehalten werden, wodurch sich das Schlachtalter im Durchschnitt leicht erhöhte. Inwieweit vorgewachsene Tiere das Ergebnis im Jahr 2020 verbessert hatten, oder doch Fütterungseinflüsse für die Unterschiede verantwortlich waren, konnte leider nicht restlos geklärt werden.

Tabelle 7: Auswertung Stier – Ochs 2020 und 2021 (Eigene Daten Betrieb)

	Stiere		Ochsen	
	2020	2021	2020	2021
Verkaufte Stück	29	4	42	72
Haltdauer, Tage	289	322	366	375
Schlachtalter, Monate	16,2	17,4	19,0	19,5
Ausbeute, %	57	58	56	56
Einstellgewicht, kg	318	305	305	313
Verkaufsgewicht, kg	754	746	761	751
Schlachtgewicht kalt, kg	432	432	426	421
Handelsklasse (1=P, 5=E)	4,2	5,0	4,1	4,1
Fettklasse (1=mager, 5=fett)	2,7	2,3	3,8	3,5
Mittlere Tageszunahmen, g	1.518	1.388	1.258	1.187
Verkaufspreis, Euro pro kg (inkl.)	4,32	4,68	4,94	5,11

Schlachtleistungsmerkmale von Almrindern: Einfluss von Rasse und Schlachttermin nach Alpung

Slaughter performance of cattle from Alpine livestock systems: Influence of breed and slaughter date after Alpine pasture

Margit Velik¹, Christina Hell² und Andreas Steinwider¹

Zusammenfassung

Die Almhaltung von Nutztieren hat in Österreich nach wie vor Bedeutung und der Begriff „Alm“ hat ein sehr gutes Image. In Österreich gibt es großes Bemühen Almprodukte (Milch und Fleisch) stärker zu bewerben, gezielter zu vermarkten und dadurch mehr Wertschätzung und Wertschöpfung für Almbauern zu erzielen. Ziel der hier vorgestellten Auswertungen war das Liefern einer Datengrundlage, die in weiterer Folge die Formulierung eines Alm-Markenfleischprogramms unterstützt. Hierzu wurden (1) ein Datensatz aus AMA-Rinderdatenbank und Österreichischer Fleischkontrolle (ÖFK) ausgewertet (n= 23.210, Ochsen, Kalbinnen, Jungrinder und Jungkühe, die 2019 bzw. 2020 eine Almmeldung hatten und bis Feb. 2021 geschlachtet wurden) sowie (2) ein Praxis-Schlachtversuch (Alpung vs. Stallausmast) von Ochsen, Jungrindern und Lämmern (je 8 Tiere pro Gruppe) durchgeführt. Ein wesentliches Projektziel war es, den Einfluss von Rinderkategorie, Rasse und Schlachttermin nach Almbtrieb auf die Schlachtkörperqualität (Schlachtgewicht, Schlachalter, Fleisch- und Fettklasse, Nettozunahme) herauszuarbeiten.

Die häufigsten Rassen bzw. Kreuzungen bei gealpten Ochsen, Kalbinnen und Jungrindern sind Fleckvieh (FV) und FV-Gebrauchskreuzungen (CH, LI, WBB). Bei Alm-Kalbinnen ist jedoch die zweithäufigste Rasse Braunvieh (BV), bei Almochsen ist BV die sechsthäufigste Rasse. FV-Gebrauchskreuzungen weisen erwartungsgemäß bessere Schlachtkörperqualitäten als FV auf. Die heimische Rasse Murbodner zeigt in den Auswertungen ähnlich gute Fleischklassen wie FV-Gebrauchskreuzungen.

Rund 15 % der gealpten Kalbinnen, Jungkühe und Jungrinder wird innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb geschlachtet; bei Ochsen sind es nur 5 %. Rund ¼ aller Almrinder wird innerhalb von 1-3 Monaten nach Almbtrieb geschlachtet. Zeitnah nach Alpung geschlachtete Ochsen und Kalbinnen sind generell älter, aber auch leichter als später geschlachtete. Prinzipiell verbessern sich bei Ochsen und Kalbinnen mit späterem Schlachttermin nach Almbtrieb Schlachtgewichte, Fleisch- und Fettklassen und Nettotageszunahmen. Es gibt aber einzelne Ochsen- und Kalbinnenmast-Betriebe, die bei zeitnaher Schlachtung nach Almbtrieb sehr gute Schlachtkörperqualitäten (Fleischklasse U-R, Fettklasse 3) erreichen. Andererseits erreichen bei Schlachtung innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb 30 % der Ochsen und Kalbinnen nur Fleischklasse O und 17 % der Ochsen bzw. 9 % der Kalbinnen nur Fettklasse 1. Damit würden diese Tiere aus allen bestehenden Markenfleischprogrammen herausfallen.

Beim Jungrind hat der Schlachtzeitpunkt nach Almbtrieb keinen so deutlichen Effekt auf Schlachtgewichte Fleisch-, Fettklassen und Nettotageszunahmen (bei Schlachtung innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb: Ø 222 kg Schlachtkörper-

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Institut für Bio-Landwirtschaft und Nutztierbiodiversität, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

² Christina Hell, Bed. BSc schreibt ihre Masterarbeit zu dem Thema am Institut für Nutztierwissenschaften der BOKU Wien

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

gewicht; 3,5 (E=5) Fleischklasse; 2,0 Fettklasse; 722 g Nettozunahme). Die zügige Jungendentwicklung, frühreife Vatterassen und die Milchleistung der Mutterkuh mögen hierfür primär verantwortlich sein.

FV-Jungkühe (maximal 48 Monate alt) erreichen durchschnittlich Fleischklassen von O bei einer durchschnittlichen Fettklasse von 1,8. Ein späterer Schlachtttermin nach Almbetrieb verbessert die Schlachtkörperqualität nur geringfügig. Um bei Alm-Jungkühen entsprechende Schlachtkörper- und Fleischqualitäten zu erzielen, scheint jedenfalls eine gezielte Ausmast notwendig zu sein.

Es zeigte sich eine Tendenz zu niedrigeren intramuskulären Fettgehalten bei zeitnahe Schlachtung nach Almbetrieb. Die Fleischzarterheit (Scherkraft) wurde vom Schlachtzeitpunkt (nach Almbetrieb vs. nach Stallausmast) nicht beeinflusst. Das Fettsäuremuster von Almfleisch ist im Allgemeinen ernährungsphysiologisch günstiger als nach Stallmast.

Schlagwörter: Almfleisch, Alm, Schlachtkörperqualität, Rindermast, Lamm, Ausmast, Fleischqualität

Summary

Keeping farm animals on alpine pasture is still important in Austria and the term „mountainous pasture“ „has a very good image. In Austria, there are great efforts to promote alpine pasture products (milk and meat) more strongly, to market them more specifically and thus to achieve more appreciation and added value for Alpine farmers. The objective of the analyses presented here was to provide a data basis that would subsequently support the formulation of an alpine pasture branded meat program. For this purpose, (1) a dataset from AMA Cattle Database and Austrian Meat Inspection (ÖFK) was evaluated (n= 23210; steers, heifers, suckler calves and young cows that had an alpine registration in 2019 or 2020 and were slaughtered until Feb. 2021). Furthermore, (2) a practical slaughter trial (alpine vs. barn finishing) of steers, suckler calves and lambs (8 animals per group) was conducted. A major objective was to determine the influence of cattle category, breed and slaughter date after mountainous pasture on carcass quality (carcass weight, age at slaughter, conformation and fat class, net gain).

The most common breeds or crosses in steers, heifers and suckler calves are Fleckvieh (FV) and FV crosses (CH, LI, WBB). However, for alpine heifers, the second most common breed is Brown Swiss (BV), and for alpine steers, BV is the sixth most common breed. As expected, FV crosses have better carcass qualities than FV. In the evaluations, the domestic breed Murbodner shows similarly good conformation classes as FV crosses.

About 15% of the heifers, suckler calves and young cows are slaughtered within 1 month after the end of alpine grazing; for steers it is only 5%. About ¼ of all alpine cattle are slaughtered within 1-3 months after alpine pasture. Steers and heifers slaughtered soon after alpine pasture are generally older, but also lighter than those slaughtered later. In principle, slaughter weights, conformation and fat classes, and net daily gains improve for steers and heifers slaughtered later after the end of the pasture season. However, there are individual steer and heifer fattening farms that achieve very good carcass qualities (conformation class U-R, fat class 3) when slaughtered promptly after the end of the pasture. On the other hand, 30% of steers and heifers reach only conformation class O and 17% of steers and 9% of heifers only fat class 1 when slaughtered within 1

month after the end of the alpine pasture season. These animals would drop out of all existing branded meat programs.

For suckler calves, the slaughter date after the end of pasture does not have such a significant effect on carcass weights, conformation class, fat class and daily net gain (when slaughtered within 1 month after the end of pasture: Ø 222 kg carcass weight; 3.5 (E=1) conformation class; 2.0 fat class; 722 g net gain). Rapid development, early maturing sire breeds, and milk yield of the suckler cow may be primarily responsible for this.

Young FV cows (maximum 48 months old) achieve average conformation classes of O with an average fat class of 1.8. A later slaughtering date after pasture improves carcass quality only slightly. In order to achieve appropriate carcass and meat quality in young cows, an indoor finishing phase seems to be necessary.

There was a tendency towards lower intramuscular fat content when slaughtering was carried out soon after leaving alpine pastures. The meat tenderness (shear force) was not influenced by the time of slaughtering (after alpine pasture vs. after barn finishing). The fatty acid profile of alpine pasture meat is generally more nutritionally favorable than after finishing indoor.

Keywords: meat from alpine livestock, high altitude pasture, carcass quality, cattle fattening, lamb, finishing, meat quality

1. Einleitung

Österreichweit werden jährlich rund 300.000 Rinder und ca. 110.000 Schafe gealpt. Im Jahr 2021 gab es knapp 24.000 Betriebe mit Almauftrieb, die Almfutterfläche betrug über 300.000 ha (HOFER 2021). Die meisten Almen und Almfutterflächen finden sich in Tirol, Kärnten, Salzburg, Steiermark und Vorarlberg, wobei seit Jahren ein leicht rückläufiger Trend bemerkbar ist. Almen haben neben einer Schutz- und ökologischer Funktion auch eine wichtige soziokulturelle Funktion. Für Wanderer, Schifahrer, Touristen, Erholungssuchende und Konsumenten ist der Begriff „Alm“ meist sehr positiv besetzt. Darüber hinaus haben auch Almprodukte (Milch, Fleisch) ein sehr gutes Image. Im Rindfleischbereich gibt es bereits einige wenige österreichische Markenfleisch-Programme, die mindestens eine Alpfung vorschreiben. Mehrere andere Markenfleischprogramme führen in ihren Programmnamen „alm-ähnliche“ Bezeichnungen wie „Berg“, „Alpenland“, „Alpenregion“, „ALMO“, „Bergweide“, ohne dass eine Alpfung verpflichtend vorgeschrieben ist.

Ausgehend von der Österreichischen Almwirtschaft und der AMA-Marketing gibt es großes Bemühen Almprodukte (Milch und Fleisch) stärker zu bewerben, gezielter zu vermarkten und dadurch mehr Wertschätzung und Wertschöpfung für Almprodukte und Almbauern zu erzielen.

Ziel der hier vorgestellten Auswertungen und Ergebnisse war das Liefern einer Datengrundlage, die in weiterer Folge die Formulierung eines Alm-Markenfleischprogramms unterstützt. Hierzu wurden (1) ein Datensatz aus AMA-Rinderdatenbank und Österreichischer Fleischkontrolle (ÖFK) ausgewertet sowie (2) ein Praxis-Schlachtversuch von Ochsen, Jungrindern und Lämmern durchgeführt, die entweder zeitnah nach Almabtrieb oder nach Stallausmast geschlachtet wurden. Ein wesentliches Projektziel war es, den Einfluss von Rinderkategorie, Rasse und Schlachttermin nach Almabtrieb auf die Schlachtkörperqualität herauszuarbeiten. Auch sollte die häufige Meinung bewertet werden, dass aufgrund der geringen Futterqualität von Almweiden nach Almabtrieb eine Stallmast zwingend notwendig ist.

2. Tiere, Material und Methoden

2.1 Datensatz AMA-Rinderdatenbank und ÖFK

Als Datengrundlage diente ein Datensatz der AMA-Rinderdatenbank und der ÖFK, mit rund 89.200 Datensätzen, der alle Rinder (und Kälber) enthielt, die 2019 oder 2020 eine Almmeldung hatten und bis Mitte Februar 2021 geschlachtet wurden.

Folgende Datensätze (Zahlen gerundet) des Ausgangsdatensatzes wurden für die Auswertungen gelöscht: 27.100 Schlacht-Rinder (davon 7.500 Kühe und 19.600 sonstige Schlachtrinder), die zwar ein Schlachtdatum hatten, aber keine Schlachtkategorie und Klassifizierung. Da die Auswertungen nur für Ochsen, Kalbinnen, Jungrinder und Jungkühe (maximal 48 Monate) gemacht werden sollten, wurden weiters 8.200 Rinder anderer Schlachtkategorien (Stiere (Schlachtkategorien A, B) und Kälber (V)) sowie 22.200 Altkühe (> 48 Monate) gelöscht. Abschließend wurden nochmals 3.700 Datensätze gelöscht: Dies waren zum einen Rinder mit weniger als 60 Almtagen (60 Almtage für Almprämie erforderlich) sowie Datensätze, die bei Schlachalter und Schlachtgewicht außerhalb der 2,5-fachen Standardabweichung vom Mittelwert der jeweiligen Schlachtkategorie lagen. Folgende Warmschlachtgewicht- und Schlachaltersbereiche wurden in den Auswertungen berücksichtigt: Ochse: 229-503 kg Schlachtkörpergewicht und 15,4-39,3 Monate; Kalbin: 187-444 kg und 15,0-39,0 Monate, Jungrind: 151-299 kg und 8,0-12,0 Monate, Jungkuh 150-414 kg und 24,7-48,0 Monate. Gewichts- und Altersbereiche der Auswertung waren somit weiter als in den derzeitigen österreichischen Markenfleischprogrammen.

Daraus ergab sich ein Datensatz mit 28.031 Tieren der Schlachtkategorien Ochsen (C), Kalbinnen (E), Jungrind (Z) und Jungkuh (D, maximal 48 Monate), die (1) mindestens 60 Almtage aufwiesen, (2) innerhalb der oben angeführten Alters- und Gewichtsgrenzen lagen und (3) 2019 oder 2020 eine Almmeldung hatten und bis Mitte Februar 2021 geschlachtet wurden. Dieser Datensatz wurde für die beiden Auswertungen (siehe Kapitel 2.3) wie folgt weiter eingeschränkt. Für die „Häufigkeitsverteilungen“ wurden daraus alle Rassen und Kreuzungen herangezogen, von denen mindestens 90 Tiere pro Schlachtkategorie vorhanden waren (23.210 Datensätzen). Für die Auswertung „statistisches Modell“ wurde der Datensatz nochmals auf 14.811 Tiere eingeschränkt. Er umfasst nur mehr die 5 häufigsten Rassen/Kreuzungen pro Schlachtkategorie und berücksichtigt nur Tiere, die bis 7 Monate nach Almbtrieb geschlachtet wurden.

2.2 Praxis-Schlachtversuch

Hierzu wurden Probeschlachtungen bei Lämmern, Ochsen und Jungrindern aus Mutterkuhhaltung durchgeführt, die entweder zeitnah nach Almbtrieb oder nach Stallausmast geschlachtet wurden.

16 Lämmer (männlich, Kärntner Brillenschaf) aus Frühjahrsablammungen von 3 verschiedenen Kärntner Betrieben/Almen kamen im September an die HBLFA Raumberg-Gumpenstein und wurden in 2 Gruppen geteilt. Die 8 schwersten Lämmer kamen in die Gruppe „Schlachtung nach Almbtrieb“, die 8 leichteren Lämmer in die „Ausmastgruppe“. Zusätzlich wurde darauf geachtet, dass von jedem der 3 Betriebe mindestens 1 Lamm pro Versuchsgruppe war. Da auch die 8 schwersten Lämmer bei Almbtrieb noch nicht das Zielgewicht von 40 kg erreicht hatten, kamen sie für 3 Wochen auf eine Heimweide ohne weitere Zufütterung. Die „Ausmastgruppe“ kam für 8 Wochen in den Stall und wurde mit einer Ration bestehend aus 70 % Heu und 30 % Kraftfutter gefüttert.

Die 20 Ochsen (Fleckvieh und Fleckvieh×Charolais) des Schlachtversuchs stammten von 2 steirischen Betrieben/Almen. Die 10 Ochsen von Schlachttermin 1 erhielten auf der Alm zusätzlich ca. 0,5 kg Triticale pro Tier und Tag und waren vor der Schlachtung maximal 1 Monat auf der Heimweide ohne weitere Ergänzungsfütterung. Die 10 Ochsen

von Schlachttermin 2 wurden nach 3- bis 4-monatiger Stallausmast geschlachtet. Die Ausmastrationen bestanden laut Angaben der Betriebsleiter auf dem einen Betrieb aus 2/3 Grassilage, 1/3 Maissilage und ca. 2 kg Triticale, am zweiten Betrieb aus 2/3 Grassilage, 1/3 Heu und 5 kg Triticale. Die Schlachtung der Ochsen erfolgte bei Schirnhöfer, 8224 Kaindorf.

Die 16 Jungrinder (weiblich, Fleckvieh und Fleckvieh×Limousin) stammten von 4 verschiedenen Betrieben/Almen. Jungrinder des Schlachttermins 1 wurde auf der Alm teilweise etwas Heu zugefüttert. Die Jungrinder waren nach Almbtrieb und vor der Schlachtung für maximal 1 Monat auf einer Heimweide und erhielten dort geringe Heumengen. Alle Jungrinder beider Schlachttermine wurden mindestens 1 Monat vor der Schlachtung von den Mutterkühen abgesetzt. Die Fütterung der Jungrinder beim Schlachttermin 2 bestand aus Grassilage, Heu, 0,5-1,5 kg Kraftfutter und auf einem Betrieb wurden zusätzlich rund 10 % Maissilage eingesetzt. Die Schlachtung der Jungrinder erfolgte bei Tauernfleisch, 9831 Außerfragant.

Von jedem Tier wurde eine ca. 15 cm dicke Fleischprobe des Rostbratens gezogen, die 7 (Lamm) bzw. 9 (Ochse und Jungrind) Tage gereift wurde. Die Fleischproben wurden auf folgende Fleischqualitäts-Merkmale untersucht: Tropf-, Koch- und Grillsaft, Scherkraft gegrillt, Fleisch- und Fettfarbe, Hauptinhaltsstoffe Trockenmasse, Rohprotein, Rohasche, intramuskuläres Fett sowie Fettsäuremuster. Farbe und Scherkraft wurden zusätzlich auch an 14 (Lamm) und 16 Tage (Ochse, Jungrind) gereiften Fleischproben bestimmt. Die Methodik der Fleischqualitäts-Untersuchungen kann in VELIK et al. (2022) nachgelesen werden.

2.3 Statistische Auswertungen

Die Datenauswertungen wurden in SAS (Version 9.4, 2013) durchgeführt und in Excel grafisch dargestellt.

2.3.1 AMA-ÖFK-Datensatz

Die Häufigkeitsverteilungen des AMA-ÖFK-Datensatzes wurden für die Merkmale Schlachtalter, Schlachtkörpergewicht (warm), Fleischklasse, Fettklasse und Nettotageszunahme (=Schlachtgewicht/Schlachtalter*1.000) in Abhängigkeit von Rasse/Kreuzung bzw. Schlachtzeitpunkt nach Almbtrieb mit der Prozedur FREQ erstellt (Datensatz mit 23.210 Tieren). Weiters wurde für jede Schlachtkategorie ein eigenes statistisches Modell mit der Prozedur GLM und den fixen Effekten Rasse/Kreuzung (5 häufigsten), Schlachttermin nach Almbtrieb (<1, 1-3, 3-5, 5-7 Monate), Schlachtalter (2 bzw. 3 Altersklassen; siehe *Tabellen 1 bis 4*) und Bundesland erstellt. Bei der Kategorie Jungrind waren zusätzlich noch das Geschlecht (männlich, weiblich) und das Almjahr (2019, 2020) als fixe Effekte im Modell. Die Wechselwirkungen der fixen Effekte wurden getestet und signifikante Wechselwirkungen sind in den *Tabellen 1 bis 4* in den Fußzeilen vermerkt. Bei den vorhandenen Wechselwirkungen zeigten sich zwar gewisse Unterschiede in den Differenzen, es kam aber zu keinen wesentlichen Rangierungsänderungen, weshalb die Haupteffekte aussagekräftig sind und auf die Wechselwirkungen im Ergebnisteil nicht weiter eingegangen wird. Für das GLM-Modell wurde der Datensatz mit 14.811 Tieren verwendet.

2.3.2 Praxis-Schlachtversuch

Jede Tierkategorie wurde getrennt mit einem GLM-Modell mit Schlachtzeitpunkt nach Almbtrieb und Herkunftsbetrieb als fixe Effekte ausgewertet. Die Fleischqualitäts-Merkmale (Farbe und Scherkraft), die nach 9- (bei Lamm 7-) und 16-tägiger (bei Lamm 14-) Reifung untersucht wurden, wurden mit einem MIXED-Modell mit Schlachtzeitpunkt

nach Almbetrieb, Herkunftsbetrieb und Fleischreifung als fixe Modelleffekt sowie Fleischreifung als wiederholte Messung mit der cs-Kovarianzstruktur ausgewertet.

3. Ergebnisse und Diskussion

In den im Rahmen der Auswertungen erstellten Abbildungen und Tabellen sind sehr viele Informationen enthalten und es würde den Rahmen sprengen alle Ergebnisse für alle Rinderkategorien im Detail zu beschreiben und zu interpretieren. Es wird daher im vorliegenden Bericht nur auf einige wesentliche Erkenntnisse eingegangen. Detaillierte Ergebnisse zu einzelnen Rinderkategorien können im Projekt-Abschlussbericht, der auf der Homepage zum Download steht, nachgelesen sowie bei der Autorin erfragt werden.

3.1 AMA-ÖFK-Datensatz: Häufigkeiten

3.1.1 Allgemeine Häufigkeitsverteilungen

Über alle vier Schlachtkategorien wurden rund 1/3 der gealpten Rinder in der Steiermark, rund 1/4 in Tirol und jeweils rund 1/8 in Kärnten und Salzburg gehalten. Mehr als die Hälfte der gealpten Ochsen wurde in der Steiermark gemästet (Abbildung 1).

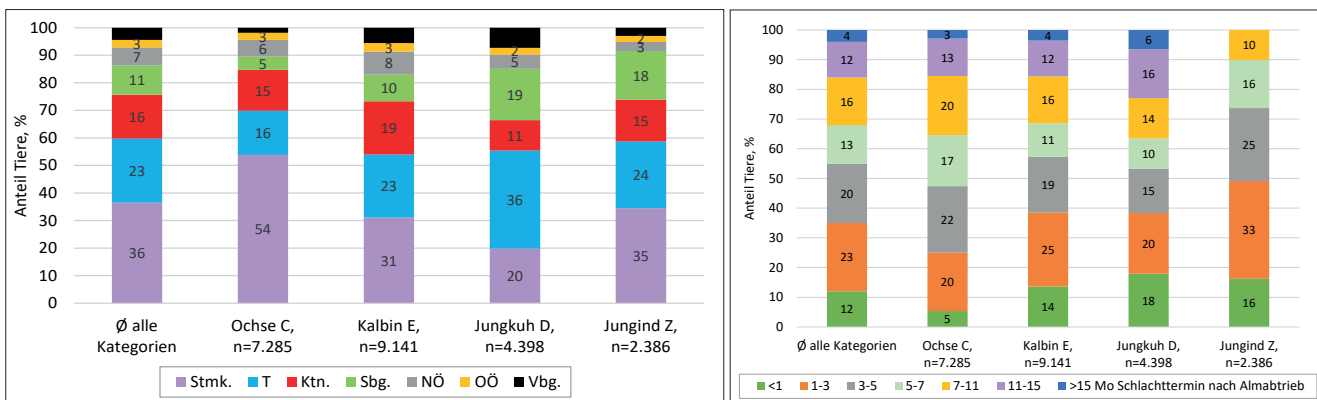
Über alle Schlachtkategorien wurden 12 % der Rinder innerhalb von 1 Monat nach Almbetrieb geschlachtet, knapp 1/4 innerhalb von 1-3 Monaten und 1/5 innerhalb von 3-5 Monaten nach Almbetrieb. Bei den Ochsen wurden deutlich weniger Tiere, nämlich nur 5 % innerhalb von 1 Monat nach Almbetrieb geschlachtet. Je 1/5 der Ochsen wurde zwischen 1-3, 3-5 und 5-7 Monaten nach Almbetrieb geschlachtet (Abbildung 2).

In der vorliegenden Arbeit werden nur die Häufigkeitsverteilungen (nach Rasse/Kreuzung und nach Schlachtzeitpunkt nach Alping) der Ochsen (Abbildung 3 und 4) grafisch dargestellt. Die Häufigkeitsverteilungen für Kalbin, Jungrind und Jungkuh können im Projekt-Abschlussbericht nachgeschlagen werden.

3.1.2 Häufigkeitsverteilungen nach Rasse/Kreuzung

Es wurden Häufigkeitsverteilungen für all jene Rassen/Kreuzungen erstellt, von denen mehr als 90 Tiere im Datensatz vorhanden waren. Für die Ochsen sind diese Rassen/Kreuzungen der *Abbildung 3* zu entnehmen. Bei den Kalbinnen gab es bei folgenden Rassen/Kreuzungen mehr als 90 Tiere im Datensatz (in absteigender Reihenfolge): Fleckvieh (FV), Braunvieh (=Brown Swiss, BV), FV×Charolais (FV×CH), FV×Limousin (FV×LI), FV×WeißblauerBelgier (FV×WBB), Holstein (HF), Pinzgauer (PI), Grauvieh (GV), Murbodner (MUB) und FV×BlondeAquitaine (FV×BA). Für die Schlachtkategorien Jungrind und Jungkuh gab es jeweils für die fünf in *Tabelle 3* (Jungrind) und *Tabelle 4* (Jungkuh)

Abbildung 1 und 2: Verteilung der Almschlachttiere auf Kategorie, Bundesland und Schlachtzeitpunkt nach Almbetrieb (n=23.210)



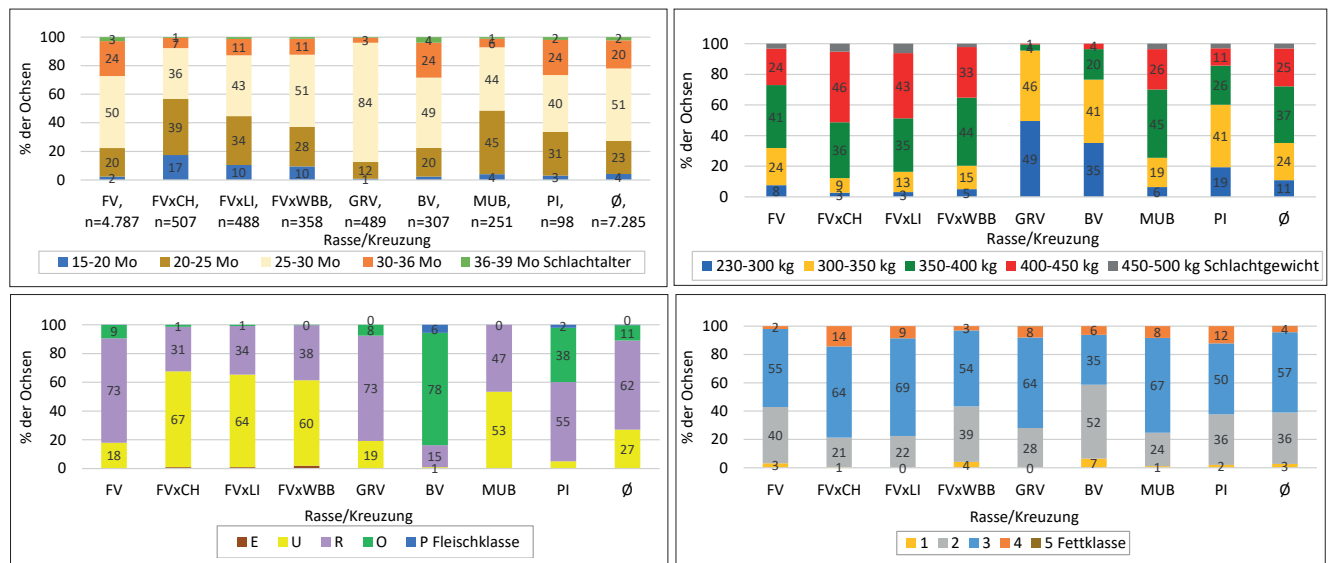
genannten Rassen/Kreuzungen zumindest 90 Tiere im Datensatz. Beim Jungrind war anders als bei den anderen drei Rinderkategorien nicht FV, sondern FV×LI die häufigste Rasse/Kreuzung.

Auf den Schlachttierwert von Rindern haben tierspezifischen Faktoren (Rasse, Geschlecht) sowie produktionstechnische Faktoren (Fütterungsintensität, kompensatorisches Wachstum, Alter und Mastendgewichte) Einfluss (BANSCHIED et al. 2007). Bei der Interpretation von rassen- und kreuzungsspezifischen Schlachtleistungsergebnissen ist zu bedenken, dass es innerhalb jeder Rasse unterschiedliche Linien und Typen (groß- bis kleinrahmiger, früh- bis spätreifer) gibt und zusätzlich betriebsindividuelle Faktoren (Fütterung, Betriebsmanagement etc.) zu erheblichen Unterschieden in den Mast- und Schlachtleistungsergebnissen führen können.

In *Abbildung 3* sind für die Ochsen die Häufigkeitsverteilungen der vier Schlachtleistungsmerkmale Schlachtagter, Schlachtgewicht, Fleischklasse und Fettklasse dargestellt (Nettotageszunahme nicht dargestellt). Beim FV wird die Hälfte der gealpten Ochsen mit einem Schlachtagter von 25-30 Monate geschlachtet, rund 40 % der FV-Ochsen haben ein Schlachtgewicht zwischen 350 und 400 kg, 75 % der FV-Ochsen erreichen Fleischklasse R und 55 % Fettklasse 3 (*Abbildung 3*). Zu beachten ist, dass im ausgewerteten Datensatz Schlachtgewichts- und Altersgrenzen weiter waren (vgl. Kap. 2.1.) als bei den derzeitigen österreichischen Markenfleischprogrammen. Eine Auswertung von Ochsen des Markenfleischprogrammes ALMO (Fa. Schirnhofner), das auf grünlandbasierte Mast setzt, bestätigt FV, FV×LI, FV×CH und FV×WBB als die vier häufigsten Rassen in der Ochsenmast (VELIK und SINKOVITS 2020). Im ALMO-Markenfleischprogramm, in dem eine gezielte Endmast vor der Schlachtung propagiert wird, werden deutlich bessere Schlachtkörperqualitäten als in der vorliegenden Auswertung erzielt. So erreichten knapp 70 % der FV-Schlachtkörper im ALMO-Programm Fleischklassen von R und knapp 30 % von U. Über 80 % der FV-Ochse wurden mit Fleischklasse 3 eingestuft und jeweils knapp 10 % mit Fettklasse 2 bzw. 4.

In *Abbildung 3* (links oben) sticht das einheitliche Schlachtagter der GV-Ochsen hervor, bei denen mehr als 80 % mit einem Alter von 25-30 Monaten geschlachtet wurden. Zudem sind die GV-Ochsen deutlich leichter (*Abbildung 3* rechts oben) als die FV-Ochsen, haben aber eine ähnliche Fleischklassen-Verteilung (*Abbildung 3* links unten) bei etwas höherer Fettklassen-Einstufung als die FV-Ochsen (*Abbildung 3* recht unten). GV-Ochsen erzielen zu mehr als 70 % Fleischklasse R und zu 65 % Fettklasse 3. GV-Kalbinnen (n=171, Daten

Abbildung 3: Schlachtagter, Schlachtgewicht, Fleisch- und Fettklasse der gealpten Ochsen in Abhängigkeit von Rasse/Kreuzung (n= 7.285; alle Ochsen-Rassen/Kreuzungen mit mehr als 90 Tieren im Datensatz)



nicht dargestellt) sind – bei niedrigeren Schlachtgewichten und Nettotageszunahmen als FV – im Schlachtalter und in der Fleischklassen-Verteilung den FV-Kalbinnen (n=5.428, Daten nicht dargestellt) ähnlich. Die GV-Kalbinnen erreichen häufiger Fettklasse 3 als die FV-Kalbinnen (66 vs. 40 %).

Die MUB-Ochsen weisen im Vergleich zu den FV-Ochsen ein niedrigeres Schlachtalter, eine deutlich bessere Schlachtkörper-Bemuskelung, einen etwas höheren Anteil an Tieren mit Fettklasse 3 (67 vs. 55 %) bei ähnlichen Schlachtgewichten wie FV-Ochsen auf (*Abbildung 3*). Die gleichen Tendenzen zeigen sich auch bei den MUB-Kalbinnen im Vergleich zu FV-Kalbinnen. MUB-Ochsen und MUB-Kalbinnen haben zu über 50 % Fleischklassen von U und zu über 65 % eine Fettklasse von 3. Mit den vorliegenden Daten kann nicht beantwortet werden, ob das bessere Abschneiden der MUB verglichen mit Fleckvieh auf die Rasse per se zurückzuführen ist, oder aber, ob auf Betrieben, die in das Markenfleischprogramm „Murbodner Ochse/Kalbin“ liefern, das Management überdurchschnittlich optimiert wurde. Zu beachten ist auch, dass bei den MUB-Ochsen nur knapp 2 % der Ochsen innerhalb von 1 Monat nach Almatrieb geschlachtet wurden und nur 13 % innerhalb von 1-3 Monaten (vgl. *Abbildung 2*). Weiters könnte auch die Aufzucht in den ersten Lebensmonaten (FV tendenziell eher von Milchbetrieben, MUB eher von Mutterkuhbetrieben, was zumeist mit einer zügigeren Jugendentwicklung verbunden ist) die Schlachtkörperqualitäten mitbeeinflusst haben. Hierzu waren im vorliegenden Datensatz allerdings keine Informationen enthalten.

Bei den Pinzgauer-(PI)-Ochsen und PI-Kalbinnen erreichen weniger als 5 % U-Fleischklassen, 55 % Fleischklasse R, 50 % Fettklasse 3 und ca. 10 % Fettklasse 4. PI-Ochsen haben bei ähnlichem Schlachtalter und ähnlichen Fettklassen wie FV-Ochsen niedrigere Schlachtgewichte, Nettotageszunahmen und Fleischigkeitsklassen (38 vs. 9 % Fleischklasse O). Ein ähnliches Bild wie bei den PI-Ochsen zeigt sich auch für die PI-Kalbinnen (52 % der PI-Kalbinnen vs. 14 % der FV-Kalbinnen mit Fleischklasse O; 73 % der PI-Kalbinnen mit Schlachtgewichten unter 300 kg vs. nur 35 % bei den FV-Kalbinnen). Es ist bekannt, dass niedrigere Schlachtgewichte oft mit einer schwächeren Ausprägung der Bemuskelung einhergehen, was ein Mitgrund für die schlechteren Fleischklassen-Ergebnisse der PI sein könnte. Auf einen Vergleich der Schlachtkörperqualitäten der heimischen Rassen PI, GV und MUB mit Literatur wird hier verzichtet. In Raumberg-Gumpenstein läuft gerade ein neues Dafne-Projekt zur grünlandbasierten Ochsenmast mit heimischen Rassen (Pinzgauer vs. Fleckvieh) bei unterschiedlicher Fütterungsintensität. Im Rahmen des Projekts soll dann auch die Schlachtkörperqualität der genannten heimischen Rassen näher beleuchtet werden.

Die BV-Ochsen der Auswertung sind bei ähnlichem Schlachtalter wie FV-Ochsen deutlich leichter (d.h. geringere Nettotageszunahme) (*Abbildung 3*). Ca. $\frac{3}{4}$ der BV-Ochsen und Kalbinnen erreichen nur Fleischklasse O, während bei den FV-Ochsen nur rund 10 % der Schlachtkörper mit Fleischklasse O bewertet werden. Bei den BV-Kalbinnen erreichen im Vergleich zu den FV-Kalbinnen mehr Tiere Fettklasse 3 und 4 (71 vs. 57 %), was auch teilweise in Literatur (PFUHL et al. 2007) und Praxis beschrieben wird. Entgegen den Erwartungen haben allerdings mehr BV-Ochsen als FV-Ochsen nur Fettklasse 2 (52 vs. 40 %), was mit den niedrigeren Schlachtgewichten der ausgewerteten BV-Ochsen erklärt werden könnte. Weiters wäre es auch möglich, dass BV-Ochsen häufiger als Nebenprodukt der Milchproduktion gesehen werden und auf den Betrieben ohne gezielte (Aus)-Mast gehalten werden. Nach ETTLE et al. (2018) und VELIK et al. (2022) erreichen BV-Masttiere bei intensiver Mast circa zur Hälfte Fleischklasse R und zur Hälfte Fleischklasse O, während bei FV-Stieren der Großteil Fleischklasse U erreicht. Fleischklassen von O sind in der österreichischen Rinderschlachtkörper-Bezahlung mit erheblichen Abzügen verbunden. Dennoch zeigen Arbeitskreisauswertungen von MEINE-SCHWENKER (2020 und 2021) aus Niedersachsen, dass – durch die deutlich günstigen Kälberpreise von BV – die BV-Stiermast ähnlich wirtschaftlich wie die FV-Mast sein kann.

Auf Unterschiede zwischen FV und den FV-Kreuzungen wird im Kapitel 3.2 eingegangen.

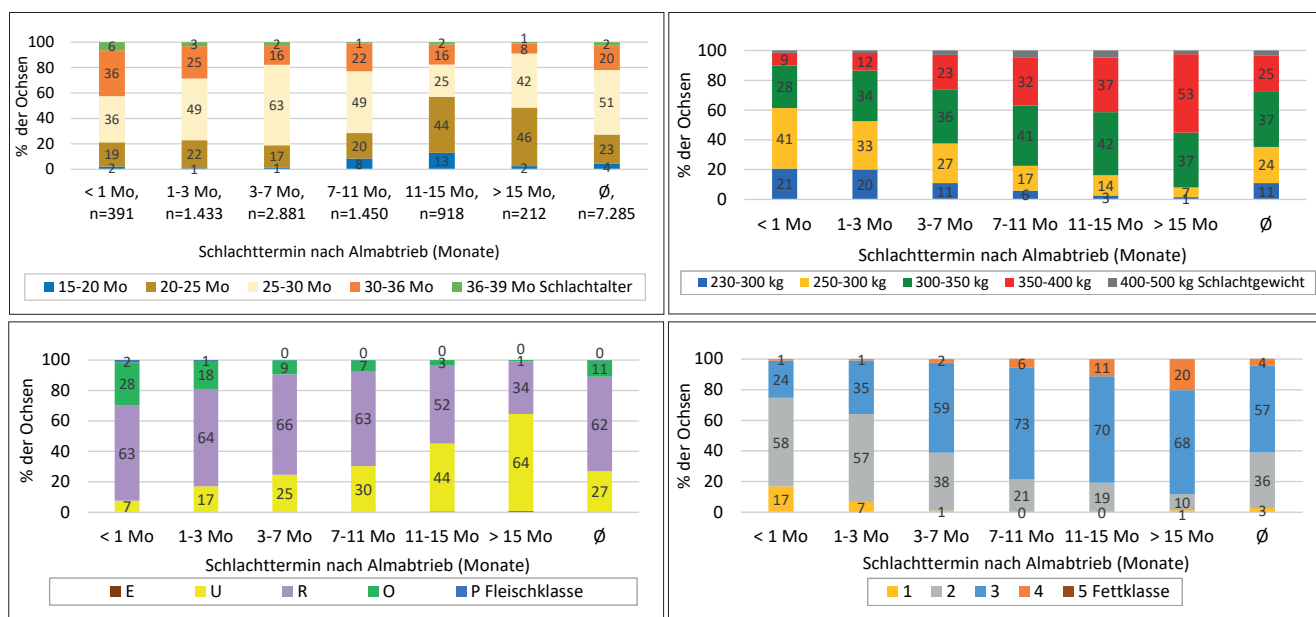
3.1.3 Häufigkeitsverteilungen nach Schlachtzeitpunkt

Zeitnah nach Alping geschlachtete Ochsen (*Abbildung 4*) und Kalbinnen sind generell älter, aber auch leichter als später geschlachtete. Prinzipiell verbessern sich sowohl bei Ochsen als auch bei Kalbinnen mit späterem Schlachtttermin nach Almbtrieb Schlachtgewichte, Fleisch- und Fettklassen sowie die Nettotageszunahmen (Nettotageszunahmen in *Abbildung 4* nicht dargestellt).

Es gibt aber durchwegs einzelne Ochsen- und Kalbinnenmast-Betriebe, die bei Schlachtung innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb gute Schlachtkörperqualitäten (Fleischklasse U-R, Fettklasse 3) erreichen. So erreichen 7 % der Ochsen bei Schlachtung innerhalb von 1 Monat Fleischklasse U, 63 % Fleischklasse R und ¼ Fettklasse 3. Bei den Kalbinnen ist innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb der Anteil mit 12 % Fleischklasse U, 56 % R und 41 % Fettklasse 3 und 4 nochmals etwas höher. Es stellt sich die Frage, wie die Betriebe dies bewerkstelligen. Hierzu bedarf es sicherlich einem Zusammenspiel von mehreren Faktoren: optimales Betriebsmanagement, Almen mit überdurchschnittlicher Almfutterqualität, frühreife Linien/Genetik, Tiere aus der Mutterkuhhaltung, (Kraftfutter-) Zufütterung auf der Alm, Andererseits erreichen bei Schlachtung innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb 30 % der Ochsen und Kalbinnen nur Fleischklasse O und 17 % der Ochsen bzw. 9 % der Kalbinnen nur Fettklasse 1. Damit würden diese Tiere aus allen bestehenden Markenfleischprogrammen herausfallen und es käme zu empfindlichen Preisabzügen beim Schlachtier-Erlös. Im Vergleich haben bei Schlachtung 3-7 Monate nach Almbtrieb nur mehr 1 % der Ochsen und Kalbinnen einen Fettklasse von 1 und rund 90 % Fleischklassen von R und U.

Die Häufigkeitsverteilungen beim Jungrind (Daten nicht dargestellt) zeigen, dass der Schlachtzeitpunkt nach Almbtrieb keinen so deutlichen Einfluss auf Schlachtgewichte und Fleischklassen wie bei Ochse und Kalbin hat. So haben bei Schlachtung innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb gut 1/5 der Jungrinder Schlachtgewichte unter 200 kg und 5 % Fleischklassen von O, bei Schlachtung 3-5 Monate nach Almbtrieb sind es dann knapp 1/5 mit Gewichten unter 200 kg. Einzig bei der Fettklasse haben bei Schlachtung innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb 15 % der Jungrinder nur Fettklasse 1, während es bei Schlachtung 3-5 Monate nach Almbtrieb nur mehr 3 % sind. Es werden weniger als 10 % der gealpten Jungrinder unter 10 Monaten geschlachtet. Im Datensatz waren keine Informationen vorhanden, ob und wann vor der Schlachtung die Jungrinder von

Abbildung 4: Schlachtalter, Schlachtgewicht, Fleisch- und Fettklasse der gealpten Ochsen in Abhängigkeit vom Schlachtttermin nach Almbtrieb (n=7.285; alle Ochsen-Rassen/Kreuzungen mit mehr als 90 Tieren im Datensatz)



den Mutterkühen abgesetzt wurden. Es scheint jedenfalls, dass beim Jungrind die Milchleistung der Mutterkuh und die damit verbundene zügige Jugendentwicklung einen wesentlichen Einfluss auf die Schlachtkörperqualitäten haben.

Bei der Jungkuh zeigen die Häufigkeitsgrafiken (Daten nicht dargestellt) ebenfalls keinen so deutlichen Zusammenhang zwischen Schlachtzeitpunkt nach Almbtrieb und Schlachtkörperqualitäten, was aber auch mit dem unterschiedlichen Laktationsstadium zum Zeitpunkt der Schlachtung zusammenhängen dürfte. Einzig bei der Fettklasse haben innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb geschlachtete Jungkühe zu knapp 60 % Fettklassen von 1, während es bei Schlachtung nach 3-7 Monaten nur mehr 1/3 ist. Über alle Rassen und Schlachtzeitpunkte erreichen 42 % der Jungkühe nur Fettklasse 1 und knapp 80 % Fleischklassen von O und P.

3.2 AMA-ÖFK-Datensatz: statistisches Modell

Die gewählten Schlachtaltersklassen beeinflussen in allen vier Schlachtkategorien die Schlachtleistungsmerkmale signifikant. Einzige Ausnahme ist bei allen vier Kategorien die Fleischklasse, bei der sich kein Effekt des Schlachtalters zeigt. Schlachtgewichte nehmen bei allen vier Kategorien mit höherer Schlachtaltersklasse zu, während die Nettotageszunahmen sinken. Bei Kalbin und Jungrind nimmt mit höherem Schlachtalter die Fettklasse zu, während sie bei Ochse und Jungkuh mit höherem Schlachtalter abnimmt. Das Bundesland hat ebenfalls in allen Kategorien auf die Schlachtkörperqualität einen signifikanten Einfluss (*Tabellen 1 bis 4*).

Die FV-Gebrauchskreuzungs-Ochsen sind schwerer als die reinrassigen FV-Ochsen und haben höhere Nettotageszunahmen (*Tabelle 1*). Die FV-Kreuzungen haben erwartungsgemäß signifikant höhere Fleischklassen als reinrassiges FV (FRICKH et al. 2003, BRANSCHEID et al. 2007, VELIK et al. 2008). Mit Ausnahme der FV×WBB-Kreuzung haben die FV-Gebrauchskreuzungen eine signifikant höhere Fettklasse als FV-Ochsen. Die um 0,15 (FV×CH) bzw. 0,25 (FV×LI) höhere Fettklassen-Einstufung gegenüber FV könnte auf die rund 20 kg höheren Schlachtgewichte, die intensivere Jugendaufzucht (FV-Kreuzungen eher von Mutterkuhbetrieben, FV von Milchviehbetrieben) oder die höhere Mastintensität während der Ausmast zurückzuführen sein. Hierzu waren allerdings im Datensatz keine Informationen vorhanden. VELIK et al. (2008) fanden in einem Exaktversuch mit Maststieren und Mastkalbinnen der Rassen/Kreuzungen FV, FV×CH, FV×LI innerhalb einer Kategorie keine signifikanten Unterschiede in der Fettklasse; der Fettgewebeanteil war allerdings bei FV tendenziell höher. Dass Kreuzungen mit WBB im Vergleich zu anderen FV-Gebrauchskreuzungen generell zu geringeren Schlachtkörper-Fetteinlagerungen neigen, ist bekannt und wurde auch bei den gealpten Kalbinnen festgestellt (*Tabelle 2*).

Die GV-Ochsen zeigen trotz mehr als 50 kg niedrigeren Schlachtgewichten die höchste Fettklasse. Im Gegensatz zu den Häufigkeits-Grafiken (*Abbildung 3*) zeigt die Auswertung mit statistischem Modell, bei der Schlachtungen nur bis 7 Monate nach Almbtrieb berücksichtigt sind, signifikant bessere Fleischklassen für die GV-Ochsen im Vergleich zu FV. Wie schon aus den Häufigkeitsverteilungen ersichtlich, verbessert sich mit späterem Schlachtzeitpunkt nach Almbtrieb die Schlachtkörperqualität. Vergleicht man Ochsen-Schlachtungen innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb mit Schlachtungen 1-3 Monaten nach Almbtrieb, so verbessern sich die Schlachtgewichte um 26 kg, die Fleischklassen um 0,35 Punkte, die Fettklassen um 0,19 Punkte und die Nettotageszunahme um rund 14 g. Ein noch späterer Schlachttermin nach Almbtrieb verbessert die Schlachtkörperqualitäten nochmals.

Bei den Kalbinnen ist zu berücksichtigen, dass sich nicht ausschließlich Mastkalbinnen im Datensatz befanden, sondern auch ursprünglich für die Nachzucht vorgesehene Kalbinnen. Hinsichtlich Rasseinfluss auf die Schlachtkörperqualitäten können bei FV-Kalbinnen und FV-Gebrauchskreuzungs-Kalbinnen (*Tabelle 2*) ähnliche Unterschiede wie

Tabelle 1: Schlachtleistung von gealpten Ochsena in Abhängigkeit von Rasse, Schlachttermin und Schlachalter

OCHSE n=4.239		Schlachtgewicht, kg		Fleischklasse, (E=5, P=1)		Fettklasse, (1-5; 5=fett)		Nettozunahme, g	
R ²		0,29		0,17		0,19		0,37	
RSD		42,12		0,51		0,54		58,74	
Effekt		LSMean	P	LSMean	P	LSMean	P	LSMean	P
Rasse/Kreuzung (Ra/Kreu)	FV	352 ^c		2,94 ^c		2,22 ^c		397 ^c	
	FV×CH	369 ^{ab}		3,30 ^{ab}		2,37 ^b		423 ^{ab}	
	FV×LI	375 ^a	***	3,47 ^a	***	2,49 ^b	***	435 ^a	***
	FV×WBB	360 ^{bc}		3,46 ^a		2,20 ^c		408 ^{bc}	
	GRV	303 ^d		3,15 ^b		2,72 ^a		341 ^d	
Schlachttermin nach Almbtrieb (Schla_na_Al), Monate	<1	325 ^d		2,97 ^c		2,09 ^d		380 ^d	
	1-3	351 ^c	***	3,32 ^b	***	2,28 ^c	***	394 ^c	***
	3-5	360 ^b		3,36 ^{ab}		2,56 ^b		410 ^b	
	5-7	370 ^a		3,42 ^a		2,67 ^a		419 ^a	
Schlachalter, Monate	20-30	345	***	3,27	n.s.	2,46	***	441	***
	30-39	359		3,26		2,34		361	
Bundesland			***		***		***		***

P steht für P-Wert: ***<0,001; **0,001-0,01; *0,01-0,05; „0,05-0,1; n.s.>0,1

sign. Wechselwirkungen: Ra/Kreu*Schla_na_Al für Schlachtgewicht und Fleischklasse, Ra/Kreu*Schlachalter für Nettozunahme, Schla_na_Al*Schlachalter für Fettklasse und Nettozunahme

Tabelle 2: Schlachtleistung von gealpten Kalbinnen in Abhängigkeit von Rasse, Schlachttermin und Schlachalter

KALBIN n=5.637		Schlachtgewicht, kg		Fleischklasse, (E=5, P=1)		Fettklasse, (1-5; 5=fett)		Nettozunahme, g	
R ²		0,19		0,32		0,12		0,47	
RSD		41,64		0,56		0,63		50,7	
Effekt		LSMean	P	LSMean	P	LSMean	P	LSMean	P
Rasse/Kreuzung (Ra/Kreu)	FV	291 ^b		2,96 ^b		2,32 ^{bc}		397 ^c	
	FV×CH	313 ^a		3,46 ^a		2,49 ^a		441 ^a	
	FV×LI	294 ^b	***	3,40 ^a	***	2,44 ^{abc}	***	416 ^b	***
	FV×WBB	300 ^{ab}		3,56 ^a		2,22 ^c		421 ^b	
	BV	274 ^c		2,35 ^c		2,52 ^{ab}		377 ^d	
Schlachttermin nach Almbtrieb (Schla_na_Al), Monate	<1	279 ^c		2,98 ^c		2,17 ^b		392 ^c	
	1-3	290 ^b	***	3,12 ^b	***	2,25 ^b	***	403 ^c	***
	3-5	301 ^a		3,23 ^a		2,54 ^a		416 ^b	
	5-7	307 ^a		3,26 ^a		2,63 ^a		429 ^a	
Schlachalter, Monate	15-20	261 ^a		3,22		2,22 ^b		502 ^a	***
	20-30	296 ^b	***	3,11	n.s.	2,47 ^a	***	398 ^b	
	30-39	325 ^c		3,11		2,51 ^a		330 ^c	
Bundesland			***		***		***		***

P steht für P-Wert: ***<0,001; **0,001-0,01; *0,01-0,05; „0,05-0,1; n.s.>0,1

sign. Wechselwirkungen: Ra/Kreu*Schlachalter für alle 4 Merkmale; Schla_na_Al*Schlachalter für alle Merkmale bis auf Fleischklasse

bei den Ochsena festgestellt werden. BV-Kalbinnen haben im Vergleich zu FV-Kalbinnen um rund 15 kg geringer Schlachtkörpergewichte, um 0,5 Punkte schlechtere Fleischklassen, tendenziell höhere Fettklassen und signifikant niedrigere Nettozunahmen.

Beim Jungrind (Tabelle 3) ist die Fettklassen-Einstufung erwartungsgemäß etwas niedriger als bei Ochse und Kalbin. Auch beim Jungrind weisen FV-Gebrauchskreuzungen im Vergleich zu reinrassigem FV etwas bessere Schlachtkörperqualitäten (insbesondere Fleischklasse) auf, was in der Literatur mehrfach belegt ist (MOREL 2010, TERLER et al. 2014), wobei die Unterschiede nicht so stark wie bei Ochse und Kalbin ausgeprägt sind. Beim Jungrind zeigen sich in der Schlachtkörperqualität zwischen einem Schlachtermin 1 Monat und 1-3 Monaten nach Almbtrieb keine statistisch signifikanten Unterschiede. Dies dürfte wie bereits bei den Häufigkeitsverteilungen angeführt, auf den großen Einfluss der Milchleistung der Mutterkuh zurückzuführen sein (TERLER et al. 2014). Die Datenauswertung des Praxisdatensatzes belegt den bekannten Einfluss des Geschlechts auf die Schlachtleistung von Jungrindern (TERLER et al. 2014).

FV-Jungkühe, die mit einem Schlachalter von maximal 48 Monaten definiert wurden, erreichen durchschnittlich Fleischklassen von O bzw. knapp darüber bei einer durchschnittlichen Fettklasse von 1,8 (Tabelle 4). Hier muss berücksichtigt werden, dass nach FV, BV, GRV und HF die häufigsten Rassen sind. Ein späterer Schlachtermin nach Almbtrieb verbessert zwar Schlachtgewichte, Fleisch- und Fettklassen statistisch, dennoch sind auch bei Schlachtung 5-7 Monate nach Almbtrieb die Fleischklassen mit einem schwachen O und einer durchschnittlichen Fettklasse von 2,1 nicht befriedigend. Um bei Alm-Jungkühen eine annehmbare innere Fleischqualität (Zartheit, Saftigkeit, Marmorierung) zu gewährleisten, sollte daher – zusätzlich zu einer mindestens 3-wöchigen Fleischreifung – jedenfalls eine gezielte Ausmast angedacht werden.

Tabelle 3: Schlachtleistung von gealpten Jungrindern in Abhängigkeit von Rasse, Schlachtermin und Schlachalter

JUNGRIND n=2.144		Schlachtgewicht, kg		Fleischklasse, (E=5, P=1)		Fettklasse, (1-5; 5=fett)		Nettozunahme, g	
R ²		0,15		0,16		0,16		0,24	
RSD		24,6		0,52		0,47		79,97	
Effekt		LSMean	P	LSMean	P	LSMean	P	LSMean	P
Rasse/Kreuzung (Ra/Kreu)	FV	219 ^c		3,25 ^c		2,17 ^{ab}		708 ^b	
	FVxCH	224 ^{bc}		3,55 ^b		2,12 ^b		722 ^{ab}	
	FVxLI	227 ^{ab}	***	3,57 ^b	***	2,24 ^a	***	728 ^a	***
	FVxWBB	230 ^a		3,80 ^a		2,09 ^b		738 ^a	
	FVxBA	228 ^{ab}		3,42 ^b		2,05 ^b		729 ^{ab}	
Schlachtermin nach Almbtrieb (Schla_na_Alps), Monate	<1	222 ^c		3,45 ^b		2,00 ^b		722 ^{bc}	
	1-3	222 ^c	***	3,53 ^{ab}	*	2,12 ^b	***	712 ^c	***
	3-5	227 ^b		3,55 ^a		2,13 ^{ab}		725 ^b	
	5-7	231 ^a		3,55 ^{ab}		2,28 ^a		741 ^a	
Schlachalter, Monate	8-10	220	***	3,55		2,07	***	788	***
	10-12	230		3,49	n.s.	2,20		662	***
Geschlecht	männl.	234	***	3,56	***	2,00	***	754	***
	weibl.	216		3,48		2,27		696	
Bundesland			***		***		***		***
Almjahr			n.s.		n.s.		n.s.		n.s.

P steht für P-Wert: ***<0,001; **0,001-0,01; *0,01-0,05; „0,05-0,1; n.s.>0,1

sign. Wechselwirkungen: Schla_na_Alps*Schlachalter für Fettklasse; Ra/Kreu*Geschlecht für Fettklasse

Tabelle 4: Schlachtleistung von gealpten Jungkühen in Abhängigkeit von Rasse, Schlachttermin und Schlachtalter

JUNGKUH n=2.791		Schlachtgewicht, kg		Fleischklasse, (E=5, P=1)		Fettklasse, (1-5; 5=fett)	
R ²		0,19		0,31		0,09	
RSD		42,15		0,62		0,71	
Effekt		LSMean	P	LSMean	P	LSMean	P
Rasse/Kreuzung (Ra/Kreu)	FV	292 ^a		2,20 ^b		1,82 ^b	
	BV	257 ^c		1,47 ^d		1,80 ^b	
	GRV	252 ^c	***	2,39 ^a	***	2,28 ^a	***
	HF	251 ^c		1,19 ^e		1,69 ^b	
	PI	269 ^b		1,85 ^c		2,19 ^a	
Schlachttermin nach Almbtrieb (Schla_na_Alps), Monate	<1	260 ^b		1,76 ^b		1,76 ^c	
	1-3	260 ^b	*	1,80 ^{ab}	**	1,88 ^b	***
	3-5	266 ^{ab}		1,88 ^a		2,10 ^a	
	5-7	271 ^a		1,86 ^a		2,09 ^a	
Schlachtalter, Monate	25-35	258	***	1,80	n.s.	2,00	**
	35-48	271		1,84		1,91	
Bundesland			***		***		***

P steht für P-Wert: ***<0,001; **0,001-0,01; *0,01-0,05; „0,05-0,1; n.s.>0,1

sign. Wechselwirkungen: Ra/Kreu*Schla_na_Alps für Schlachtkörpergewicht

3.3 Schlachtversuch mit Praxisalmen

Die Ergebnisse des Schlachtversuchs müssen mit Vorsicht interpretiert werden, da sie mit geringer Tieranzahl auf Praxisbetrieben durchgeführt wurden und die Tierausswahl sicher nicht mit der eines Exaktversuchs vergleichbar ist. Dennoch lassen sich einige Erkenntnisse ableiten.

Das statistisch abgesicherte günstige Fettsäuremuster (niedrigere gesättigte und einfach ungesättigte FS, höhere Omega-3 und CLA) der Mast-Lämmer bei Schlachtung nach Alpmung im Vergleich zur Schlachtung nach Stallfütterung ist in der Literatur mehrfach belegt (DALEY et al. 2010, BLANCO et al. 2017). Während in einer Literaturübersicht von DALEY et al. (2010) zu lesen ist, dass sich bei grasbasierter Ausmast im Vergleich zu kraftfutterbasierter Ausmast die Omega-6 Fettsäuren in Rindfleisch nicht ändern, kommen BLANCO et al. (2017) zum gleichen Ergebnis wie bei den vorliegenden Lamm-schlachtungen, d.h. auch die Omega-6 FS sind bei grünlandbasierter Fütterung signifikant höher als bei kraftfutterreicher Fütterung. Generell ist zu beachten, dass das günstigere Fettsäuremuster von Almfleisch aufgrund der EU-Verordnung Nr. 116/2010 nicht ausgelobt werden darf, da für eine Auslobung am Produkt höhere Fettsäuregehalte erforderlich wären. Bei Ochse- und Jungrind wurden die Fettsäure-Unterschiede zwischen Alpmung und Ausmast größtenteils nicht gefunden. Das Fettsäuremuster in Fleisch und Milch wird neben der Fütterung noch von mehreren anderen Faktoren beeinflusst (WOOD et al. 2008). Die doch beträchtliche Streuung der Stichprobenauswahl (vgl. Kap. 2.2) könnte ein Grund für das Nichtfinden von signifikanten Unterschieden im Fettsäuremuster bei Ochse und Jungrind sein.

DE SMET et al. (2004) halten in einer Literaturübersicht fest, dass der intramuskuläre Fettgehalt (IMF) einen deutlichen Effekt auf das Fettsäure-Muster von Fleisch hat. In den vorliegenden Auswertungen zeigten sich nur beim Lamm tendenziell höhere IMF-Gehalte nach Ausmast, nicht aber bei Ochse und Jungrind. Im Gegenzug zeigten allerdings Ochse und Jungrind nach Ausmast zumindest tendenziell höhere Fettklassen, nicht aber die Lämmer. Generell führt eine Ausmast meist zu einer höheren Fettklasseneinstufung, allerdings ist der Effekt auch stark von der Fütterungsintensität vor der Ausmast, dem

Ausmastgrad zu Ausmastbeginn sowie der Ausmastdauer und -intensität abhängig. Die prinzipielle Verbesserung der Schlachtkörper-Fettabdeckung bei späterem Schlachtermin nach Almbtrieb wurde auch im ausgewerteten AMA-ÖFK-Datensatz (vgl. Kap. 3.2) gefunden. Auch GANGNAT et al. (2016) fanden bei gealpten Limousin-Kalbinnen zumindest einen Trend zu höherer Fettklassen und IMF-Gehalten nach 8-wöchiger Ausmast mit einer Silage-Kraftfutter-Ration. CHASSOT und DUFEY (2006) beobachteten bei gealpten Ochsen nach 4-wöchiger Ausmast eine signifikante Verbesserung der Fettklasse, die sich allerdings nach 8- und 12-wöchiger Mast nicht mehr weiter verbesserte.

In der Scherkraft, einem objektiven Mast für die Zartheit, wurden bei allen drei Tierkategorien keine signifikanten Unterschiede bei Schlachtung nach Alpung bzw. nach Ausmast gefunden, was sich mit Ergebnisse von GANGNAT et al. (2016) deckt. Die Zartheit von Fleisch wird neben der Fleischreifung und der intramuskulären Fetteinlagerung von einer Vielzahl anderer extrinsischer und intrinsischer Faktoren beeinflusst (Tier- und Managementfaktoren, perimortale Schlachttierbehandlung, Muskeleigenschaften (TERJUNG et al. 2020, SANTOS et al. 2021).

Die bei Ochse und Jungrind gefundenen höheren Tropfsaftverluste nach Ausmast konnten von GANGNAT et al. (2016) nicht bestätigt werden. Bei einem Mastversuch mit Gras aus dem Tal kamen GANGNAT et al. (2016) vielmehr zum gegenteiligen Ergebnis. Die – allerdings nur beim Ochsen – gefundenen höheren Kochsaftverluste wurden auch von GANGNAT et al. (2016) beobachtet. Laut GANGNAT et al. (2016) könnte ein Zusammenhang zwischen pH-Wert und Kochsaftverlusten bestehen. Da der pH-Wert bei den Ochsen allerdings nicht erhoben wurden, kann dem hier nicht weiter nachgegangen werden.

In der Fleischfarbe konnten keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. GANGNAT et al. (2016) fanden nur bei einer von drei Fütterungsgruppen nach Ausmast

Tabelle 5: Ausgewählte Merkmale der Schlachtkörper- und Fleischqualität der Probeschlachtungen (Lamm, Ochse, Jungrind)

	Lamm		Ochse		Jungrind	
	Alpung	Ausmast	Alpung	Ausmast	Alpung	Ausmast
Schlachalter, Mo	5,7 ^b	6,5 ^a	28,4	29,5	11,6	11,5
Schlachtkörpergewicht _{warm} , kg	17,2	16,6	402	392	204 ^b	234 ^a
Fleischklasse (E=5)	2,7	2,82	3,33	3,14	3,30	3,60
Fettklasse (1-5)	2,14	2,23	2,64 ^y	2,93 ^x	2,00 ^b	2,64 ^a
IMF, % (Rostbraten)	1,7 ^y	2,4 ^x	3,1	3,0	2,1	2,5
Fettsäuren (FS) (% FAME)						
Gesättigte FS	43,4 ^b	46,4 ^a	49,6	47,6	46,0	46,1
Einfach ungesättigte FS	39,5 ^b	43,9 ^a	40,8 ^b	44,8 ^a	38,3 ^y	41,3 ^x
Omega-3 FS	4,95 ^a	2,69 ^b	2,89	2,46	4,69	3,46
Omega-6 FS	10,4 ^a	6,2 ^b	5,22	4,16	9,19	7,54
CLA	1,7 ^a	0,9 ^b	0,86	0,76	1,77	1,50
Omega-6/Omega-3	2,2	2,3	1,8 ^y	1,7 ^x	2,0	2,1
Scherkraft (Zartheit), kg	3,16	2,89	2,92	2,80	3,32	3,14
Tropfsaftverlust, %	2,5	2,3	1,3 ^b	1,9 ^a	1,7 ^b	2,6 ^a
Grillsaftverlust _{warm} , %	29,1	29,4	21,1	22,8	24,2	22,5
Kochsaftverlust, %	31,53	31,19	27,6 ^b	31,0 ^a	29,80	29,78
Fleischfarbe (2 h oxidiert)						
Helligkeit (L)	39,68	40,68	41,19	40,63	42,42	43,09
Rotton (a)	13,92	14,14	19,26	18,07	16,92	16,67
Fettfarbe (2 h oxidiert)						
Helligkeit (L)	k.A.	k.A.	68,88	69,65	71,03	71,21
Gelbton (b)	k.A.	k.A.	22,8 ^a	21,1 ^b	16,8	17,1

helleres Fleisch als bei Schlachtung direkt nach Alpung, was laut der Autorin mit der unterschiedlichen körperlichen Aktivität zusammenhängen könnte. Die häufig genannte stärkere Fettgelbfärbung direkt nach Alpung bzw. nach Weide (NOZIERE et al. 2006), zeigte sich nur beim Ochsenfleisch; der gefundene Unterschied dürfte allerdings mehr von wissenschaftlichem Interesse als von praktischer Relevanz sein.

Die Dauer der Fleischreifung (7 vs. 14 Tage beim Lamm; 9 vs. 16 Tage bei Jungrind und Ochse) hatte keinen wesentlichen Einfluss auf die Fleisch- und Fettfarbe. Es zeigten sich zwar statistisch signifikante Unterschiede in Helligkeit und im Gelbton bei Fleisch und in der Helligkeit des Fettes, was allerdings nicht von praktischer Relevanz sein dürfte. Auf den Grillsaftverlust hatte die Fleischreifung keinen Einfluss. Erwartungsgemäß wurde das Fleisch aller Tierkategorien bei längerer Fleischreifung signifikant zarter, was mit sinkenden Scherkraftwerten einhergeht (Scherkraft Lamm: 3,36 vs. 2,69 kg; Jungrind 3,64 vs. 2,81 kg; Ochse 3,09 vs. 2,63 kg). Es zeigte sich keine signifikante Wechselwirkung zwischen Schlachttermin und Fleischreifung, was bedeutet, dass Almfleisch keine längere Reifezeit zu benötigen scheint als Fleisch nach Stallausmast.

4. Schlussfolgerungen

- Die häufigsten Rassen bzw. Kreuzungen bei gealpten Ochsen, Kalbinnen und Jung-rinder sind Fleckvieh (FV) und FV-Gebrauchskreuzungen mit Fleischrassen (CH, LI, WBB). Bei Kalbinnen ist die zweithäufigste Rasse Braunvieh, wobei die Kalbinnen nicht nur Mastkalbinnen sein werden, sondern naturgemäß auch ausgeschiedene Aufzuchtkalbinnen. Bei Almochsen sind die fünft- und sechshäufigste Rassen Grauvieh und Braunvieh. Die heimische Rasse Murbodner zeigt in den Auswertungen ähnliche gute Fleischklassen wie Fleckvieh-Gebrauchskreuzungen. Mit den vorhandenen Informationen kann allerdings nicht beantwortet werden, ob dies auf die Rasse per se zurückzuführen ist oder aber auf Unterschiede in der Jungendentwicklung (Milchvieh- vs. Mutterkuhbetrieb) bzw. auf ein optimiertes Betriebsmanagement im Murboder-Markenfleischprogramm. FV-Gebrauchskreuzungen weisen bessere Schlachtkörperqualitäten als FV auf.
- Rund 15 % der gealpten Kalbinnen, Jungkühe und Jungrinder wird innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb geschlachtet; bei Ochsen sind es nur 5 %. Rund 1/4 aller Alm-rinder wird innerhalb von 1-3 Monaten nach Almbtrieb geschlachtet.
- Zeitnah nach Alpung geschlachtete Ochsen und Kalbinnen sind generell älter, aber auch leichter als später geschlachtete. Prinzipiell verbessern sich sowohl bei Ochsen als auch bei Kalbinnen mit späterem Schlachttermin nach Almbtrieb Schlacht-gewichte, Fleisch- und Fettklassen sowie die Nettotageszunahmen. Es gibt aber einzelne Ochsen- und Kalbinnenmast-Betriebe, die bei zeitnaher Schlachtung nach Almbtrieb sehr gute Schlachtkörperqualitäten (Fleischklasse U-R, Fettklasse 3) erreichen. Hierfür ist sicherlich ein Zusammenspiel mehrerer Faktoren notwendig: optimales Betriebsmanagement, Almen mit überdurchschnittlicher Almfutterqualität, frühreife Linien/Genetik, Tiere aus der Mutterkuhhaltung, (Kraftfutter-)Zufütterung auf der Alm, Andererseits erreichen bei Schlachtung innerhalb von 1 Monat nach Almbtrieb 30 % der Ochsen und Kalbinnen nur Fleischklasse O und 17 % der Ochsen bzw. 9 % der Kalbinnen nur Fettklasse 1. Damit würden diese Tiere aus allen bestehenden Markenfleischprogrammen herausfallen.
- Beim Jungrind hat der Schlachtzeitpunkt nach Almbtrieb keinen so deutlichen Effekt auf Schlachtgewichte Fleisch-, Fettklassen und Nettotageszunahmen. Insbesondere beim Vergleich von Schlachtung innerhalb von 1 Monat vs. 1-3 Monate nach Alpung zeigt sich keine wesentliche Verbesserung der Schlachtkörperqualitäten. Die zügige Jungendentwicklung, frühreife Vatterassen und die Milchleistung der Mutterkuh mögen hierfür primär verantwortlich sein.

- FV-Jungkühe (maximal 48 Monate alt; nach FV sind BV, HF und GRV die häufigsten Rassen) erreichen durchschnittlich Fleischklassen von O bzw. knapp darüber bei einer durchschnittlichen Fettklasse von 1,8. Ein späterer Schlachttermin nach Almbtrieb verbessert zwar Schlachtgewichte, Fleisch- und Fettklassen leicht, dennoch sind auch bei Schlachtung 5-7 Monate nach Almbtrieb die Fleischklassen mit einem schwachen O und einer durchschnittlichen Fettklasse von 2,1 nicht befriedigend. Um bei Alm-Jungkühen annehmbare Schlachtkörperqualitäten zu erreichen, solltet daher – zusätzlich zu einer mindestens dreiwöchigen Fleischreifung – jedenfalls eine gezielte Ausmast angedacht werden.
- Es zeigt sich eine Tendenz zu niedrigeren intramuskulären Fettgehalten bei zeitnaher Schlachtung nach Almbtrieb. Die Fleischzartheit (Scherkraft) und der Grillsaftverlust werden vom Schlachtzeitpunkt (nach Almbtrieb vs. nach Stallausmast) nicht beeinflusst. Almfleisch benötigt keine längere Fleischreifung als Fleisch aus Stallausmast. Das Fettsäuremuster von Almfleisch ist im Allgemeinen ernährungsphysiologisch günstiger als nach Stallmast.

5. Literatur

BLANCO M., I. CASASUS, G. RIPOLL, P. ALBERTI, B. PANEA und M. JOY, 2017: Is meat quality of forage-fed steers comparable to the meat quality of conventional beef from concentrate-fed bulls? *J. Sci. Food Agri.* 97, 4943-4952.

BRANSCHIED, W., K.O. HONIKEL, G. VON LENGERKEN und K. TROEGER, 2007: Qualität von Fleisch und Fleischwaren – Band 1., 2. Auflage, Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt am Main, 551 S.

CHASSOT, A. und P.A. DUFEY, 2006: Ausmast von Ochsen nach Alping: Ausmastdauer und Mastleistung. *Agrarforschung* 13, 470-475.

DALEY, C.A., A. ABBOTT, P.S. DOYLE, G.A. NADER und S. LARSON, 2010: A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef [serial online], *Nutr. J.*, 9:10.

DE SMET, S., K. RAE und D. DEMEYER, 2004: Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Anim. Res.* 53, 81-98.

ETTLE, T., A. OBERMAIER, M. HEIM, M. PICKL, M. SCHUSTER und D. BRÜGGEMANN, 2018: Vergleichende Untersuchungen zur Mast- und Schlachtleistung von Braunvieh- und Fleckviehbullen. 45. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 31-36.

FRICKH, J.J., W. ZOLLITSCH und F. SMULDERS, 2003: Kennzahlen der Fleischqualität und Überprüfung der Wirtschaftlichkeit von jungen, intensiv gemästeten Fleckviehstieren und verschiedenen Gebrauchskreuzungen in Hinblick auf eine Weiterentwicklung von Qualitätsprogrammen. Abschlussbericht für das Forschungsprojekt Nr. 1238 im Auftrag des BMLFUW.

GANGNAT, I.D.M., M. KREUZER, A.C. McCORMICK, F. LEIBER und J. BERARD, 2016: Carcass and meat quality of finished and non-finished Limousin heifers from alpine livestock systems differing in altitudinal origin of the forage. *Arch. Anim. Nutr.* 70, 108-126.

HOFER, O., 2021: Almauftrieb in Österreich 2021. *Der Alm- und Bergbauer* 12/2021, 13.

MEINE-SCHWENKER, H., 2020 und 2021: Betriebszweigauswertung Bullenmast in Niedersachsen 2018/2019 und 2019/2020, Landwirtschaftskammer Niedersachsen.

- MOREL, I., 2010: Effizienz verschiedener Rindertypen für die Fleischproduktion. 37. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 53-56.
- NOZIERE, P., B. GAULET, A. LUCAS, B. MARTIN, P. GROLIER und M. DOREAU, 2006: Carotenoids for ruminants: from forages to dairy products. Anim. Feed Sci. Technol., 131, 418-450.
- PFUHL, R., O. BELLMANN, C. KÜHN, F. TEUSCHER, K. ENDER und J. WEGNER, 2007: Beef versus dairy cattle: a comparison of feed conversion, carcass composition, and meat quality. Archiv für Tierzucht, Dummerstorf 50, 59-70.
- SANTOS, D., M.J MONTEIRO, H.-P. VOSS, N. KOMORA, P. TEIXEIRA und M. PINTADO, 2021: The most important attributes of beef sensory quality and production variables that can affect it: A review. Livest. Sci. 250, 104573.
- TERJUNG, N., F. WITTE und V. HEINZ, 2020: Multifaktorielle Einflüsse – Ein Überblick zur Zartheit von Rindfleisch. Fleischwirtschaft 2020, 82-87.
- TERLER, G., M. VELIK, J. HÄUSLER, R. KITZER und J. KAUFMANN, 2014: Schlachtleistung und Fleischqualität von Jungrindern (Fleckvieh×Limousin und Limousin) aus der Mutterkuhhaltung. 41. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 85-95.
- VELIK, M., A. STEINWIDDER und J. FRICKH, 2008: Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Genetik auf die Schlachtleistung und Fleischqualität von Jungrindern aus der Mutterkuhhaltung. Züchtungskunde 80, 378-388.
- VELIK, M. und D. SINKOVITS, 2020: ALMO Ochsen – Schlachtleistungs-Ergebnisse in der grünlandbasierten Ochsenmast unter Berücksichtigung von Rasse, Alter und Gewicht. 47. Viehwirtschaftliche Fachtagung, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 45-54.
- VELIK, M., R. KITZER, J. KAUFMANN und J. HÄUSLER, 2022: Braunvieh in der Stiermast – Leistungsvermögen, Fleischqualität, Effizienz und Wirtschaftlichkeit. Zwischenbericht Dafne-Projektnr. 101529, 25 S.
- WOOD, J.D., M. ENSER, A.V. FISHER, G.R. NUTE, P.R. SHEARD, R.I. RICHARDSON, S.I. HUGHES und F.M. WHITTINGTON, 2008: Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. Meat Sci. 78, 343-58.

Stressfreie Schlachtung von Rindern – eine Feldstudie

Stressfree slaughter of cattle – a field study

Roland Kitzer^{1*}

Zusammenfassung

In der vorliegenden Feldstudie wurde untersucht inwieweit es im Blut Unterschiede bei den Stresshormonen Adrenalin, Cortisol und den Stoffwechselbauprodukten Glucose, Lactat bei verschiedenen Örtlichkeiten der Schlachtung gibt. Dazu wurden Stiere, Ochsen, Kalbinnen, Jungrinder sowie eine Kuh untersucht. Es wurden drei Varianten untersucht: (1) Schlachtung am Schlachthof, (2) Schlachtung am Heimbetrieb (3) Schlachtung in der Freilandhaltung. Am Schlachthof wurde an zwei Tagen, am Heimbetrieb an vier Tagen und am Betrieb mit Freilandhaltung an einen Tag geschlachtet, dabei wurden Blutproben zur Analyse der Stresshormone genommen.

Aus dieser Untersuchung geht hervor, dass Rinder, die am Heimbetrieb in einer teilmobilen Schlachthanlage geschlachtet wurden, signifikant höhere Glucosewerte und numerisch geringere Lactatwerte im Blut aufwiesen. Die Stresshormone Adrenalin und Cortisol waren bei Schlachtung am Schlachthof minimal höher und es gab mehr Ausreißer, allerdings konnte der Unterschied statistisch nicht abgesichert werden.

Diese Ergebnisse müssen jedoch aufgrund des nicht ausbalancierten Versuchsdesigns mit Vorsicht gesehen werden.

Zusätzlich wurden noch Untersuchungen von 3 Rindern (2 Ochsen, 1 Kuh) vorgenommen, die mit Gewehrschuss im Auslauf völlig unbeeinflusst, stressfrei getötet wurden. Interessant sind diese Tiere aber besonders deshalb, weil sie uns Auskunft über die Untersuchungsparameter bei völliger Stressfreiheit geben. Der Lactatwert lag hier bei 1,1 mmol/l, der Glucosewert bei 2,2 mmol/l, der Cortisolwert bei 0,5 ng/ml und der Adrenalinwert bei 0,1 ng/ml. In Opposition zu diesen Werten wurden in der durchgeführten Untersuchung folgende Maximalwerte gemessen: Lactat (16,3 mmol/l), Glucose (12,2 mmol/l), Cortisol (87,5 ng/ml) und Adrenalin (8,5 ng/ml).

Sobald Rinder vom Menschen in ihren Managementbestreben beeinflusst werden, entsteht ein gewisser Stressfaktor. Dieser Stress kann sowohl durch die Handlung des Menschen, aber auch durch die eigene Herde (Rang in der Herde) ausgelöst werden. Vermutlich besonders stark wirkt aber die Separierung von Einzeltieren aus der Herde mit anschließender Verbringung zum oder Fixierung am gewählten Schlachtort. Tierindividuelle Reaktionen können hier ein breites Spektrum einnehmen.

Schlagwörter: Tierwohl, Verantwortung, Stress, Regionalität, Qualität

Summary

The present field study investigated the extent to which there are differences in the stress hormones adrenaline, cortisol and the metabolic breakdown products glucose and lactate in the blood at different locations of slaughter. For this

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

* Ansprechpartner: Ing. Roland Kitzer, email: roland.kitzer@raumberg-gumpenstein.at

purpose, bulls, steers, heifers, suckler calves and a cow were examined. Three variants were investigated: (1) slaughter at the slaughterhouse, (2) slaughter at the home farm (3) slaughter in the free range. Slaughtering took place on two days at the slaughterhouse, on four days at the home farm and on one day at the free-range farm, and blood samples were taken for analysis of stress hormones.

This study showed that cattle slaughtered at the home farm in a semi-mobile slaughter facility had significantly higher glucose levels and numerically lower lactate levels in the blood. The stress hormones adrenaline and cortisol were minimally higher when slaughtered at the abattoir and there were more outliers, but the difference could not be statistically validated.

However, these results must be viewed with caution due to the unbalanced experimental design.

In addition, studies were carried out on 3 cattle (2 steers, 1 cow) that were killed with rifle shot in the run completely unaffected, stress-free. These animals are particularly interesting because they give us information about the examination parameters in the absence of stress. The lactate value was 1.1 mmol/l, the glucose value 2.2 mmol/l, the cortisol value 0.5 ng/ml and the adrenalin value 0.1 ng/ml. In opposition to these values, the following maximum values were measured in the conducted examination: lactate (16.3 mmol/l), glucose (12.2 mmol/l), cortisol (87.5 ng/ml) and adrenalin (8.5 ng/ml).

As soon as cattle are influenced by humans in their management efforts, a certain stress factor is created. This stress can be triggered by the actions of humans, but also by the cattle's own herd (rank in the herd). However, the separation of individual animals from the herd with subsequent transport to or fixation at the chosen place of slaughter probably has a particularly strong effect. Individual animal reactions can cover a wide spectrum.

Keywords: animal welfare, responsibility, stress, regional, quality

1. Einleitung

Der Umgang mit Nutztieren – besonders bei Tiertransporten sowie vor der Schlachtung – ist ein besonders sensibles Thema und wird von der Gesellschaft und den Medien sehr kritisch wahrgenommen und beurteilt. Deshalb ist es von großem Interesse, dass von allen Verantwortlichen zusätzliche Maßnahmen ergriffen und umgesetzt werden, um das Tierwohl zu verbessern und den Anforderungen der Konsumenten nachzukommen.

In Österreich ist bis dato die stressfreie Schlachtung (Weideschlachtung/Hofschlachtung) nicht konkret definiert, das Rind muss lebend in die Schlachthanlage gebracht werden (VERORDNUNG (EG) Nr. 853/2004). Ausnahmen gibt es nur für Notschlachtungen, wenn das Tier nicht mehr transportfähig ist sowie für Bisons und Farmwild.

Das Separieren, Verladen, Transportieren, die Ankunft am Schlachthof bzw. Zusammenreffen mit fremden Artgenossen, ungewohnter Lärm, Geruch etc. verursachen beim Tier Stress, der sich negativ auf die Fleischqualität (hohe Saftverluste, Zartheit etc.) auswirken kann. Gerade den bäuerlichen direktvermarktenden Betrieben ist es ein wichtiges Anliegen, alle Arbeitsschritte selbst und am eigenen Betrieb durchzuführen.

Durch die Corona-Pandemie haben der Konsum bzw. das Kaufverhalten bei Lebensmitteln zu einem bewussteren Handeln geführt. Direkt am Bauernhof produzierte Lebensmittel werden vom Konsumenten geschätzt und vermehrt gekauft, damit verbunden sind Regionalität, geringer CO₂-Ausstoß und kurze Transportwege. Die Versorgungssicherheit (Eigenversorgung) mit Lebensmitteln innerhalb des Landes hat seit der Pandemie einen höheren Stellenwert.

Die Konsumenten verlangen vermehrt, dass das Fleisch, das sie verzehren, von Tieren stammt, die vor der Schlachtung kein Leid und Stress erfahren mussten. Um diesen Wunsch gerecht zu werden, bemüht man sich entsprechende Faktoren (Methodik) zur Vermeidung von Stress vor der Schlachtung zu implementieren, da sich dies auch auf die Fleischqualität entsprechend positiv auswirken kann.

Alle genannten Aspekte legen nahe, dass zur bestehenden Schlachtungspraxis alternative Formen entwickelt und unabhängig geprüft werden sollen. Dieser Meinung ist auch das Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz (BMSGPK oder Sozialministerium), das im Frühjahr 2019 ein Merkblatt über Anforderungen an eine „teilmobile Schlachthanlage als Erweiterung einer bereits bestehenden Zulassung als Schlachtbetrieb“ veröffentlichte. Es wird darin hingewiesen, dass ein einheitliches Vorgehen der Behörden bei der Erteilung der Genehmigung (Länderkompetenz) zu erfolgen hat.

1.1 Wirkung von Stress

Wenn Tiere Stress ausgesetzt sind, führt dies unmittelbar zur Ausschüttung der Hormone Adrenalin und Noradrenalin (sie gehören zu den Katecholamine, diese sind eine biologische und medizinisch wichtige Gruppe chemischer Stoffe) und gelangen von der Nebenniere in den Blutstrom. Diese Hormone bereiten das Tier für die Kampf- oder Flucht-Reaktion vor und sind deshalb nur kurzzeitig im Blutstrom vorhanden. Daraufhin werden Kortikosteroide (Gruppe von ca. 50 in der Nebennierenrinde gebildeter Steroidhormone) in der Nebennierenrinde produziert und als Cortisol in den Blutstrom freigesetzt. Adrenalin und Noradrenalin fördern den Abbau von Leberglykogen, um den Gehalt an Glucose im Blut zu erhöhen, der den Muskeln im aktiven Zustand zur Verfügung steht. Kortikosteroide hingegen fördern, während der adaptiven Phase der Stressreaktion, die Resynthese von Leberglykogen mit Aufrechterhaltung des Glucose-Spiegels im Blut. Aus diesem Grund zirkulieren Kortikosteroide länger im Blut und können leichter nachgewiesen werden als Katecholamine (Adrenalin und Noradrenalin). Die Katecholamine lösen die sekundäre Antwort auf Stress aus und verursachen eine Erhöhung der Herz- und Atemfrequenz sowie des Blutdrucks und stimulieren die Glykogenolyse. Glucose und ein erhöhter Glykogengehalt im Blutplasma stehen dem Körper anschließend zur Verfügung. Stressbedingte Veränderungen der Muskelzellmembranen führen zu einem erhöhten Lactatgehalt im Blut. Im Gegensatz zu hohem Glucose- und Lactatgehalt im Blut bei kurzfristigem Stress sind diese bei langanhaltendem Stress niedrig (WOLTER 2018).

2. Material und Methoden

2.1 Projektbeschreibung und Untersuchungsparameter

Das vorliegende Projekt wurde in einer Feldstudie von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in Kooperation mit Marcher Fleischwerke und der „Initiative der Bauern“ (11 Bauern beteiligt auf der Koralm) in der Region Deutschlandsberg durchgeführt (www.stressfrei.st). Nachdem ein Landwirt in dieser Institution im Frühjahr 2019 eine Genehmigung für eine mobile Schlachteinheit erwirkte, bekam im Jahr 2020 ein weiterer Landwirt eine Genehmigung. Ein weiterer Kooperationspartner war die Tierärztliche Fakultät, der Ludwig-Maximilians-Universität München, Veterinärstr. 13/R, 80539 München, dort wurden die Blutproben auf Stresshormone (Adrenalin und Cortisol) untersucht. Sie stellten uns auch die Gerätschaften zur Blutserumaufbereitung (mobile Zentrifuge mit Kühlung, Pipetten, Schnelltestgerät für die Messung des Glucose- und Lactatgehalts) zur Verfügung.

Der Zeitraum der Durchführung für die Blutprobennahme bei der Schlachtung erstreckte sich von Mai bis Oktober 2020. Die Probenanzahl belief sich insgesamt auf 62 Proben, diese verteilten sich auf 41 Proben (Schlachthof), 16 Proben (Heimbetrieb), 3 Proben

(Freilandhaltung) und 2 Proben (HBLFA) (*Tabelle 1*). Am Schlachthof wurden Stiere (15), Kalbinnen (11) und Jungrinder (15) beprobt. Die Rassen der untersuchten Rinder am Schlachthof waren Fleckvieh (17), Blonde d'Aquitaine (1), Braunvieh (1), Piemonteser (1), Murbodner (6), Holstein Friesian (1), Limousin (2), FV × LI (11), FV × BA (1). Die 16 Rinder am Heimbetrieb verteilten sich auf Jungrinder (10), Stier (1), Ochsen (3) und Kalbinnen (2). Am Heimbetrieb verteilten sich die Rassen auf Charolais (2), Fleckvieh (1), Limousin (4), Murbodner (3) und Kreuzungen (FV × LI (3), FV × MB (2), FV × PI (1)). Bei der Freilandhaltung wurden zwei Ochsen (Galloway, Aberdeen Angus) und eine Kuh (Galloway) mit Kugelschuss untersucht.

Bei der Schlachtung wurde Stichblut entnommen und anschließend mit einem Schnelltestgerät (Accutrend Plus) der Glucose- und Lactatwert im Blut erhoben. Danach wurde das Blut in Blutserumröhrchen (10 ml EDTA-Plasmaröhrchen) abgefüllt und in der Zentrifuge (Hettich) 10 Minuten bei 8 °C zentrifugiert, danach wurde das Serum abpipettiert und bei -80 °C im Trockeneis gelagert. Das Blutserum wurde zur Analyse des Cortisol- und Adrenalinegehalts an das Labor der LMU München geschickt.

Lactat:

Lactat ist das Salz der Milchsäure, das vor allem bei Beanspruchung und Belastung der Muskeln gebildet wird. Lactat entsteht aus Glucose (Traubenzucker), wenn kein Sauerstoff vorhanden ist (anaerobe Glykolyse). Nach körperlicher Anstrengung steigt der Wert im Blut natürlicherweise an.

Glucose:

Der sogenannte Blutzucker entspricht dem Glucoseanteil im Blut. Er gibt Auskunft darüber, wie viel Zucker (Glucose) bei einem Menschen oder Tier im Blut in gelöster Form vorhanden ist.

Referenzwert für Glucose im Blut von Rindern beträgt nach KRAFT (2005):

- 2,2 -3,3 mmol/l
- 4,4 -6,9 mmol/l bei Saugkälbern

Durch die noch abweichende Verdauungsphysiologie, weisen Kälber höhere Glucosewerte auf als erwachsene Rinder (BAUMGARTNER 1977).

Cortisol:

Cortisol ist ein Stresshormon, das katabole (abbauende) Stoffwechselvorgänge aktiviert und so dem Körper energiereiche Verbindungen zur Verfügung stellt (de.wikipedia.org besucht am 01.02.2021).

Adrenalin:

Adrenalin ist ein Hormon, das im Nebennierenmark gebildet wird. Wenn Tiere Stress ausgesetzt sind, führt dies unmittelbar zur Ausschüttung der Hormone Adrenalin und Noradrenalin (Katecholamine sind eine biologisch und medizinisch wichtige Gruppe chemischer Stoffe) von der Nebenniere in den Blutstrom (de.wikipedia.org besucht am 01.02.2021).

2.2 Ablauf der Schlachtung und nationale Regelungen

Bei der Schlachtung wird das Tier in gewohntem Umfeld fixiert (im Fressgitter im Stall oder im Auslauf) und mittels Bolzenschuss betäubt. Danach wird das Tier in den mobilen Schlachtanhänger gezogen und hängend entblutet, anschließend erfolgt der Transport zur Schlachthanlage, um dort die weiteren Arbeitsschritte fortzuführen (Haut abziehen, Ausnehmen des Verdauungstrakts und der Innereien etc.).

Ob dieses Schlachverfahren grundsätzlich durchgeführt werden darf, hängt von den gesetzlichen Regelungen ab. In Österreich ist bis dato die stressfreie Schlachtung (Weideschlachtung/ Hofschlachtung) nicht konkret definiert, das Rind muss „lebend in die Schlachthanlage“ gebracht werden (VERORDNUNG (EG) Nr. 853/2004). Ausnahmen gibt es nur für Notschlachtungen, wenn das Tier nicht mehr transportfähig ist, sowie für Bisons und Farmwild.

In Deutschland ist seit 2011 die Weideschlachtung für ganzjährig im Freien gehaltenen Rinder nach Genehmigung durch die Behörde erlaubt. Auch in der Schweiz sind seit 1. Juli 2020 Hof- und Weidetötung zur Fleischgewinnung möglich. In Österreich beschreibt das Merkblatt über „Anforderungen an eine teilmobile Schlachtung“ des BMSGPK das Verfahren. Die Länder erlassen Einzelgenehmigungen zur Durchführung. Das führt zu einer unterschiedlichen Vorgehensweise in den Bundesländern. So erteilte ein Bundesland auch eine Zulassung zur Schlachtung mit Kugelschuss.

Ziel aller Entscheidungen ist eine stetige Verbesserung der Situation bei der Schlachtung landwirtschaftlicher Nutztiere.

Tabelle 1: Anzahl der Schlachttiere

Kategorie n=62	Betrieb			
	Schlachthof	Heimbetrieb	Freilandhaltung	HBLFA
Stier	15	1		
Kalbin	11	2		
Jungrind	15	10		2
Ochse		3	2	
Kuh			1	
Gesamt	41	16	3	2

Es wurden in Excel Boxplots erstellt sowie ein statistisches Modell mit den fixen Effekten Ort der Schlachtung, Kategorie, Geschlecht und Rasse ausgewertet.



Abbildung 1: Praktischer Ablauf der mobilen Schlachtung

Ergebnisse und Diskussion

Die Blutwerte Glucose und Lactat sind Indikatoren für den Stoffwechsel der Schlachtrinder. Rinder, die am Heimbetrieb geschlachtet wurden, wiesen einen höheren Glucose- und einen geringfügig niedrigeren Lactatwert auf (*Tabelle 2, Abbildung 2*). Das bedeutet, dass diese Rinder noch kontinuierlich Futter aufgenommen und verdaut haben. Durch den Transport zum Schlachthof verbrauchen diese Tiere Glucose aus ihrem Energiepool, der Glucosewert sinkt hoch signifikant um $\frac{1}{3}$ ab und der Lactatwert steigt. Die Stresshormone Adrenalin und Cortisol waren bei einer Schlachtung im Schlachthof zwar numerisch etwas höher als bei einer Heimschlachtung, allerdings lässt sich der Unterschied nicht statistisch absichern. Insgesamt kann mit den bestehenden fixen Effekten (Si, Kj, Gk, Ri) die Streuung der Untersuchungsparameter nur in einem geringen Ausmaß erklärt werden. Das Bestimmtheitsmaß R^2 liegt immer bei rund 25. Das bedeutet, dass $\frac{3}{4}$ der Streuung nicht erklärt werden kann und vor allem dem individuellen Verhalten des Einzeltieres zugeordnet werden muss. Außerdem ist das gesamte Datenmaterial nicht besonders gut ausbalanciert.

Weiters wurden noch Untersuchungen von 3 Rindern (2 Ochsen, 1 Kuh; Rassen Galloway und Angus) vorgenommen, die mit Gewehrschuss im Auslauf völlig unbeeinflusst, stressfrei getötet wurden. Wegen der geringen Anzahl wurden diese Tiere nicht in die statistische Auswertung einbezogen. Interessant sind diese Tiere aber besonders deshalb, weil sie uns Auskunft über die Untersuchungsparameter bei völliger Stressfreiheit geben. Der Lactatwert lag hier bei 1,1 mmol/l, der Glucosewert bei 2,2 mmol/l, der Cortisolwert bei 0,5 ng/ml und der Adrenalinwert bei 0,1 ng/ml. In Opposition zu diesen Werten wurden in der durchgeführten Untersuchung folgende Maximalwerte gemessen: Lactat (16,3 mmol/l), Glucose (12,2 mmol/l), Cortisol (87,5 ng/ml) und Adrenalin (8,5 ng/ml).

Werden die Ergebnisse aus *Tabelle 2* und *Abbildung 2* mit diesem Zusatzwissen noch einmal interpretiert, wird klar, dass die gefundenen Wirkungen im Hinblick auf eine völlige Stressfreiheit geringe Bedeutung haben. Sobald Rinder vom Menschen in ihren Managementbestreben beeinflusst werden, entsteht ein gewisser Stressfaktor. Dieser Stress kann sowohl durch die Handlung des Menschen, aber auch durch die eigene Herde (Rang in der Herde) ausgelöst werden. Vermutlich besonders stark wirkt aber die Separierung von Einzeltieren aus der Herde mit anschließender Verbringung zum oder Fixierung am gewählten Schlachtort. Tierindividuelle Reaktionen können hier ein breites Spektrum einnehmen. Für das vorliegende Datenmaterial kann subjektiv durch die handelnden Personen festgestellt werden, dass sowohl die Schlachtung am Schlachthof als auch jene am Heimbetrieb grundsätzlich sachgemäß und ruhig verlaufen ist. Für eine absolute Einordnung der Untersuchungswerte in das mögliche Spektrum sollen noch zusätzlich die maximal möglichen gemessenen Blut- und Stresswerte verwendet werden. *Abbildung 2* zeigt, dass alle Ergebnisse der statistischen Bewertung weit weg von möglichen Maximalwerten liegen. Die besonders interessante Klasse Ort der Schlachtung erreicht nur rund 20 % des möglichen Maximalwertes.

Tabelle 3 gibt eine Übersicht über Studien, die den Einfluss unterschiedlicher Versuchsanstellungen auf die Merkmale Lactat, Glucose, Cortisol und Adrenalin untersuchten.

Tabelle 2: Untersuchungsergebnisse der statistischen Auswertung

	Einheit	Mittel μ	Ort der Schlachtung (S)		p-Werte S	Streuung s_e
			Heimbetrieb	Schlachthof		
Lactat	mmol/l ¹	6,5	6,2	6,9	0,645	2,9
Glucose	mmol/l	6,4	7,9	4,9	0,008	1,8
Cortisol	ng/ml ²	17,3	14,1	20,6	0,267	15,6
Adrenalin	ng/ml	1,7	1,4	2,0	0,351	1,9

¹ Millimol pro Liter, ² Nanogramm pro Milliliter

Tabelle 3: Untersuchungsergebnisse aus Studien

Autor	Rasse	Kategorie	Schlachthof	Versuchsanstellung Unterschiede zw. Versuchsgruppen	Glykogen Muskel	Untersuchte Merkmale						
						Glucose Blut	Lactat Blut	Cortisol Blut	Cortisol Speichel	Adrenalin Harn	Noradrenalin Harn	
GRUBER et al. 2009		Kalbin, Stier	Schlachthof	(1) Kategorie (2) Tierverhalten (a) am Treibgang bzw. (b) Schlachthof	(1) n.s. ¹ (2a) n.s. (2b) sig.	(1) n.s. (2a) sig. (2b) sig.	(1a) n.s. (1b) sig. ²					
HONKAVAARA et al. 2003		Kalbin, Stier	Schlachthof	Transportdistanz	sig.		sig.					
LAHUCKY et al. 1998	HF, HF x WB, PI x PIE	Stier	Schlachthof	Fixierung	1, 3hp.m. n.s.; 48 h p.m. sig.							
MOUNIER et al. 2006		Stier	Schlachthof	Transportbedingungen, Vorerfahrungen der Tiere			sig.					
MUCHENJE et al. 2009	Bonsmara, AA, Nguni	Ochsen	Schlachthof	Rassenvergleich								sig.
PROBST et al. 2012	LI- Kreuzungen	Kälber	Schlachthof	Tierzuechtung (Streicheln)		n.s.	n.s.					
PROBST et al. 2013	LI- Kreuzungen, PIE	Kalbin, Ochs, Stier	Schlachthof	Tierzuechtung (Strei- cheln) vor Schlachtung		n.s.	n.s.					
PROBST et al. 2014	Milchrassen Fleischrassen, Kreuzungen	Kalbin, Ochs, Stier	Schlachthof	(1) Kategorie (2) Rassetyp (3) elektrische Treibhilfe		(1) n.s. (2) n.s. (3) n.s.	(1) sig. (2) n.s. (3) n.s.					
PROBST et al. 2017	F1 (AA x LI), AA	Kalbin, Ochs, Stier	Schlacht- hof bzw. Auslauf*	Schlachthof vs. Kugel- schuss im Auslauf			sig.					
REICHE et al. 2018		Stier	Schlachthof	Ruhezeit vs. zusätzlicher Stress am Schlachthof				sig.		sig.		sig.
SCHIFFER et al. 2015	GA, AA	Stier (GA), Kalbin (AA), Ochse (AA)	Schlacht- hof bzw. Weide*	Schlachthof vs. Kugel- schuss auf Weide		sig.						

* Kugelschuss, ¹ nicht signifikant, ² signifikant

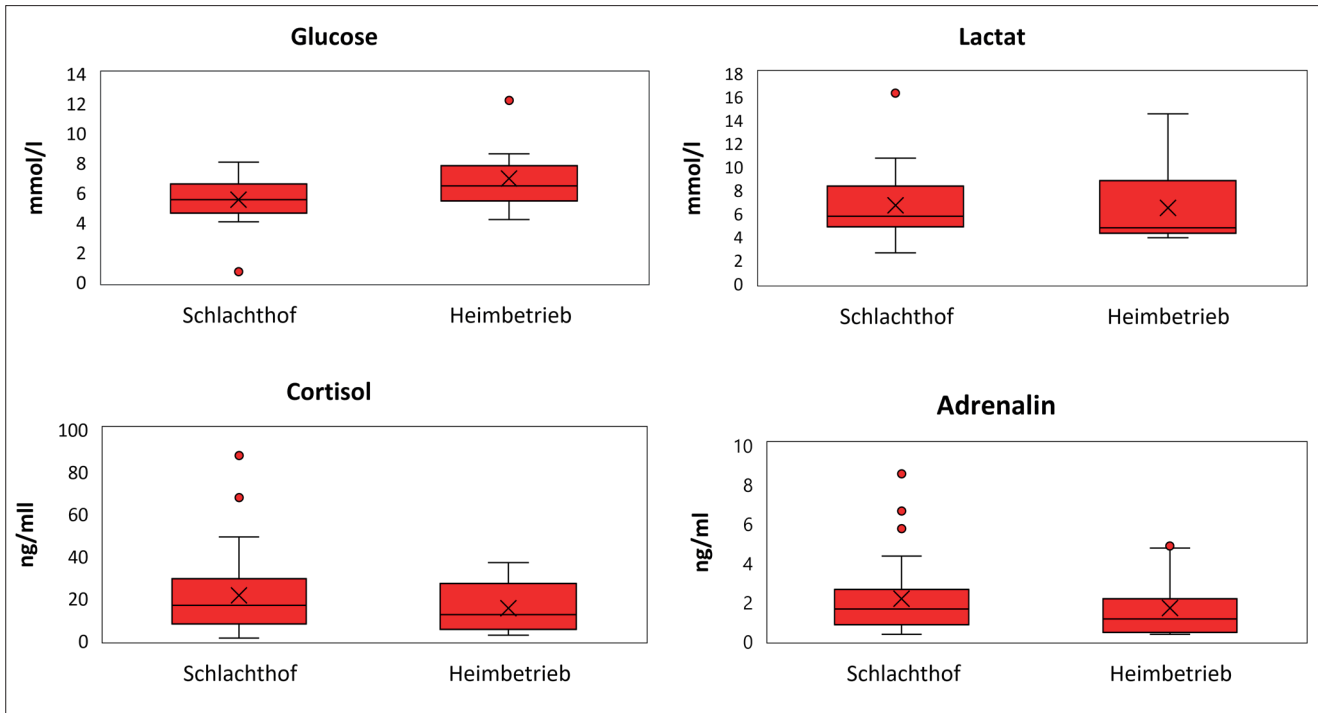


Abbildung 2: Einordnung der Schlachtorte in die möglichen Streubreiten der Messwerte am Schlachthof und Heimbetrieb (57 Tiere)

4. Literatur

BAUMGARTNER, W., 1977: IN: THURMANN, J., 2012: Tagesschwankungen von Laborparametern beim Milchrind, Dissertation, Universität Berlin.

GRUBER, S.L., J.D. TATUM, T.E. ENGLE, P.L. CHAPMAN, K.E. BELK und G.C. SMITH, 2009: Relationships of behavioral and physiological symptoms of preslaughter stress to beef *longissimus muscle* tenderness, *J. Anim. Sci.* 2010, 88:1148-1159.

HONKAVARA, M., E. RINTASALO, J. YLÖNEN und T. PUDAS, 2003: Meat quality and transport stress of cattle, *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 110, 125-128.

KRAFT, W., 2005: IN: THURMANN, J., 2012: Tagesschwankungen von Laborparametern beim Milchrind, Dissertation, Universität Berlin.

LAHUCKY, R., O. PALANSKA, J. MOITO, K. ZAUJEC und J. HUBA, 1998: Effect of Preslaughter Handling on Mucle Glycogen Level and Selected Meat Quality Traits in Beef, *Meat Sci.*, 50, 3, 389-393.

MOUNIER, L., H. DUBROEUCQ, S. ANDANSON und I. VEISSIER, 2006: Variations in meat pH of bulls in relation to conditions of transfer to slaughter and previous history of the animals, *J. Anim. Sci.* 84, 1567-1567.

MUCHENJE, V., K. DZAMA, M. CHIMONYO, P.E. STRYDOM und J.G. RAATS, 2009: Relationship between pre-slaughter stress responsiveness and beef quality in three cattle breeds, *Meat Sci.* 81, 653-657.

PROBST, J.K., A. SPENGLER NEFF, F. LEIBER, M. KREUZER und E. HILLMANN, 2012: Gentle touching in early life reduces avoidance distance and slaughter stress in beef cattle, *Applied Anim. Behaviour Sci.*, 42-49.

PROBST, J.K., E. HILLMANN, F. LEIBER, M. KREUZER und A. SPENGLER NEFF, 2013: Influence of gentle touching applied few weeks before slaughter on avoidance distance and slaughter stress in finishing cattle, *Applied Anim. Behaviour Sci.*, 14-21.

PROBST, J.K., A. SPENGLER NEFF, E. HILLMANN, M. KREUZER, M. KOCH-MATHIS und F. LEIBER, 2014: Relationship between stress-related exsanguination blood variables, vocalisation, and stressors imposed on cattle between lairage and stunning box under conventional abattoir conditions, *Applied Anim. Behaviour Sci.*, 154-158.

PROBST, JK., E. MEILI und A. SPENGLER NEFF, 2017: Auswirkungen von Stressoren vor der Schlachtung auf Rinder bei zwei verschiedenen Schlachtmethoden (Bolzenschuss im kleinen Schlachthof und Kugelschuss auf der Weide).

REICHE, A., J.L. OBERSON, P. SILACCI, F. DOHME-MEIER, H.D. HESS und E.M.C. TERLOUW, 2018: Einfluss von Stress bei der Schlachtung auf Physiologie und Fleischqualität von Mastbullen, *Agroscope Sci.*, Nr. 67, 25-27.

SCHIFFER, K.J., 2015: On-farm slaughter of cattle via gunshot method. Dissertation, Universität Kassel.

WOLTER, A., 2018: Einflussfaktoren auf den pH-Wert des Fleisches von Rindern in Luxemburg, Masterarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.

5. Danksagung

Ich möchte mich besonders bei der „Initiative der Bauern“, vor allem bei Herrn Alois Kiegerl und Herrn Johannes Kienzer, die sich besonders mit ihrem persönlichen Engagement für das Zustandekommen der Feldstudie einsetzten, herzlich bedanken. Weiters möchte ich mich auch bei Herrn Mag. Norbert Marcher (Marcher Fleischwerke) herzlich für die Probennahmen am Schlachthof bedanken.

Großer Dank gebührt Frau Dr. Elke Rauch und Herrn Hermann Kuchler von der tierärztlichen Fakultät der LMU München für die unkomplizierte Kooperation und Analyse der Blutproben sowie die Bereitstellung der Gerätschaften, die für die Aufbereitung des Blutserums notwendig waren.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Frau Daniela Wintereder und Fred Zehetner für die Probennahme bei ihren Rindern aus der Freilandhaltung.

Bericht

49. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2022

Herausgeber:

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

Druck, Verlag und © 2022

ISBN-13: 978-3-902849-89-2

ISSN: 1818-7722