

50. Viehwirtschaftliche Fachtagung

29. und 30. März 2023

HBLFA Raumberg-Gumpenstein



50. Viehwirtschaftliche Fachtagung

50 Jahre Viehwirtschaftliche Fachtagung

Effizienz in der Rinderproduktion

Fütterung und Futterqualität

Stier- und Kälbermast mit Milchrassen

Die Viehwirtschaft in Krisenzeiten

Futterzusätze

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:
HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Landwirtschaft
Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal
raumberg-gumpenstein.at
Für den Inhalt verantwortlich: Die AutorInnen
Fotonachweis: Martin Brader (S. 167)
Gestaltung: Andrea Stuhlpfarrer, Lauren Mayer

ISBN: 978-3-903452-02-2
Alle Rechte vorbehalten
Irdning-Donnersbachtal 2023

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------------|
| 50 Jahre Viehwirtschaft im Wandel..... | 5 |
| Thomas Guggenberger | |
| Effizienz als Forschungsschwerpunkt an derHBLFA Raumberg-Gumpenstein..... | 23 |
| Georg Terler, Leonhard Gruber, Margit Velik und Thomas Guggenberger | |
| Einfluss von Genotyp und Kraftfutterniveau auf die Produktion, Effizienz und Gesundheit von Milchkühen | 29 |
| Leonhard Gruber, Georg Terler, Johann Häusler, Alfred Haiger, Thomas Guggenberger, Margit Velik und Andrea Adelwöhrer | |
| Holstein-Genotypen und Fleckvieh in der Stiermast: Tierische Leistungen und Schlachttierwert | 87 |
| Margit Velik, Georg Terler, Marlene Berger, Roland Kitzler, Johann Häusler, Daniel Ein- gang, Josef Kaufmann, Martin Royer, Andrea Adelwöhrer und Leonhard Gruber | |
| Aktuelle Entwicklungen in der Energie- und Proteinbewertung für Wiederkäuer | 115 |
| Karl-Heinz Südekum | |
| LK-Grundfutterprojekte als Basis für die Qualitäts-entwicklung von Gärfutter und Heu in Österreich | 123 |
| Reinhard Resch und Gerald Stögmüller | |
| Bullenmast mit Milchrassen, wirklich eine Alternative? | 157 |
| Wilfried Naue | |
| Produktions- und Absatzentwicklung am heimischen Rindfleischmarkt | 163 |
| Johannes Minihuber | |
| Praktische Erfahrungen mit der Kalb Rosé-Mast | 167 |
| Martin Brader | |
| Landwirtschaft in Krisenzeiten | 169 |
| Franz Sinabell | |

**Methanreduktionspotential von Zitronengras, Biokohle und weiteren Futtermittel-
zusatzstoffen in der Rinderfütterung..... 179**

Georg Terler, Thomas Guggenberger, Daniel Eingang, Manuel Winter und Andreas
Steinwidder

Futtermittelzusatzstoffe – Rechtliche Situation und praktische Umsetzung 189

Franz Doppelreiter

50 Jahre Viehwirtschaft im Wandel

50 years of livestock farming in transition

Thomas Guggenberger^{1*}

Zusammenfassung

Die Entwicklung der Landwirtschaft in den letzten 50 Jahren ist von starken, andauernden Veränderungen geprägt. Als zentrale Antriebskraft wirkt die unterschiedliche Dynamik der Entwicklung ökonomischer Größen und die Veränderungen der gesellschaftlichen Haltungen. Bauernhöfe versuchen die schwache Entwicklung der Erlöse bei steigenden Kosten durch Mehrleistung und Wachstum zu kompensieren. In Abhängigkeit von Standort und Wirtschaftsweise treibt das die Automatisierung und die Marktteilnahme an. Ein Bauernhof in Österreich leistet heute etwa 2,4-mal so viel wie im Jahr 1970. So gelingt es, die österreichische Nahrungsproduktion auf hohem und sicherem Niveau zu halten. Das Institut für Nutztierforschung der HBLFA Raumberg-Gumpenstein hat diese Entwicklung mit der Viehwirtschaftlichen Fachtagung in den Top-Themen Milchkuh, Mastrind, Grundfutter, Wirtschaft, Kälber, Gesundheit, Technik und allen Fragen des Produktionsrahmens kontinuierlich begleitet. In der dokumentierten Form von Tagungsbänden wurden ab 1985 insgesamt 453 Beiträge von 350 Autorinnen und Autoren verfasst und vorgetragen. Das Kompendium umfasst rund 4.000 Seiten. In diesem Beitrag werden alle Beiträge hinsichtlich ihrer Schlüsselwörter klassifiziert und im Anhang gemeinsam mit den Autoren in Word-Clouds veröffentlicht.

Schlagwörter: Veränderung, Forschung, Wissen, Beratung

Summary

The development of agriculture in the last 50 years has been characterized by strong, ongoing changes. The central driving force is the different dynamics of the development of economic variables and the changes in social attitudes. Farms try to compensate for the weak development of revenues with rising costs through increased output and growth. Depending on location and farming methods, this drives automation and market participation. Today, a farm in Austria produces about 2.4 times as much as in 1970, thus managing to keep Austrian food production at a high and safe level. The Institute for Farm Animal Research at HBLFA Raumberg-Gumpenstein has continuously accompanied this development with the Livestock Research Conference in the top topics of dairy cow, beef cattle, basic feed, economy, calves, health, technology and all questions of the production framework. In the documented form of conference proceedings, a total of 453 papers have been written and presented by 350 authors since 1985. The compendium comprises about 4,000 pages. In this paper, all contributions are classified with respect to their keywords and published in word clouds together with the authors in the appendix.

Keywords: change, research, knowledge, consultancy

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

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

Historischer Rückblick auf die Entwicklung der viehwirtschaftlichen Forschung in Gumpenstein

Das Gründungsjahr 1947 markiert den Beginn der Zeitrechnung der landwirtschaftlichen Forschung am Standort Gumpenstein. Im Auftrag des damaligen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft wurde das Gut Gumpenstein aus privatwirtschaftlichen Besitz erworben und langsam mit den notwendigen Einrichtungen ausgestattet. Kürzlich wurden 75 Jahre Forschung in Raumberg-Gumpenstein gefeiert und dabei die Entwicklung von der Vergangenheit bis in die Gegenwart nachgezeichnet. Historisch wurden die ersten Jahre von den Entwicklungen im Pflanzenbau dominiert, der, gemeinsam mit dem Fachgebiet der Bodenkunde, bereits lange vor der Gründung der Forschungseinrichtung wissenschaftlich bearbeitet wurde. Bald nach der Gründung wurden zwei Stallgebäude errichtet und der Viehbestand aufgestockt. Mit diesen Grundlagen begann die Vertiefung der wissenschaftlichen Fragestellungen zur Haltung, Züchtung und Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere. Das diese weiterhin mit den Forschungsfragen im Pflanzenbau verbunden blieben, zeigen die sehr erfolgreichen Kooperationen zu wichtigen Fragestellungen der Grundfutterqualität, und zu Düngungs- und Managementfragen. Beispiele betreffen die Fragestellungen zum Umgang mit und der Behandlung von Rindergülle oder die Prüfung der Systemdynamik der biologischen Landwirtschaft lange vor der Existenz dieser Managementrichtung. Außer Haus wurde auf verschiedenen Prüfstellen die Züchtung von Mastrindern und die alternative Haltung von Kühen als Mutterkühe vorangetrieben. Einige Jahre lang wurden auch Untersuchungen mit Zuchtschweinen und Hühnern vorgenommen. Diese wurden durch den heute bedeutenden Zweig der Schafe und Ziegen verdrängt. Strukturell wurde mit dem Wachsen der Einrichtung aus der Abteilung Tierzucht das Institut für Nutztierforschung.

Die elementare Leitplanke für die Arbeit in der Vergangenheit und Gegenwart ist §4 des Bundesämtergesetzes, der die Aufgaben der Bundeseinrichtungen beschreibt. Punkt 4 definiert die „Aufgabe zur Weitergabe von Kenntnissen, insbesondere im Rahmen von Kursen, Seminaren, sonstigen eigenen und fremden Veranstaltungen und der Beratung“. Diese Aufgabe wurde bis zum Jahr 1985 breit, aber unspezifisch, als Teil verschiedener Veranstaltungen, Veröffentlichungen und kleinerer Seminare wahrgenommen. Das Gesamtkonzept war insgesamt so erfolgreich, dass mit breiter Brust der Beschluss gefasst wurde im Jahr 1985 die bereits 12. Tierzuchttagung zu veranstalten. Der damals amtierende Direktor DI Heinrich Weisheit beschrieb im Vorwort des Tagungsbandes die bis dahin lange andauernde Tradition von Tierzuchtseminaren, die sich bis zur Gründung der Forschungsanstalt zurück erstreckt hatte. Zugleich versprach er eine zukünftige Kontinuität der Veranstaltung. Diese Kontinuität haben die Tagungsverantwortlichen Dr. Rudolf Steinwender, Univ.Do. Dr. Leonhard Gruber und Dr. Georg Terler bis heute ohne Unterbrechung sichergestellt.

Wenn nun mit dem aktuellen Tagungsband die 50. Viehwirtschaftliche Fachtagung abgehalten wird, tritt eine besondere Situation ein. Die praktische Umsetzung des Bildungs- und Beratungsauftrages wird seit mehr als 50 Jahre umgesetzt. Könnten die Protagonisten noch befragt werden, würden sie wahrscheinlich die ersten Ergebnisse aus den neuen Stallungen in der Mitte der 1960er-Jahre datieren. Die Unterlagen aus dieser Zeit konnten nicht rekonstruiert werden und so verfügen wir erst ab dem Jahr 1985 über eine vollständige Dokumentation der Tagungen. Somit reicht die Tradition der Viehwirtschaftlichen Fachtagung wohl schon bald 60 Jahre zurück, während wir über 38 Jahre alle thematischen Schwerpunkte der Beiträge und deren Autorinnen und Autoren genau kennen. Im Wissen um die Methodik der Gestaltung des Tagungsprogrammes, dieses wird seit vielen Jahren mit den Wünschen der Fachberatung abgestimmt, hat sich eine ausgewogene Mischung aus Forschungsergebnissen aus Gumpenstein und Beiträgen externer Autoren etabliert. Es kann davon ausgegangen werden, dass das Tagungsprogramm immer ein spezifisches Bild der aktuellen Fragestellungen im Fachbereich ist. Die Methodik dieses Beitrages verfolgt nun zwei Strategien. Im ersten, sehr

allgemeinen Teil werden Wirkungskräfte zur Entwicklung der Viehwirtschaft besprochen und mit Daten aus den letzten 50 Jahren hinterlegt. Im zweiten Teil werden die spezifischen Inhalte aus den Tagungsbeiträgen ab 1985 herausgearbeitet.

Langfristig wirksame Kräfte der Gestaltung der Viehwirtschaft

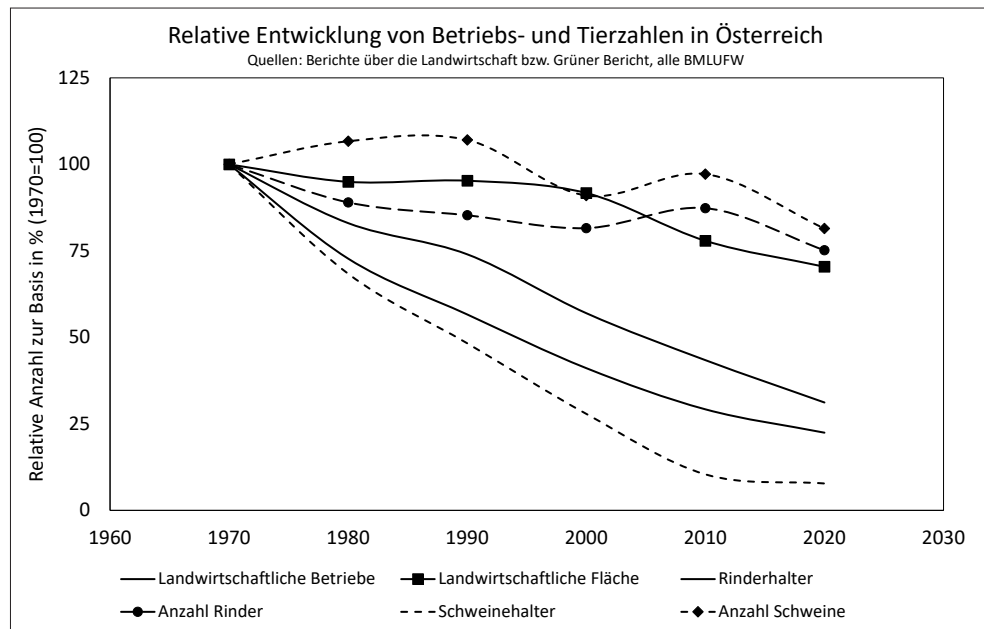
Die landwirtschaftliche Entwicklung der letzten 50 Jahre ist eine Fortschreibung einer Entwicklung, die mit dem Übergang einer vollständigen Agrargesellschaft in die Industriegesellschaft und abschließend in eine Dienstleistungsgesellschaft vor bald 200 Jahren begonnen hat. Mit dem Jahr 1848 wurde den Bauernhöfen der Produktionsfaktor „Grund und Boden“ überlassen, weil sich schon abzeichnete, dass die exponentiell wachsende Industrie den Produktionsfaktor „Arbeit“ aus der Landwirtschaft abziehen wird. Da die Bauernhöfe insgesamt kaum über den Produktionsfaktor „Kapital“ verfügten, haben nur jene Betriebe diesen Prozess überstanden, die sich erfolgreich in das Gemeinwohl der Genossenschaften und damit in eine aktive Marktteilnahme retten konnten. Die abgewanderten Arbeiter aus der Landwirtschaft erzeugten in der Industrie unter anderem zusehends Maschinen und Technologien, die die fehlenden Arbeitskräfte ersetzen konnten. Diese Transformation vom Humankapital zum Technologie- bzw. Industriekapital der Landwirtschaft hält nun seit etwa 100 Jahren ungebremst an. Die letzten 50 bis 70 Jahre waren dabei besonders prägend und haben keinen Teilbereich der Nutztierhaltung ausgelassen. Wegen ihrer ehernen Bindung zu den landwirtschaftlichen Ertragsgesetzen musste in dieser Entwicklung eine tatsächliche Innovation ausbleiben. So gut wie alle erfolgreichen Maßnahmen haben ihre Wirksamkeit entweder der Optimierung der natürlichen Bedingungen rund um die Nutztierhaltung oder verschiedenen Skaleneffekten zu verdanken. Das soll nicht kleingeredet werden, denn es war für viele unsagbar mühsam die Tierbestände aus dem Joch der physikalischen Arbeit zu befreien und Zoonosen weitgehend auszurotten. Im Sog der voranschreitenden Automatisierung und den gesellschaftlichen Fragen zur Haltung landwirtschaftlicher Nutztiere wurden bzw. werden alle Tierarten zunehmend sowohl aus der Einzeltierhaltung bzw. engen Gruppenhaltung befreit. Die Gesamtbewertung unter Berücksichtigung des Leistungsanspruches fällt für einige Nutztierarten ambivalent aus. Das Potenzial auf individuelle Gesundheit und Freiheit der Tiere hat sich zwar erhöht, aber größere Herden, höhere Leistungsansprüche und weniger Zeit für eine individuelle Betreuung schmälern dieses Potenzial wieder. Alle natur- und marktwirtschaftlichen Kräfte modellieren die Nutztierhaltung am Einzelbetrieb bis zu jener individuellen Grenze, an der eine grundlegende und manchmal sprunghafte Entwicklung ausgelöst wird. Zumindest vier derartige Ereignisse/Prozesse können genannt werden:

1. Starkes Größenwachstum: Inventare aus dem Anlagenbereich sind nicht beliebig teilbar. Wachstumsschübe in diesem Bereich sind deshalb meist nicht linear, sondern springen um große Einheiten (z.B. Verdoppelung der Plätze, Pacht oder Übernahme eines ganzen Betriebes, ...) nach oben. Leistungsziele folgen in der Regel linearen bis leicht degressiven Wachstumsfunktionen.
2. Die Aufgabe eines oder aller Betriebszweige: Die Aufgabe eines Betriebszweiges bewirkt eine sprunghafte Veränderung um den Anteil des aufgelassenen Betriebszweiges. Bei der Aufgabe des letzten Betriebszweiges wird der Bauernhof aufgegeben.
3. Die grundlegende Änderung im Managementsystem: Das Beispiel der biologischen Landwirtschaft zeigt, wie ein deutlicher Paradigmenwechsel im Gedankengut der Betriebe zu einer Neuausrichtung führen kann. Das Besondere dabei sind nicht die praktischen Maßnahmen am Betrieb, sondern die Umgestaltung der Wertschöpfungskette.
4. Die grundlegende Änderung im gesellschaftlichen Produktionsrahmen: Wohlstand einer Gesellschaft fördert den Wunsch nach wertvolleren Gütern. Dazu gehören zu

allererst auch Lebensmittel, die heute in ihrer Produktqualität im Hinblick auf Frische, Hygiene, Nährstoffdichte, usw. außer Frage stehen. Produktqualität im 21. Jahrhundert ist in Wirklichkeit Prozessqualität, die in der Form von Artenvielfalt, Tierwohl, Umwelt- und Ressourcenschutz und Klimaschutz nachgefragt und auch bezahlt wird. Diese Bezahlung findet sowohl direkt im Regal des Verteilers, vor allem aber indirekt in der Gestaltung von Rahmenbedingungen statt. Dazu gehört das gesamte Paket der GAP-Maßnahmen, das heute vor allem jene Bauernhöfe wirtschaftlich absichert, die wegen ihrer Lage am Größenwachstum nicht teilnehmen können.

Was am Einzelbetrieb als Entwicklungssprung wahrgenommen wird, fällt wegen der hohen Entscheidungsdynamik in den Kennzahlen der Landwirtschaft nicht auf. *Abbildung 1* zeigt diese Entwicklung für bedeutende Kennzahlen der Landwirtschaft. Wesentlich für diesen Beitrag ist die Tatsache, dass die Ressourcenausstattung der landwirtschaftlichen Fläche und des Rinder- bzw. Schweinebestandes (mit Symbol) viel langsamer sinken als die Anzahl der Betriebe (ohne Symbol). Im Schnitt hat die Landwirtschaft in den letzten 50 Jahren rund 25 % an Ressourcen, aber 60 % an Betrieben verloren. Um die verbleibenden Ressourcen zu bewirtschaften, musste daher ein einzelner Betrieb seine Leistung in den letzten 50 Jahren um das 2,4-fache erhöhen.

Abbildung 1: Relative Entwicklung bedeutender landwirtschaftlicher Kennzahlen zwischen 1970 und 2020



Um die Leistungsansprüche zu erfüllen haben die landwirtschaftlichen Betriebe ihre Arbeitszeit verlängert und in Technik investiert. *Abbildung 2* zeigt den Anstieg der Abschreibung von Maschinen und Gebäuden in den letzten 20 Jahren. Dieser nimmt pro Jahr um rund 1,5 % zu. Ebenso zugenommen hat der Endproduktionswert (Verkaufswert aller landwirtschaftlicher Güter) und zwar um rund 2,0 %. Da die Abschreibungen aus dem Endproduktionswert bedeckt werden müssen, verbleiben für das reale Wachstum der Betriebe nur mehr 0,5 %. Diese Rate wird durch die allgemeine gesellschaftliche Kostenentwicklung, diese ist auch Teil des BIP, um eine Vielfaches überboten.

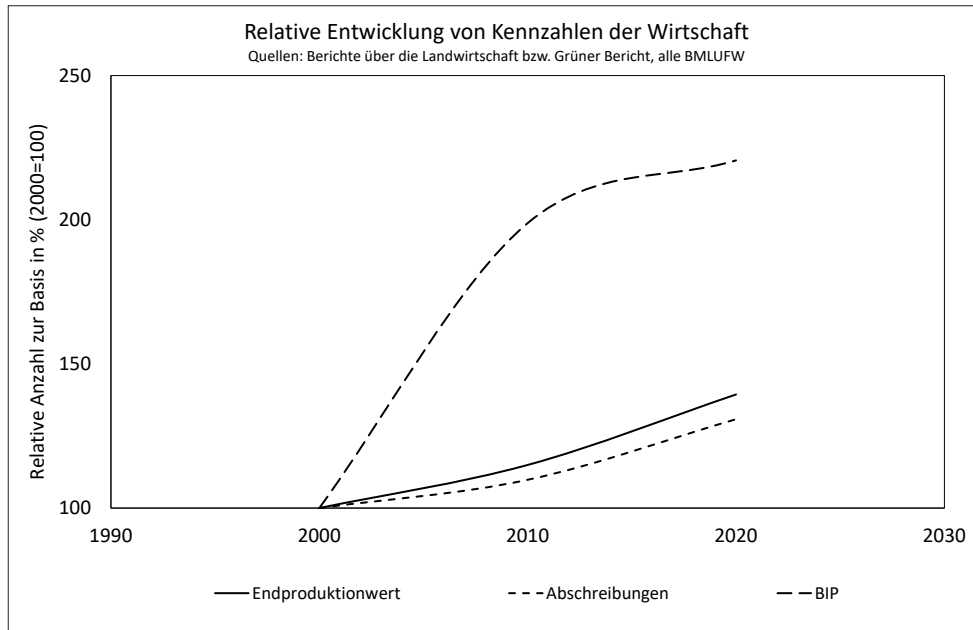


Abbildung 2: Relative Entwicklung bedeutender wirtschaftlicher Kennzahlen zwischen 1970 und 2020

Der abschließende Befund zu den Veränderungen in den letzten 50 Jahren lautet: Die Landwirtschaft sichert in der Vergangenheit, Gegenwart und wohl auch in Zukunft in hohem Maß seine Faktorausstattung *Grund* und *Boden*. Mit veränderten Produktionssystemen, hohem technischen Aufwand und langen Arbeitszeiten stemmt sie sich weiterhin gegen den starken Rückgang des Faktors *Arbeit* und stagniert vollständig im Faktor *Kapital*. Die Schwäche im Bereich *Kapital* ist maßgeblich dafür verantwortlich, dass landwirtschaftliche Fläche überhaupt im gegebenen Ausmaß für externe Investoren frei wird. Die Situation ist schon länger und weiterhin als schwierig einzustufen.

Wissen als Werkzeug

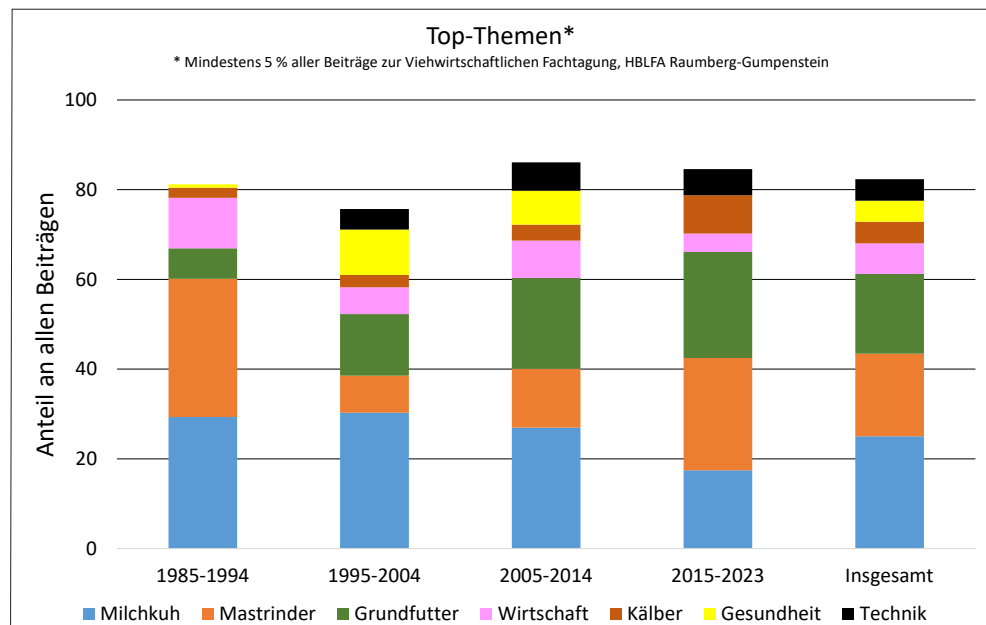
In schwierigen Zeiten ist es besonders wichtig keine Fehlentscheidungen zu treffen: Wissen schützt (etwas) vor Fehlentscheidungen! In diesem Sinne war und ist die Viehwirtschaftliche Fachtagung ein wertvoller Beitrag zur Unterstützung der Landwirtschaft auf ihrem Veränderungspfad. Es mag für all jene, die den Sektor ein Berufsleben lang begleiten, bitter sein, dass die Gruppe der Stakeholder immer kleiner wird. Gefühlt sinkt damit auch die eigene Bedeutung und am Ende erscheint in solchen Fällen immer jemand, der die Frage nach der Notwendigkeit stellt. Ja, es ist notwendig weiterhin die Landwirtschaft mit frischem Wissen zur versorgen, um den Bauernhöfen in ihrer schwierigen Lage zu helfen. Aber auch ja, die Forschungsprojekte müssen ihre Fragestellungen nahe an den Problemen der Landwirtschaft entwickeln, um ihren Nutzen zu bringen. Beide Bekenntnisse stehen traditionell im Fokus der Viehwirtschaftlichen Fachtagung. Die Fragestellungen der Vergangenheit, gleich wird genau darüber berichtet, zeigen auch in die Zukunft. Wir sehen dort für die Viehwirtschaft die großen naturwissenschaftlichen Herausforderungen des Klimaschutzes und der Anpassung bestehender Produktionssysteme an den Klimawandel. Beide Aspekte werden die Kernfragen der Gesundheit und Produktionseffizienz neu ausrichten. Technologisch wird sich die Digitalisierung weiter ausbreiten und wir müssen darauf achten, dass die erträumten Systeme ihren Nutzen auch erbringen. Die größte technologische Veränderung wird der Umstieg auf erneuerbare Energie. Dieser Megatrend wird uns in vielen Bereichen dazu zwingen, unsere Arbeitsweise und den Betriebsmitteleinsatz zu überdenken. Ökonomisch brauchen wir für unsere Bauernhöfe eine höhere wirtschaftliche Kompetenz der Betriebsleitung und seitens der Wertschöpfungskette eine bessere Beteiligung am BIP. Letzteres kann in

einer Tagung zwar besprochen, muss aber wohl mit den Konsumenten am Ladentisch verhandelt werden.

Ein Blick in den thematischen Spiegel der Fachtagung

Der laufende Blick in den Spiegel der Vergangenheit kann uns ein Gefühl für die Zukunft geben. Dieser Blick wird in diesem Beitrag methodisch über eine Analyse jener 453 Tagungsbeiträge geführt, die in insgesamt 39 Tagungsbänden seit dem Jahr 1985 publiziert wurden. Das gesammelte Kompendium der Arbeiten, es hat eine Stärke von fast 4.000 Seiten, wurde über den Titel der Beiträge in homogenen Schlüsselwörtern klassifiziert und einem von sieben Top-Themen zugeordnet. Diese lauten in absteigender Bedeutung *Milchkuh, Mastrind, Grundfutter, Wirtschaft, Kälber, Gesundheit, Technik* und *Begleitthemen*. *Abbildung 3* zeigt die Häufigkeit der einzelnen Themen in vier je 10 Jahre breiten Blöcken und als Gesamtergebnis. Sehr deutlich wird der langjährige Fokus der Fachveranstaltung auf die Haltung von Wiederkäuern und ihrem zentralen Futtermittel sichtbar. 60 % aller Beiträge befassen sich direkt mit dieser Fragestellung, die restlichen 40 % strömen dem Thema als Vorleistungs- oder Begleitfrage zu. Die Variation und Gewichtungen über die Jahrzehnte sind Ausdruck der Arbeitsschwerpunkte handelnder Personen.

Abbildung 3: Die Top-Themen der Viehwirtschaftlichen Fachtagung in verschiedenen Jahrzehnten



18 % der Beiträge betreffen nicht die Top-Themen der Tagung, sondern wenden sich den Begleitthemen der Wiederkäuerhaltung zu. Die Themen lautet in absteigender Reihenfolge *Wiederkäuer, Schafe und Ziegen, Mutterkuh, Tierwohl, Umwelt, Biologische Landwirtschaft, Management* und *Kraftfutter*. Die zeitliche Entwicklung zeigt hier nicht die Relevanz des Begleitthemas in der Landwirtschaft. Vielmehr war beispielsweise das Thema *Schafe und Ziegen* zunächst Teil der Viehwirtschaftlichen Fachtagung, ab 1999 wurde es dann in einer eigenen Tagung weitergeführt. Die Schaf- bzw. Ziegentagung geht in diesem Jahr in die 24. Auflage. Das gleiche gilt für die Fachtagung für *Biologische Landwirtschaft* und für die *Gumpensteiner Bautagung*. Historisch zeigt diese Entwicklung, dass sich am zentralen Kern der Wiederkäuerhaltung im Verlauf der Zeit zusätzliche Themen etabliert haben und innerhalb der Tagung auch wachsen durften, bis sie sich

selbstständig gemacht haben. Damit ist die Viehwirtschaftliche Fachtagung die Mutter aller Tagungen im Bereich der Wiederkäuerhaltung in Gumpenstein.

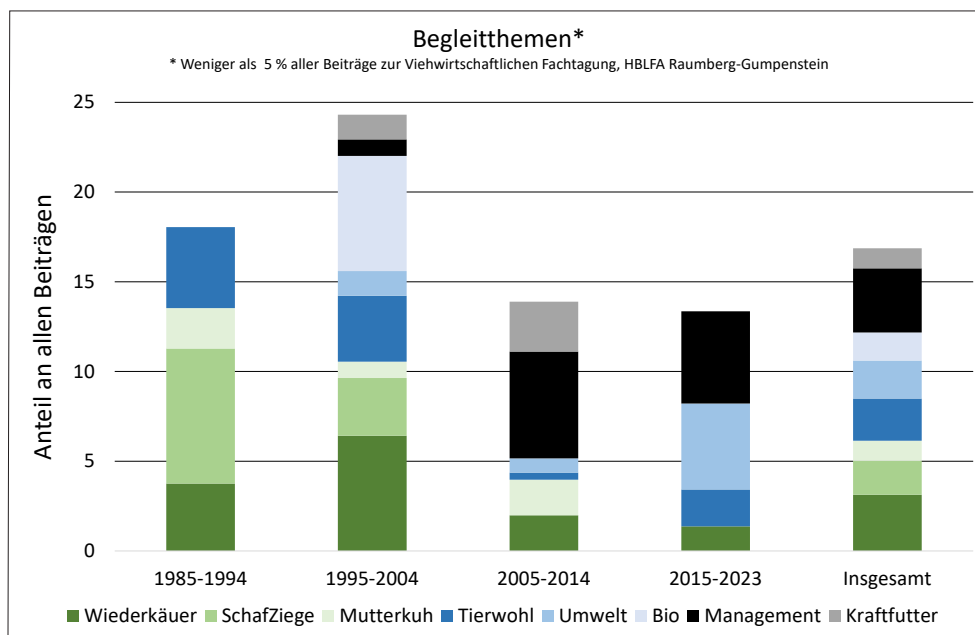


Abbildung 4: Die Begleitthemen der Viehwirtschaftlichen Fachtagung in verschiedenen Jahrzehnten

Der Anhang an diese Arbeit zeigt in Word-Clouds die Vielfalt der verschiedenen Themen und Fragestellungen einmal als Gesamtübersicht und dann noch als Word-Cloud pro Top-Thema und einmal gemeinsam für die Begleitthemen. Diese Abbildungen bleiben unbeschrieben. Zur Erklärung wird nur angemerkt, dass die Größe des Textes die Bedeutung widerspiegelt.

Den Dank zum Abschluss

Das gesamte Kompendium der Viehwirtschaftlichen Fachtagung wurde von insgesamt 350 Autorinnen und Autoren, drei Tagungsleitern und dem Team der Mitarbeiterinnen im Büro des Instituts für Nutztierforschung erstellt. Ungeachtet ihrer Funktion als Haupt- oder Nebenautor gilt den aktiven Personen der höchste Dank der Tagungsleitung. An sie werden bei einer Fachtagung hohe Ansprüche gestellt: Sie verfassen Texte nach hohen Standards, präsentieren diese einem Fachpublikum und müssen ihren Standpunkt auch verteidigen. Eine Kette an Herausforderungen, die sowohl eine hohe Fachkompetenz als auch weitreichende Fähigkeiten in der Kommunikation und Präsentation verlangen. Die bereits erklärten Word-Clouds wurden, gegliedert nach einzelnen Top-Themen, auch für die Autorinnen und Autoren erstellt. Dass in den einzelnen Themenbereichen bekannte Namen aus dem Institut für Nutztierforschung das Ranking anführen, bestätigt die Erfüllung der Aufgabe der Tagung nach §4/4 des Bundesämtergesetzes. Ohne Eitelkeit sind wir stolz auf unsere langjährig erbrachte Leistung. Der finale Dank gilt dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, das nicht nur die Forschung in Gumpenstein sondern indirekt auch die Honorare und Fahrtkosten externer Referenten weitgehend finanziert hat.

Effizienz als Forschungsschwerpunkt an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Efficiency as research focus at AREC Raumberg-Gumpenstein

Georg Terler^{1*}, Leonhard Gruber², Margit Velik¹ und Thomas
Guggenberger¹

Zusammenfassung

Effizienz ist die Relation zwischen Output und Input eines Produktionsprozesses. Mit dem Begriff Effizienz lassen sich viele verschiedene Zusammenhänge beschreiben. Als Beispiele können die Nährstoffeffizienz in der Fütterung, die ökonomische Effizienz oder die Effizienz in der Vermeidung von Umweltwirkungen aus der tierischen Produktion genannt werden. Effizienz stellt einen wichtigen Forschungsschwerpunkt an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein dar. Vor rund 10 Jahren wurden mehrere Projekte gestartet, welche das gemeinsame Ziel haben, die gesamtheitliche Effizienz von tierischen Produktionssystemen im Wiederkäuerbereich zu untersuchen. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über diese Forschungsprojekte sowie bereits erschienene und noch bevorstehende Publikationen.

Schlagwörter: Rinder, Schafe, Ziegen, Milchproduktion, Fleischproduktion, Umweltwirkungen

Summary

Efficiency is the ratio between output and input of a production process. The term efficiency can be used to describe a lot of different relationships, e.g. the nutrient efficiency in animal feeding, the economic efficiency or the efficiency in avoidance of environmental impacts of animal production. Efficiency is an important key aspect in research at AREC Raumberg-Gumpenstein. About ten years ago, several projects were started, which aim to study the efficiency of ruminant production systems. This article gives an overview on these research projects and on already published and still planned publications.

Keywords: cattle, sheep, goats, milk production, meat production, environmental impacts

Effizienz und ihre Ausprägungen

Effizienz ist ein häufig verwendeter Begriff mit zum Teil sehr unterschiedlichen Bedeutungen. Im Allgemeinen ist Effizienz der Ausdruck für den Grad der Ausnutzung eines Input-Faktors, wobei der Output sehr verschieden sein kann. Somit kann Effizienz als Maßzahl für die Wirtschaftlichkeit, die Ernährungssicherheit und die Umweltwirkungen der Landwirtschaft herangezogen werden (LEDINEK et al. 2021). Da Output Erträge erbringt und Input immer Kosten verursacht, ist die Optimierung des Output/Input-Verhältnisses ein wesentliches Ziel jedes Produktionsprozesses.

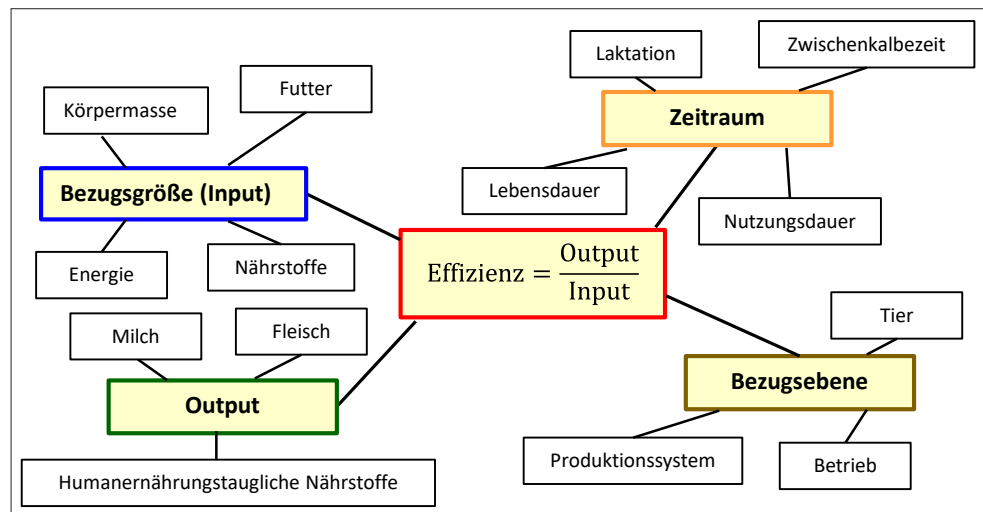
¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

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

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

Output und Input sind auch in der Viehwirtschaft sehr vielfältig und nicht alle Output- und Inputkomponenten sind auf den ersten Blick gleich zu erkennen. Zu den Outputfaktoren zählen nicht nur Milch, Fleisch und Wolle, sondern auch organische Dünger oder die Erhaltung von Kulturlandschaft und Biodiversität. Typische Inputfaktoren in der Landwirtschaft sind beispielsweise Flächen, Tiere, Futtermittel, Düngemittel, Treibstoffe, aber auch Immissionen und Emissionen. Diese unterschiedlichen Komponenten führen dazu, dass die Effizienz nicht immer ganz einfach zu bewerten ist. Vergleichsweise einfach zu erfassen ist beispielsweise die Nährstoffeffizienz der Fütterung, indem man die produzierte Milchmenge (Output) den eingesetzten Futter-Nährstoffen (Input) gegenüberstellt. Weitaus komplexer ist beispielsweise die Berechnung der Ökoeffizienz eines landwirtschaftlichen Betriebes. Hierbei werden die verschiedensten Outputs eines Betriebes erfasst und möglichst allen Inputs gegenübergestellt. Dies macht diese Art der Effizienz-Berechnung ziemlich komplex, da manche Outputs (z.B. Tierwohl, Biodiversität etc.) oder Inputs nur schwer durch Zahlen erfassbar sind.

Abbildung 1: Übersicht über die verschiedenen Komponenten der Effizienz in der Tierernährung (nach LEDINEK et al. 2021)



Effizienz bildet seit vielen Jahren einen wichtigen Schwerpunkt in der Forschungsarbeit der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Die Nährstoffeffizienz in der Produktion ist schon seit den Anfangsjahren der Forschung in Gumpenstein von großer Bedeutung. In den letzten 10 Jahren bekam jedoch auch die Minimierung der Umweltwirkungen der Produktion immer mehr an Bedeutung, weshalb die interdisziplinäre Forschungsgruppe Ökoeffizienz gegründet wurde, welche sich genau diesem Themenfeld widmet.

Aktuelle Forschungsprojekte zur Nährstoffeffizienz in der Wiederkäuerfütterung

Auf Basis der Idee von Dr. Leonhard Gruber (ehem. Leiter des Instituts für Nutztierforschung) wurde im Jahr 2012 mit der Planung eines Komplexes an Forschungsprojekten begonnen, welche die Nährstoffeffizienz der Wiederkäuerfütterung als übergeordneten Schwerpunkt hatten. Das wesentliche Ziel dieser Forschungsprojekte ist, Informationen über die Nährstoffeffizienz und Umweltwirkungen verschiedener Genotypen und Fütterungsstrategien in der Wiederkäuerproduktion zu erhalten. Ein wichtiges Ziel dieses Komplexes an Forschungsprojekten ist auch, die Wiederkäuerproduktion ganzheitlich (Milchvieh, Aufzucht und Mast) zu untersuchen und einen Vergleich zwischen den Tierarten (Rind, Schaf und Ziege) anzustellen. Die folgende Aufzählung gibt einen Überblick über alle dazugehörigen Forschungsprojekte:

- **MilchEffizienz:** Einfluss der Nutzungsrichtung und Lebendmasse von Milchkühen auf die Nährstoffeffizienz, Umweltwirkung und Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion (Projektleiter: Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber)

- **Masteffizienz:** Milchbetonte Rindertypen in der Stiermast – Leistungsvermögen, Fleischqualität, Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung von 3 Holstein Friesian-Genotypen und Fleckvieh (Projektleiterin: Dr. Margit Velik)
- **DairyGheep:** Einfluss der Fütterung von Milchschaafen und -ziegen auf die Nährstoffeffizienz, Umweltwirkung und Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion im Vergleich zur Milchkuh (Projektleiter: Dr. Ferdinand Ringdorfer)
- **DairyMast:** Mastfähigkeit, Schlachtleistung und Fleischqualität von Nachkommen aus der Milchschaaf- und Milchziegenhaltung (Projektleiter: Dr. Ferdinand Ringdorfer)
- **Klimaeffizienz_Milch:** Einfluss von Fütterung und Genotyp auf Methanproduktion sowie Energie- und Proteinstoffwechsel von Milchkuhen (Projektleiter: Dr. Georg Terler)

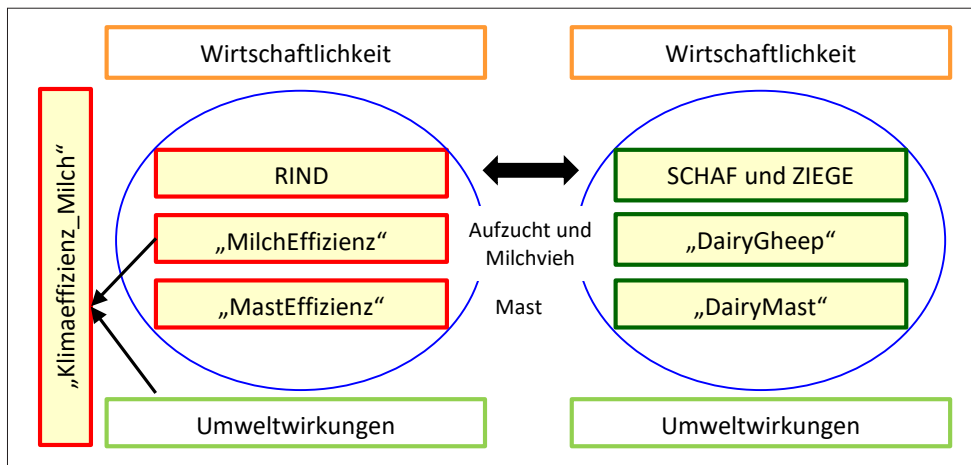


Abbildung 2: Forschungsprojekte zum Thema „Effizienz der tierischen Produktion“ an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Darüber hinaus wurden mit Forschungspartnern Projekte auf Praxisbetrieben beziehungsweise in landwirtschaftlichen Schulen durchgeführt. Diese hatten ganz ähnliche Forschungsfragen wie die Effizienz-Projekte an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

- **Erstakbalbealter:** Einfluss des Erstakbalbealters auf Milchleistung und Nutzungsdauer von Milchkuhen (Projektleiter: Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber, in Kooperation mit LFS Edelhof, LFS Grabnerhof, LFS Grottenhof-Hardt, LFS Güssing, LFS Hafendorf, LFS Hohenems, HLFS Kematen, LFS Kirchberg, LFS Klessheim, LFS Litzlhof, LFS Otterbach, HLFS Pitzelstätten, LFS Pyhra, LFS Stiegerhof, LFS Tamsweg, LFS Warth, LFS Weitau, LFS Winklhof)
- **Efficient Cow:** Analyse und Optimierung der Produktionseffizienz und der Umweltwirkung in der österreichischen Rinderwirtschaft (Projektauftragnehmer: Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter, Projektleiterin: Dr. Christa Egger-Danner, in Kooperation mit ZuchtData EDV Dienstleistungen GmbH, Universität für Bodenkultur Wien, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Landwirtschaftskammer Österreich, Veterinärmedizinische Universität Wien, Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter, Arbeitsgemeinschaft österreichischer Braunviehzuchtverbände, Arbeitsgemeinschaft österreichischer Holstein-Züchter)

Zu den meisten dieser Projekte beziehungsweise zu Teilbereichen davon gibt es bereits Auswertungen und Publikationen. Bereits in den Jahren 2015, 2016 und 2018 wurden die Ergebnisse aus dem Projekt „Erstakbalbealter“ und aus zwei Aufzuchtversuchen des „Milcheffizienz“-Projekts bei der Viehwirtschaftlichen Fachtagung präsentiert (GRUBER und STEGFELLNER 2015, GRUBER et al. 2016, TERLER et al. 2018). Für das „Efficient Cow“-Projekt wurde ein umfangreicher Abschlussbericht erstellt (EGGER-DANNER et al. 2016) und zudem wurden die wichtigsten Ergebnisse zur Produktionseffizienz ebenfalls bei der Viehwirtschaftlichen Fachtagung vorgestellt (LEDINEK et al. 2019). Die ersten Erkenntnisse aus dem DairyGheep-Projekt sowie aus dem DairyMast-Projekt wurden

bereits bei den Schaf- und Ziegentagungen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein präsentiert (HUBER und RINGDORFER 2015, HUBER und RINGDORFER 2016, RINGDORFER und HUBER 2017, RINGDORFER und HUBER 2018, RINGDORFER 2019, RINGDORFER et al. 2020, HAAS et al. 2022). Zudem wurde zum DairyGheep-Projekt bereits eine Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur in Wien verfasst (SCHNECKENLEITNER 2020) und eine weitere ist gerade im Entstehen (Diplomandin: Melanie Haas). Vom Einfluss verschiedener Genotypen und Fütterungsstrategien auf die Methanemissionen von Milchkühen (Projekt „Klimaeffizienz_Milch“) handelte ein Beitrag bei der Viehwirtschaftlichen Fachtagung 2021 (TERLER et al. 2021).

Die nächsten beiden Beiträge der heurigen Viehwirtschaftlichen Fachtagung widmen sich den wichtigsten Ergebnissen der Projekte „MilchEffizienz“ (GRUBER et al. 2023) und „MastEffizienz“ (VELIK et al. 2023). Der Hauptfokus liegt dabei auf den Merkmalen zu Futteraufnahme, Leistung, Gesundheit und Effizienz. Mit diesen Beiträgen ist dann der Großteil der Daten aus den Forschungsprojekten des Effizienz-Komplexes ausgewertet und publiziert. Darauf aufbauend sollen nun in nächster Zeit eine wirtschaftliche Analyse, eine Bilanzierung der Umweltwirkungen und ein Vergleich der Effizienz zwischen den Tierarten durchgeführt werden. Somit wird ein guter Überblick über die Effizienz verschiedener tierischer Produktionssysteme im Wiederkäuerbereich geschaffen, aus welchem Empfehlungen für die Erhaltung einer ökonomisch und ökologisch nachhaltigen österreichischen Viehwirtschaft abgeleitet werden können.

Literatur

EGGER-DANNER, C., B. FÜRST-WALTL, C. FÜRST, L. GRUBER, S. HÖRTENHUBER, A. KÖCK, M. LEDINEK, C. PFEIFFER, F. STEININGER, R. WEISSENSTEINER, A. WILLAM, W. ZOLLITSCH und K. ZOTTL, 2016: Analyse und Optimierung der Produktionseffizienz und der Umweltwirkung in der österreichischen Rinderwirtschaft. Abschlussbericht „Efficient Cow“, Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter, 311 S.

GRUBER, L. und M. STEGFELLNER, 2015: Effizienz bei Milchkühen – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium. Bericht 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 23-40.

GRUBER, L., J. HÄUSLER, A. HAIGER, G. TERLER, D. EINGANG, A. ADELWÖHRER und A. SCHAUER, 2016: Einfluss von Tränkedauer und Fütterungsintensität auf die Aufzucht von weiblichen Rindern verschiedener Genotypen. Bericht 43. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 75-90.

GRUBER, L., G. TERLER, J. HÄUSLER, T. GUGGENBERGER, A. HAIGER und M. VELIK, 2023: Einfluss von Genotyp und Kraftfutterniveau auf die Produktion, Effizienz und Gesundheit von Milchkühen. Bericht 50. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 29-85.

HAAS, M., W. ZOLLITSCH, S. GAPPMAIER, G. TERLER und T. GUGGENBERGER, 2022: Optimierung der Milchleistung von Schafen durch richtiges Aufzucht- und Fütterungsmanagement. Bericht 12. Fachtagung für Schafhaltung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 5-8.

HUBER, R. und F. RINGDORFER, 2015: Aufzuchtleistung von Kitzen bei unterschiedlicher Dauer der Milchphase. Bericht 7. Fachtagung für Ziegenhaltung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 17-19.

HUBER, R. und F. RINGDORFER, 2016: Tränkedauer und Fütterungsintensität bestimmen die Aufzuchtleistung. Bericht 9. Fachtagung für Schafhaltung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 31-36.

LEDINEK, M., L. GRUBER, F. STEININGER, B. FUERST-WALTL, K. ZOTTL, M. ROYER, K. KRIMBERGER, M. MAYERHOFER und C. EGGER-DANNER, 2019: Analyse österreichischer Milchviehbetriebe im Projekt „Efficient Cow“: Rationsgestaltung und Einfluss des Genotyps auf Produktions- und Effizienzmerkmale. Bericht 46. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 57-69.

LEDINEK, M., H. SPIEKERS, L. GRUBER, A. OBERMAIER und E. STAMER, 2021: Effizienz – Ein Begriff mit vielen Gesichtern. Workshop „Die optimale Kuh: gesund, effizient, umweltgerecht“, 28.-29.09.2021, Braunschweig, 28-46.

RINGDORFER, F. und R. HUBER, 2017: Milchleistung in der ersten Laktation, hängt sie von der Intensität der Aufzucht ab? Bericht 8. Fachtagung für Ziegenhaltung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 23-26.

RINGDORFER, F. und R. HUBER, 2018: Einfluss der Fütterungsintensität auf die Milchleistung beim Milchschaaf in der ersten und zweiten Laktation. Bericht 10. Fachtagung für Schafhaltung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 11-14.

RINGDORFER, F., 2019: Milchleistung der Ziegen – wie wird sie durch die Fütterung beeinflusst? Bericht 9. Fachtagung für Ziegenhaltung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 35-42.

RINGDORFER, F., R. HUBER und M. ROYER, 2020: Lämmer mit wirtschaftseigenem Futter füttern. Bericht 11. Fachtagung für Schafhaltung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 23-32.

SCHNECKENLEITNER, A., 2020: Einflussfaktoren auf Milchleistungsmerkmale bei Saanenziegen. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien, 60 S.

TERLER, G., J. HÄUSLER, D. EINGANG, M. VELIK, R. KITZER, L. GRUBER und J. KAUFMANN, 2018: Einfluss der Tränkemethode auf Futteraufnahme und Körperzusammensetzung von Fleckvieh- und Holstein-Kälbern. Bericht 45. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 5-12.

TERLER, G., R. HOTSCHNIG, C. FASCHING, D. EINGANG, G. HUBER, S. GAPPMAIER und W. ZOLLITSCH, 2021: Methanemissionen von österreichischen Milchkühen: Wie groß ist der Einfluss von Genotyp und Kraftfutterniveau? Bericht 48. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 81-92.

VELIK, M., M. BERGER, G. TERLER, R. KITZER, J. HÄUSLER, D. EINGANG, J. KAUFMANN, M. ROYER, A. ADELWÖHRER und L. GRUBER, 2023: Holstein-Genotypen und Fleckvieh in der Stiermast: Tierische Leistungen und Schlachttierwert, Bericht 50. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 87-114.

Einfluss von Genotyp und Kraftfutterniveau auf die Produktion, Effizienz und Gesundheit von Milchkühen

Impact of genotype and concentrate level on production, efficiency and health of dairy cows

Leonhard Gruber^{1,2*}, Georg Terler¹, Johann Häusler¹, Alfred Haiger², Thomas Guggenberger¹, Margit Velik¹ und Andrea Adelwöhrer¹

Zusammenfassung

Die Leistung der Milchkühe erfährt durch Zuchtmaßnahmen, Intensivierung der Fütterung und Verbesserung der Haltungsbedingungen seit vielen Jahren eine stetige Erhöhung. Andererseits ist die Gesundheit, Fruchtbarkeit und damit die Nutzungsdauer zurückgegangen. Mit der Milchleistung hat sich auch die Körpermasse erhöht und auch der Kraftfutteranteil ist deutlich angestiegen. Dies wirft die Frage auf, bei welcher Milchleistung bzw. welcher Intensität der Milchproduktion das Optimum hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Tiergesundheit und Umweltwirkung erreicht wird.

Um den Einfluss wichtiger Input- und Output-Faktoren zu erfassen, wurde seit 2012 an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein umfassendes und langfristiges Forschungsprojekt zur Gesamteffizienz des Produktionssystems „Rinderhaltung“ durchgeführt. Es wurden verschiedene Genotypen mit unterschiedlicher Milchbetonung, Körpermasse und Nutzungsdauer verglichen, und zwar bei unterschiedlichen Fütterungsintensitäten. Die Kühe wurden bis zu ihrem Abgehen gehalten, um die Nutzungsdauer zu bestimmen. Auch die produktionstechnisch und ökonomisch wichtige Phase der Rinderaufzucht wurde erfasst. Mit den männlichen Nachkommen wurde die Fleischleistung untersucht (2 Grundfutter-Typen × 2 Kraftfutterniveaus).

Genotypen: Fleckvieh Kombiniert [FV_{KO}], HO Hochleistung [HO_{HL}], HO Neuseeland [HO_{NZ}], HO Lebensleistung [HO_{LL}]

Futterniveau: 5 % Kraftfutter (Vollweide) [Weide, W05], 5 % Kraftfutter [KF05], 20 % Kraftfutter [KF20], 35 % Kraftfutter [KF35]

Die wichtigsten Ergebnisse für die Haupteffekte sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

| Versuchsfaktor | Genotyp (Genotype) | | | | Futterniveau (Feeding level) | | | | Experimental factor |
|--|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------|-------|-------|-------|---|
| | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | HO _{LL} | Weide | KF05 | KF20 | KF35 | |
| Körpermasse (kg) | 706 | 644 | 578 | 590 | 607 | 602 | 642 | 667 | Body weight (kg) |
| Futteraufnahme (kg TM) | 17,5 | 17,6 | 16,1 | 15,5 | 15,5 | 14,7 | 17,1 | 19,3 | Feed intake (kg DM) |
| Futterniveau (APL) | 2,69 | 2,90 | 2,90 | 2,74 | 2,64 | 2,48 | 2,89 | 3,23 | Animal production level |
| Milchleistung (kg ECM) | 22,1 | 24,0 | 21,4 | 18,7 | 18,6 | 17,8 | 22,9 | 27,2 | Milk yield (kg ECM) |
| KM-Effizienz (ECM/KM ^{0,75}) | 0,161 | 0,187 | 0,182 | 0,156 | 0,152 | 0,146 | 0,180 | 0,207 | BW-efficiency (ECM/BW ^{0,75}) |
| Energie-Effizienz (ECM/NEL) | 0,204 | 0,220 | 0,214 | 0,194 | 0,197 | 0,202 | 0,213 | 0,220 | Energy efficiency (ECM/NEL) |
| GGT (U/L) | 19,7 | 21,6 | 25,5 | 21,9 | 22,9 | 22,0 | 20,5 | 23,2 | GGT (U/L) |
| GLDH (U/L) | 11,9 | 14,3 | 15,8 | 11,9 | 14,3 | 11,8 | 12,5 | 15,3 | GLDH (U/L) |
| NEFA (mmol/L) | 0,32 | 0,35 | 0,36 | 0,37 | 0,36 | 0,38 | 0,34 | 0,31 | NEFA (mmol/L) |
| BHB (mmol/L) | 0,87 | 1,26 | 1,37 | 1,39 | 1,31 | 1,18 | 1,21 | 1,18 | BHB (mmol/L) |
| Besamungsindex | 2,02 | 2,42 | 2,00 | 1,92 | 2,10 | 2,13 | 2,14 | 1,98 | Inseminations per conception |
| Non return Rate (90 Tage) | 82,8 | 72,8 | 90,4 | 90,5 | 79,3 | 82,0 | 89,4 | 85,7 | Non return Rate (90 days) |
| Serviceperiode (Tage) | 104 | 122 | 109 | 97 | 110 | 115 | 104 | 103 | Days open |
| Zwischenkalbezeit (Tage) | 390 | 403 | 388 | 378 | 393 | 396 | 387 | 383 | Calving interval (days) |
| Nutzungsdauer (Laktation) | 4,15 | 3,20 | 4,75 | 4,74 | 4,64 | 3,87 | 4,66 | 3,69 | Longevity (lactations) |
| Überlebensrate (3 Laktation) | 68,8 | 52,2 | 81,1 | 86,2 | 64,2 | 70,8 | 82,7 | 70,5 | Survival rate (3 lactations) |

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

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

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

Faktor Genotyp: Ergebnisse und Schlussfolgerungen in Schlagworten

FV_{KO}: höchste Körpermasse, geringes Futterniveau, mittlere Milchleistung und Effizienz, robuster Stoffwechsel, mittlere Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer

HO_{HL}: mittlere Körpermasse, höchste Milchleistung und Effizienz, höchstes Futterniveau, anfälliger Stoffwechsel, geringe Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer

HO_{NZ}: niedrige Körpermasse, hohes Futterniveau, mittlere Milchleistung, hohe Effizienz, mittlere Stoffwechselanfälligkeit, hohe Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer

HO_{LL}: niedrige Körpermasse, geringes Futterniveau, geringere Milchleistung und Effizienz, robuster Stoffwechsel, hohe Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer

| Versuchsfaktor | Genotyp (Genotype) | | | | Futterniveau (Feeding level) | | | | Exp. factor Level |
|----------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------|------|------|------|--------------------|
| | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | HO _{LL} | Weide | KF05 | KF20 | KF35 | |
| Körpermasse | +++ | ++ | + | + | + | + | ++ | +++ | Body weight |
| Futtermittelaufnahme | +++ | +++ | ++ | + | + | + | ++ | +++ | Feed intake |
| Futterniveau | + | +++ | +++ | ++ | + | + | ++ | +++ | Animal prod. level |
| Milchleistung | ++ | +++ | ++ | + | + | + | ++ | +++ | Milk yield |
| Effizienz | ++ | +++ | ++ | + | + | + | ++ | +++ | Efficiency |
| Stoffwechsel | +++ | + | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | Metabolism |
| Fruchtbarkeit | ++ | + | ++ | +++ | ++ | ++ | ++ | +++ | Fertility |
| Nutzungsdauer | ++ | + | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ | ++ | Longevity |

Faktor Futterniveau: Ergebnisse und Schlussfolgerungen in Schlagworten

Weide und KF05: sehr ähnliche Produktionsdaten (Futtermittelaufnahme, Milchleistung, Körpermasse, Effizienz auf rel. niedrigem Niveau), Weide positiv für Nutzungsdauer

KF05, KF20, KF35: Steigerung der Futtermittelaufnahme und Milchleistung im zu erwartenden Rahmen, keine großen Unterschiede im Stoffwechsel, aber signifikante Wechselwirkung mit Genotyp, mittleres Kraftfutterniveau KF20 am günstigsten

Die Ergebnisse dieses Versuches weisen auf den deutlichen Antagonismus zwischen Milchleistungsniveau und Gesundheitssituation hin. Höher leistende Tiere schneiden in den Gesundheits- und Fruchtbarkeitskriterien schlechter ab, während Tiere mit geringerem Leistungspotenzial hinsichtlich Fitness überlegen sind. Weiters trat auch eine starke Wechselwirkung zwischen Genotyp und Futterniveau bei den meisten Produktions- und Gesundheitskriterien auf. Einerseits reagierten hochleistende Kühe auf zusätzliches Kraftfutterangebot mit einer stärkeren Steigerung der Milchleistung und Futtermittelaufnahme. Andererseits wirkte sich bei Tieren mit geringerem Leistungspotenzial eine niedrige Energieversorgung weniger stark auf eine Verschlechterung der Gesundheit und vor allem der Nutzungsdauer aus. **Die Kühe sollten daher entsprechend ihrem Leistungspotenzial gefüttert werden.** Die Fütterung hochleistender Kühe erfordert ein wesentlich anspruchsvolleres Management, eine hohe Grundfutterqualität und einen hohen Kraftfutteranteil. Dies muss bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit berücksichtigt werden. Der Kraftfuttereinsatz hat pansenphysiologische Grenzen, stellt eine Nahrungsmittelkonkurrenz zur menschlichen Ernährung dar und hat auch negative Auswirkungen auf die Umweltwirkung der Milchproduktion (Nährstoffbilanz des landwirtschaftlichen Betriebes).

Schlagwörter: Milchkuh, Genotyp, Kraftfutter, Milchleistung, Effizienz, Gesundheit

Summary

The performance of dairy cows has increased for many years due to breeding measures, intensification of feeding and improvement of housing conditions. On the other hand, health, fertility and thus longevity have declined. Along with the milk yield, the body weight and the proportion of concentrates have also significantly increased. This raises the question of optimum milk yield or intensity of milk production in terms of profitability, animal health and environmental impact.

In order to examine the influence of important input and output factors, a comprehensive and long-term research project on the overall efficiency of the production system “cattle farming“ has been carried out at HBLFA Raumberg-Gumpenstein since 2012. Different genotypes with different emphasis on milk production, body weight and longevity were compared at different feeding intensities. The cows were kept until the end of their productive life in order to determine the longevity. The production-related and economically important phase of cattle rearing was also recorded. Meat performance was studied with the male offspring (2 forage types × 2 concentrate levels).

Genotypes: Fleckvieh Dual purpose [FV_{KO}], HO High Performance [HO_{HL}], HO New Zealand [HO_{NZ}], HO Lifetime Performance [HO_{LL}].

Feeding level: 5% concentrate (full pasture) [Weide], 5% concentrate [KF05], 20% concentrate [KF20], 35% concentrate [KF35].

Major results for main effects are summarized in the table (see above):

Factor genotype: results and conclusions in keywords

FV_{KO}: highest body weight, low animal production level, medium milk yield and efficiency, robust metabolism, medium fertility and longevity

HO_{HL}: medium body weight, highest milk yield and efficiency, highest animal production level, susceptible metabolism, low fertility and longevity

HO_{NZ}: low body weight, high animal production level, medium milk yield, high efficiency, medium susceptible metabolism, high fertility and longevity

HO_{LL}: low body weight, low animal production level, lower milk yield and efficiency, robust metabolism, high fertility and longevity

Factor forage level: results and conclusions in keywords

Weide and KF05: similar production results (feed intake, milk yield, body weight, efficiency at relatively low level), pasture positive for longevity

KF05, KF20, KF35: increase in feed intake and milk yield within the expected range, no major differences in metabolism, but significant interaction with genotype, medium level of concentrate (KF20) most favorable

The results of this experiment indicate the clear antagonism between milk yield level and health situation. Higher yielding animals performed worse in health and fertility criteria, while animals with lower performance potential were superior in fitness. Furthermore, a significant interaction between genotype and feeding level occurred for most production and health criteria. On the one hand, high-yielding cows responded to additional concentrate supply with a stronger increase in milk yield and feed intake. On the other hand, in animals with lower performance potential, low energy supply had a weaker effect on deterioration of health and especially of longevity. **Therefore, cows should be fed according to their performance potential.** Feeding high-yielding cows requires much more precise management, a high quality of forage and a high proportion of concentrate. This must be taken into account when assessing profitability. Use of concentrates has limits regarding rumen physiology, represents food competition

with human nutrition and also has negative effects on the environmental impact of milk production (nutrient balance of the farm).

Keywords: Dairy cow, genotype, concentrates, milk yield, efficiency, health

1. Einleitung und Problemstellung

Die Leistung der Milchkühe ist in den vergangenen Jahrzehnten weltweit kontinuierlich gestiegen, was sowohl auf Zuchtmaßnahmen (Selektion und Kreuzung) als auch auf Verbesserung der Fütterung (Kraftfutteranteil, Grundfutterqualität, Fütterungsmanagement etc.) sowie der Haltungsbedingungen (cow comfort, Laufstall, Stallklima) zurückzuführen ist. Durch die genomische Selektion wird das Leistungsniveau noch stärker und rascher erhöht werden (HAYES et al. 2009, BENNEWITZ 2016). In Österreich betrug der jährliche Anstieg zwischen 1950 und 2022 im Durchschnitt 67,6 kg, mit einem deutlich steigenden Trend (mittlere Steigerung des Anstieges 0,93 kg pro Jahr), d. h. die Differenz zum Vorjahr belief sich im Jahr 1950 auf 35 kg und im Jahr 2022 auf 101 kg (RINDERZUCHT AUSTRIA 2022). In Ländern mit hoher Milchleistung, wie z. B. Israel und USA, ist dieser Anstieg mit über 120 kg pro Jahr noch wesentlich höher (ICAR, GRUBER und LEDINEK 2017).

Die Notwendigkeit der Milchleistungssteigerung wird vor allem ökonomisch begründet, weil der Nährstoffaufwand pro kg Milch mit steigender Milchleistung abnimmt (Aufteilung des „unproduktiven“ Erhaltungsbedarfs auf eine größere Produktmenge). Auch bezüglich der Umweltwirkung der tierischen Produktion wird auf ähnliche Weise argumentiert, weil bei höheren Leistungen die Umweltbelastung pro Produkteinheit (z. B. Methan, Carbon footprint) geringer wird (FLACHOWSKY 2000). Die alleinige Betrachtung der Milchleistung zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung ist allerdings nicht ausreichend und zielführend, da zusätzlich zum Output auch der dazu erforderliche Input und auch Flächenbedarf in Rechnung zu stellen ist.

Auf den ersten Blick scheint häufig die Höhe der Milchleistung eines Betriebes („Stalldurchschnitt“) bzw. die Individualleistung der Kühe pro Laktation der wichtigste Gradmesser für die Einkommens- und Wirtschaftlichkeitssituation des Betriebes zu sein. Neben dem Ertrag aus der Milcherzeugung trägt jedoch auch die Fleischleistung (bzw. der Ertrag aus dem Kälberverkauf) und der Altkuh-Erlös sowie der Zucht-Erlös zu einem gewissen Teil zum Einkommen aus der Rinderhaltung bei. Ganz entscheidend auf das landwirtschaftliche Einkommen wirken sich jedoch die Kosten aus. Hier spielen, neben den Fixkosten, die Kosten für Fütterung (57 % der Direktkosten) und Bestandesergänzung (26 % der Direktkosten) eine sehr wichtige Rolle (laut „Ergebnissen und Konsequenzen der Betriebszweigauswertung aus den Arbeitskreisen in Österreich“; BMLRT 2022b). Aus der Relation Output zu Input lässt sich die Effizienz eines Betriebssystems errechnen (BERRY und PRYCE 2014). THOMET et al. (2002) haben folglich die Effizienz als Schlüssel für die wirtschaftliche Milchproduktion bezeichnet und festgestellt, dass die Jahresmilchleistung pro Kuh wenig über die Effizienz aussagt, weil sie die Körpermasse (d. h. den Erhaltungsbedarf) und das Milchproduktionssystem (d. h. die Kosten, z. B. Low input vs. High output) unberücksichtigt lässt. LEDINEK et al. (2022) haben verschiedene Effizienzmerkmale beschrieben, die sich durch die Wahl des Input-Faktors ergeben und nach diesem benannt werden (Körpermasse-, Futter- und Energie-Effizienz). GRUBER und LEDINEK (2017) haben an zwei umfangreichen Datenquellen gezeigt (GRUBER et al. 2004, LEDINEK et al. 2019), dass die Effizienz der Milcherzeugung vom Genotyp (Fleckvieh vs. Holstein) und innerhalb des Genotyps von der Lebendmasse abhängt. Bei alleiniger Betrachtung der Milcherzeugung weisen Holstein eine höhere Effizienz auf (höhere Leistung, geringere Körpermasse). Dem steht allerdings die höhere Fleischleistung kombinierter Rindertypen gegenüber, die in einer gesamtheitlichen Betrachtungsweise natürlich in Rechnung zu stellen ist. Bezüglich der Körpermasse hat sich gezeigt, dass die höchste

Effizienz einer Rinderpopulation bei mittlerer Körpermasse erreicht wird und nicht bei den Tieren mit ganz niedriger oder ganz hoher Körpermasse.

Ein kritischer Aspekt steigender Milchleistungen liegt darin begründet, dass zwischen Milchleistung und anderen relevanten Parametern (Körpermasse, Fleischleistung, Fitnessmerkmale und Gesundheit etc.) vielfältige, zum Teil auch unerwünschte genetische Beziehungen bestehen, welche dem positiven Einfluss steigender Milchleistung auf Wirtschaftlichkeit und Umweltbelastung entgegenwirken (VEERKAMP 1998, LUCY 2001, KNAUS 2009). Besonders auf die intensive Stoffwechselbelastung der Kühe durch hohe Milchleistungen ist hier hinzuweisen. Trotz vieler Diskussionen und Meinungsverschiedenheiten über die Auswirkungen hoher Milchleistung und der damit einhergehenden unzureichenden Energieversorgung auf Immunstatus, Reproduktionsleistung, Stoffwechselsituation und Fitness zeigt sich in den vergangenen Jahrzehnten in vielen Ländern ein eindeutiger Rückgang der Nutzungsdauer der Milchkühe. Dies kann als starker Hinweis auf die negativen Beziehungen zwischen Milchleistung und Fitness angesehen werden (FLEISCHER et al. 2001, MARTENS 2012a, GROSS 2022).

Um den Einfluss dieser wichtigen Input- und Output-Faktoren zu erfassen, wurde seit 2012 an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein umfassendes und langfristiges Forschungsprojekt zur Gesamteffizienz des Produktionssystems „Rinderhaltung“ durchgeführt. Es wurden verschiedene Genotypen mit unterschiedlicher Milchbetonung, Körpermasse und Nutzungsdauer verglichen bei unterschiedlichen Fütterungsintensitäten, und zwar sowohl bei Milchkühen als auch bei Maststieren. Über die Ergebnisse der Kälber- bzw. Kalbinnen-Aufzucht haben GRUBER et al. (2016) berichtet. Der folgende Beitrag hat die Milcherzeugung zum Inhalt. Die Ergebnisse zur Fleischleistung der männlichen Nachkommen werden von VELIK et al. (2023) dargestellt. Nach Abschluss des Projektes (d. h. wenn alle Versuchskühe abgegangen sind), werden auch Bewertungen zur Nutzungsdauer, zur Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung erfolgen. TERLER et al. (2021) haben die Methanbildung der Kühe in Respirationsanlagen untersucht. Die Relevanz der Fragestellungen des Projektes zeigt sich auch an der wirtschaftlichen Bedeutung der Milch- und Rinderproduktion in Österreich, die mit 1.470 bzw. 833 Mio. Euro einen Anteil von 39,5 bzw. 22,4 % (in Summe also 61,9 %) der gesamten tierischen Erzeugung ausmacht (BMLRT 2022a). Auch der Beitrag dieser Betriebszweige zum Methanausstoß aus der enterischen Fermentation ist mit 45,8 % (Milchkühe) und 48,2 % (andere Rinder), insgesamt also 94 %, sehr hoch (UMWELTBUNDESAMT 2022).

2. Versuchsdesign, Versuchstiere, Fütterung und Methoden

Es war Ziel dieses Projektes, umfassende und ganzheitliche Daten zur Milcherzeugung unter österreichischen Produktionsbedingungen für folgende Gesichtspunkte zu erheben:

1. Produktionstechnische Daten zum Gesamt-Nährstoffaufwand der Milcherzeugung
2. Grundlagen für ökonomische Berechnungen der Milchproduktion
3. Grundlagen für Umweltwirkungen der Milchproduktion
4. Einfluss von Fütterung und Genotyp auf die Milchqualität

Es wurden vor allem drei Aspekte in den Fokus genommen:

- Gegenüberstellung von Hochleistung vs. Nutzungsdauer
- Vergleich von kombinierten und milchbetonten Zweinutzungsrindern
- Effizienz des Kraftfuttereinsatzes

Diese Aspekte sollten mit folgendem Versuchsplan angesprochen werden.

2.1 Versuchsdesign

Der Versuchsplan sah den Vergleich von vier verschiedenen Genotypen bei vier Futter-niveaus in einem zwei-faktoriellen 4 × 4-Design vor. Dies ergibt 4 × 4 = 16 Untergruppen (Tabelle 1).

Genotypen: Fleckvieh Kombiniert [FV_{KO}], HO Hochleistung [HO_{HL}],
HO Neuseeland [HO_{NZ}], HO Lebensleistung [HO_{LL}]

Futterniveau: 5 % Kraftfutter (Vollweide) [Weide, W05]
5 % Kraftfutter [KF05], 20 % Kraftfutter [KF20], 35 % Kraftfutter [KF35]

Tabelle 1: Versuchsplan (N = 64 bzw. 98, siehe Text)

| Futterniveau bzw. Fütterungssystem | Fleckvieh Kombiniert | Holstein Hochleistung | Holstein Neuseeland | Holstein Lebensleistung |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Vollweide 5 % KF | FV _{KO} Weide | HO _{HL} Weide | HO _{NZ} Weide | HO _{LL} Weide |
| Stall 5 % KF | FV _{KO} KF05 | HO _{HL} KF05 | HO _{NZ} KF05 | HO _{LL} KF05 |
| Stall 20 % KF | FV _{KO} KF20 | HO _{HL} KF20 | HO _{NZ} KF20 | HO _{LL} KF20 |
| Stall 35 % KF | FV _{KO} KF35 | HO _{HL} KF35 | HO _{NZ} KF35 | HO _{LL} KF35 |

Jede Untergruppe war ursprünglich aus Gründen der Stallkapazität mit 4 Tieren besetzt (n = 4 × 4 × 4 = 64). Um die Nutzungsdauer und Lebensleistung der Tiere untersuchen zu können, verblieben diese im Versuch, solange sie fruchtbar waren und nicht durch Krankheiten ausfielen. Wenn eine Kuh nicht mindestens drei Laktationen erreichte, wurde sie durch eine weitere Kalbin ersetzt. So kamen schließlich 98 Tiere in den Versuch, was eine durchschnittliche Anzahl von 6,1 Tieren pro Untergruppe ergibt, die bis zum Zeitpunkt März 2023 im Mittel 3,4 Laktationen aufwies. (Der Versuch ist noch nicht abgeschlossen, 7 Tiere stehen noch im Versuch). In Summe kamen bis zum jetzigen Zeitpunkt 333 Laktationen (98 × 3,4) zur Auswertung, d. h. im Durchschnitt 20,8 Laktationen pro Untergruppe.

2.2 Versuchstiere

Der Versuch begann mit der Geburt des ersten Kalbes am 19.12.2010 und wird mit dem Tod der letzten Kuh enden. Mit dem Projekt sollten drei wesentliche Aufwands- und Ertragsbereiche des Systems „Rinderproduktion“ erfasst werden, nämlich die Kälber- und Kalbinnenaufzucht (d. h. die Bestandesergänzung) sowie die Milcherzeugung der Kühe und die Fleischleistung der männlichen Nachkommen.

Die Tiere der Rassen FV_{KO} und HO_{HL} stammen von der Versuchsherde des Institutes für Nutztierforschung der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Für diese Tiere begann der Versuch mit dem ersten Lebenstag. Die Kälber der Rasse HO_{NZ} wurden zum größeren Teil aus Betrieben mit „Neuseelandkühen“ in der Schweiz gekauft (d. h. keine Daten zur Kälberaufzucht), zum Teil wurden Embryonen aus Neuseeland in Trägerkühe der HBLFA eingesetzt (Versuchsbeginn ebenfalls am ersten Lebenstag). Die Kälber der Rasse HO_{LL} kamen zum Teil von der Versuchsherde des BIO-Institutes der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Versuchsbeginn ebenfalls am ersten Lebenstag) und zum Teil wurden sie von Betrieben mit „Lebensleistungskühen“ eingekauft und nach Abschluss der Aufzuchtphase mit Milchtränke nach Gumpenstein überstellt. Die Aufzucht der Versuchstiere bis zum Beginn der ersten Laktation ist wichtiger Bestandteil dieses Forschungsprojektes, da die Aufzucht einen beträchtlichen Teil des Aufwandes für die gesamte Milcherzeugung ausmacht (Futter, Stallplatz, Arbeit etc.). Und zwar umso mehr, je kürzer die Nutzungsdauer ist. Das gilt im gleichen Sinn für die Beurteilung der Umweltwirkung der Milcherzeugung.

Fleckvieh Kombiniert [FV_{KO}]:

Fleckvieh (FV) ist mit 74,7 % die mit Abstand wichtigste Rinderrasse in Österreich (RINDERZUCHT AUSTRIA 2022). Bei Fleckvieh wurde darauf geachtet, dass möglichst kein Genanteil von Red Holstein (RH) in den Versuchstieren enthalten ist, da es im Projekt

um die Gesamteffizienz der Rinderhaltung ging und auch die Fleischleistung der (männlichen) Versuchstiere geprüft wurde (VELIK et al. 2023), also um die Gegenüberstellung **kombinierte** vs. **milchbetonte** Zweinutzungsrinder im System Rinderproduktion. Der mittlere Genanteil von RH über alle Versuchskühe betrug nur 1,7 % und 73 % der Versuchskühe waren zu 100 % reines Fleckvieh. Die RINDERZUCHT AUSTRIA (2022) weist für Fleckvieh folgende durchschnittliche Leistung aus (273.095 Kühe): 7.742 kg Milch, 4,17 % Fett, 3,44 % Eiweiß, 7.880 kg ECM.

Die Versuchskühe stammten von folgenden Vätern ab: Diadora, GS Safran, GS Schumi, GS Weihum, GS Wilhelm, Mythos, Rau, Rave, Ricki, Roemer, Wal, Waldbrand.

Holstein Hochleistung [HO_{HL}]:

Der Anteil von Holstein (HO) in Österreich beträgt 5,9 % (RINDERZUCHT AUSTRIA 2022). Im globalen Maßstab ist HO jedoch eindeutig die bedeutendste Milchrinderrasse. Nach der Website der World Holstein Friesian Federation (WHFF 2023) werden 23 Länder hinsichtlich ihrer Größe der Holstein-Population und deren Milchleistungsniveau angeführt. Diese Tabelle repräsentiert 25,2 Mio. Holstein-Kühe mit einer durchschnittlichen 305-Tage Leistung von 9.584 (4.764 - 12.558) kg Milch mit 3,99 (3,49 - 4,50) % Fett und 3,37 (3,11 - 3,80) % Eiweiß. Der höchste Bestand an Holstein-Kühen steht demnach in den USA (8,1 Mio.), in Deutschland und Frankreich leben jeweils mehr als 2 Mio. Holstein-Kühe. Wichtige Holstein-Länder in Europa sind weiters Polen, Irland, UK, die Niederlande und Italien mit jeweils mehr als 1 Mio. HO-Kühen. Das Leistungsniveau der zehn besten Länder liegt im Durchschnitt bei etwa 10.500 kg Milch bzw. ECM. Die österreichische Holstein-Population weist im Durchschnitt folgende Leistung auf (42.378 Kühe): 9.064 kg Milch, 4,09 % Fett, 3,33 % Eiweiß, 9.074 kg ECM (RINDERZUCHT AUSTRIA 2022).

Die Versuchskühe stammten von folgenden Vätern ab: Aladdin, Albano Red, Alex, Amylwin, Ashzen, Bogart, Bossman, Confirm, End Story, Gailuron, Gandolf, Hyatt, Legend, Lotto, Manager, McCormick, Scotty, Shot Al, Shout, Sudan, Tom, Tommy, Toystory.

Holstein Neuseeland [HO_{NZ}]:

Die Milcherzeugung in Neuseeland nimmt aus mehreren Gründen eine Sonderstellung ein.

(1) Die Futtergrundlage besteht zum überwiegenden Teil aus Grundfutter, und zwar aus Weidegras (nur sehr wenig Kraftfutter). Dies ist die kostengünstigste Form der Fütterung (keine Konservierungsverluste, keine Transport- und Lagerkosten, hoher Energie- und Proteingehalt). In einem saisonalen Weidesystem werden Futterangebot aus dem Grünland (Graswachstum entsprechend dem Jahresverlauf) und Futterbedarf der Kühe (entsprechend Laktationsverlauf und Trockenstehzeit) optimal aufeinander eingestellt. Voraussetzung dafür ist eine hohe Fruchtbarkeit der Kühe mit geringer Häufigkeit des Umrinderns (hohe Non-Return-Rate). Die wichtigste ökonomische Kennzahl ist die erzeugte Milchmenge bzw. Menge an Milchinhaltsstoffen (*milk solids*) pro Hektar und nicht pro Kuh! (THOMET 1999). Auf Grund des milden, maritimen Klimas ist auch eine Stallhaltung nicht bzw. kaum erforderlich, was eine weitere starke Kostenersparnis bedeutet.

(2) Die Kühe sind an diese Futtersituation genetisch angepasst (geringeres Leistungsniveau, hohe Fruchtbarkeit, hohe Grundfutteraufnahme, hohe Weidetauglichkeit, geringe Körpermasse). Dadurch wird ein starkes Energiedefizit mit dessen bekannten Auswirkungen auf Gesundheit und Fruchtbarkeit einigermaßen verhindert. Im vorliegenden Projekt stellen neuseeländische Holstein-Kühe eine von 4 genetischen Versuchsgruppen dar. In Neuseeland ist jedoch die Kreuzung Holstein × Jersey mit 49,6 % der häufigste Genotyp (berechnet auf Grund der Anzahl an Besamungen, LIC 2021 (Livestock Improvement Corporation)). Holstein Friesian weist in NZ einen Rassenanteil von 32,5 % auf und Jersey 8,2 %. Jersey (JE) dominierte in Neuseeland bis in die späten 1960er Jahre. Seit 1970 war Holstein vorherrschend, entsprechend der internationalen Entwicklung. HARRIS und KOLVER (2001) haben dafür den Begriff „Holsteinization“ geprägt. Zurzeit sind jedoch Holstein × Jersey-Kreuzungen bei weitem vorherrschend, da diese Typen den Produktionsbedingungen in Neuseeland besser entsprechen. Die durchschnittliche Milchleistung pro Kuh in Neuseeland beträgt zurzeit 4.426 kg Milch, 5,02 % Fett, 3,95 %

Eiweiß, 5.100 kg ECM. Die Milchleistung pro Hektar beläuft sich auf 12.649 kg Milch bzw. 14.574 kg ECM (LIC 2021). Zum Vergleich die Milchleistung der Holstein in den USA: 12.558 kg Milch, 3,90 % Fett, 3,12 % Eiweiß, 12.115 kg ECM (WHFF 2023). Die nach Alter gewichtete Körpermasse beträgt für die Rassen HO, JE und HO × JE 497, 409 und 458 g (LIC 2021). Die Versuchskühe stammten von folgenden Vätern ab: Dtector, Maxwell Dan Jazzman, Mortensens Gr ARES, Mortensens WE AWE, Sonshine, Sweetdream, Valden Judas, Van Bysterfeldt MO. Der durchschnittliche Genanteil der Versuchskühe an Neuseeland-Holstein-Genen betrug 86,9 %, der Rest sind Jersey-Anteile. Der Anteil von Kühen mit 100 % HO_{NZ} machte 35 % aus, 25 % hatten einen Jersey-Anteil von 12,5 % und 40 % wiesen einen Jersey-Anteil von 25 % auf.

(3) Die Milcherzeugung und Milchindustrie in Neuseeland weisen sehr große Strukturen auf und sind am Weltmarkt orientiert. Auch in Neuseeland findet ein Strukturwandel statt: seit 1975/76 hat sich die Anzahl der Kuhherden von 18.442 auf 11.034 (2020/21) verringert, die Herdengröße hat sich dagegen nahezu vervierfacht (von 113 auf 444 Kühe pro Betrieb). In diesem Zeitraum stieg auch die Anzahl an Kühen im Land um das 2,3-Fache (von 2.091.950 auf 4.903.733 Kühe). Die Leistung je Kuh stieg im Zeitraum 1992/93 - 2020/21 von 259 auf 397 kg Fett und Eiweiß und damit auch die Gesamtproduktion des Landes an Milch (von 6,385 Mio. Tonnen im Jahr 1986/87 auf 21,705 Mio. Tonnen im Jahr 2020/21). Über 90 % der Produktion wird exportiert, zu deutlich niedrigeren Erzeugerpreisen als in der EU (Milchpulver, Käse, Butter).

Holstein Lebensleistung [HO_{LI}]:

Als vierter Genotyp im vorliegenden Projekt wurden die sog. Lebensleistungslinien nach BAKELS (1960) geprüft. Die nachfolgende Beschreibung folgt in gekürzter Form den Ausführungen von HAIGER (1988). Die theoretische Basis der Linienzucht geht auf den Begründer der populationsgenetischen Tierzucht LUSH (1933) zurück. Demnach sind für eine erfolgreiche Linienzucht mindestens drei miteinander nicht verwandte Linien mit zwei folgenden Eigenschaften erforderlich:

- (1) Überragende Leistungseigenschaften (im vorliegenden Fall die Lebensleistung)
- (2) Keine rezessiven Erbanlagen mit schädlichen Wirkungen (Missbildungen, Totgeburten)

Bei dieser Zuchtmethodik wird versucht, die Erbanlagen hervorragender Leistungsvererber durch systematische Verwandtenpaarung in den Nachkommen anzuhäufen und gleichzeitig den Inzuchtgrad niedrig zu halten. In der züchterischen Praxis kommen die drei Linien abwechselnd zum Einsatz (Paarung einer Kuh der Linie A mit Stier der Linie B. Die Nachkommen (AB) haben je 50 % Genanteile von A und B und werden mit Stier der Linie C gepaart; deren Nachkommen (ABC) weisen mittlere Genanteile von 25 % A, 25 % B und 50 % C auf. Das wesentlichste Merkmal dieser Genotypen sind hohe Lebensleistungen bei Geschwistern, Vorfahren und Nachkommen. Eine hohe Lebensleistung ist das Ergebnis einer überdurchschnittlichen Laktationsleistung verbunden mit einer langen Nutzungsdauer. Eine lange Nutzungsdauer hat eine gute Gesundheit und Fruchtbarkeit zur Voraussetzung. Somit ist die hohe Lebensleistung ein umfassendes Merkmal, mit dem sowohl die Milchleistung als auch die Fitness einer Kuh beschrieben wird. Nachfolgend eine kurze Charakteristik der 3 bzw. 4 Linien.

Linie A: Echo-Linie (Herde der Universität New Hampshire, UNH)

Begründerin der Linie ist die Kuh **UNH Perfection Echo** (geboren 1938, Lebensleistung 92.202 kg, 3,86 % Fett. Jede der 7 Töchter mit einer Lebensleistung > 50.000 kg, davon 3 Töchter mit ca. 100.000 kg Lebensleistung (3,7 - 4,2 % Fett).

Merkmale der Linie A: Großer Rahmen, mittlere Spätreife.

Linie B: Patsy-Bar-Pontiac-Linie (Breezewood Farm, Ohio)

Begründerin der Linie ist **Breezewood RA Patsy** (Weltrekord in 1960er Jahren: 16.717 kg Milch, 5,06 % Fett, 847 kg Fett).

Tochter von Patsy: **Barbara** (Lebensleistung 107.054 kg Milch, 4,30 % Fett, 4.603 kg Fett, 9 Laktationen).

Tochter von Barbara: **Patsy Bar Pontiac** (Lebensleistung 193.300 kg Milch, 4,51 % Fett, 8.718 kg Fett, 12 Laktationen, Lebensalter 18,5 Jahre, 1983 gestorben, Weltrekord für Fett-Lebensleistung).

Merkmale der Linie B: niedriger Fettgehalt in den ersten Laktationen, sehr spätreif, wachsen lange, mittelgroße Tiere.

Linie C: Zimmermann-Linie (Zimmermann Farm, Pennsylvania)

Merkmale der Linie C: Die Zimmermann-Linie wurde auf relative Leistungsfrühreife gezüchtet, mit Fettgehalt > 4 % und kleinrahmigen Tieren.

Linie D: Ivanhoe-Linie (Osborndale Ivanhoe, Pennsylvania)

Geboren 1952, 185 cm Widerristhöhe. Mehr als 80 Töchter mit > 90.000 kg Lebensleistung.

Merkmale der Linie D: Nachkommen eher spätreif und sehr groß.

Die Versuchskühe stammten von folgenden Vätern ab: Barbarossa, Emil, Nick, Nordlicht, Panda, Perfekt, Plix-Pietje, Prieß, Prädus.

2.3 Fütterung und Futter

Die Tiere der Futtergruppen KF05, KF20 und KF35 wurden *ad libitum* mit einer Grundfutter-Mischung gefüttert. Diese setzte sich im Durchschnitt aus 27 % Heu, 43 % Grassilage und 30 % Maissilage zusammen (auf TM-Basis). Zur Ermittlung der individuellen Weidefutteraufnahme der Gruppe Weide wurde zunächst der Weidefutteraufwuchs jeder Parzelle einer Kuh als Mittelwert zweier Messverfahren bestimmt. Einerseits wurde auf einem angrenzenden Streifen von 1 m Breite außerhalb einer jeden Parzellenfläche der Gras-Ertrag festgestellt, nach Bestimmung des Trockenmasse-Gehaltes der Trockenmasse-Ertrag pro m² berechnet und dieser auch für den Ertrag innerhalb der Weideparzelle angenommen. Andererseits wurde der TM-Ertrag mithilfe einer Regressionsgleichung aus Auswuchshöhenmessungen mit dem RisingPlate-Meter geschätzt. Vom Weideaufwuchs wurde anschließend noch der Weiderest abgezogen, der täglich pro Parzelle (d. h. pro Einzeltier) erfasst wurde, woraus sich die tägliche Weidefutteraufnahme ergab. Zudem wurde die kalkulierte Weidefutteraufnahme in Bezug zum NEL-Bedarf und zum BCS gesetzt und bei Bedarf rechnerisch korrigiert. Die Futteraufnahmedaten zwischen zwei Weideversuchs-Perioden wurden durch lineare Interpolation geschätzt. Pro Weidesaison innerhalb eines Jahres fanden in sechs Versuchsjahren (2014 bis 2019) drei Weidefutteraufnahme-Erhebungen statt (in Summe 18 Weideversuche).

Das Kraftfutter wurde nach Versuchsplan über Transponder-Steuerung im Kraftfutter-Automaten angeboten. Das Kraftfutter bestand aus 25 % Körnermais, 24 % Gerste, 8 % Weizen, 8 % Trockenschnitzel, 5 % Weizenkleie, 15 % Sojaextraktionsschrot HP, 15 % Rapsextraktionsschrot. Auch das Mineralfutter (Mineralstoffmischung, Futterkalk, Vihsalz) erhielten die Tiere über den Transponder zur bedarfsgerechten Versorgung mit Mineralstoffen (GfE 2001).

Betrachtet über die gesamte Laktation machte der Kraftfutteranteil 5, 20 bzw. 35 % der Gesamtration in den Futterniveau-Gruppen Weide (W05) und KF05 bzw. KF20 und KF35 aus (auf TM-Basis). Der Anteil des Kraftfutters stieg zu Beginn der Laktation an, verblieb einige Monate auf dem in der jeweiligen Gruppe höchsten Niveau und nahm im letzten Laktationsdrittel deutlich ab, um dem Bedarf der Kühe in der Laktation etwas angepasst zu sein (*Abbildung 1*).

Der Gehalt der Grund- und Kraftfuttermittel des Fütterungsversuches an Nähr- und Mineralstoffen sowie an Energie ist in *Tabelle 2* angeführt. Die Grassilage wies mit 15 % Rohprotein, 25 % Rohfaser, 45 % NDF und 5,8 MJ NEL eine gute Qualität auf. Das Heu hatte einen etwas höheren Gehalt an Gerüstsubstanzen (52 % NDF) und dementsprechend weniger Energie (5,41 MJ NEL). Die Nährstoffgehalte der Maissilage sind durchschnittlich, im Hinblick auf die Maisgrenzlage der Region jedoch als gut zu bezeichnen (6,6 MJ NEL). Die Tiere der Gruppen Weide (W05) und KF05 erhielten Kraftfutter nur in Form eines „Lockfutters“ im Melkstand.

Der Proteingehalt des Kraftfutters für die „Stallration“ wurde so gewählt, dass das Kraftfutter ein ähnliches RDP/Energie-Verhältnis aufwies wie die Grundfuttermischung. Damit wurde erreicht, dass den Tieren aller Kraftfutter-Gruppen, d. h. bei sehr unterschiedlicher Energieversorgung, die relativ gleiche Möglichkeit zur Bildung an Mikrobenprotein gegeben war und der Aspekt der Energieversorgung im vorliegenden Projekt nicht mit dem Einfluss unterschiedlicher Proteinversorgung vermengt war. Dabei wurde von den Grundlagen des nXP-Systems ausgegangen (GfE 2001). Das Verhältnis RDP/ME betrug im Grundfutter 9,9 g/MJ und im Kraftfutter 11,1 g/MJ. Pro MJ ME ist die Bildung von etwa 10,5 g Mikrobenprotein zu erwarten, d. h. diese Menge an abbaubarem Protein sollte den Pansenmikroben bei ausgeglichener ruminaler N-Bilanz zur Verfügung stehen (GfE 2001).

2.4 Erhebungen, Analysen und statistische Auswertung

Die Futtermittelaufnahme und Milchleistung wurden täglich zu jeder Mahlzeit erhoben. Die Trockenmasse der Futtermittel wurde täglich durch Trocknung bei 105 °C bestimmt und die Milch ebenfalls täglich auf Fett, Eiweiß und Laktose untersucht. Die bei der Trocknung entstehenden Stoffverluste im Zuge der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter wurden nach den Vorgaben von WEISSBACH und KUHILA (1995) berücksichtigt. Die einzelnen Grundfütter (Heu, Grassilage, Maissilage), die Grundfuttermischung und das Kraftfutter wurden aus monatlichen Sammelproben analysiert.

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.

Von den Grundfuttermitteln wurde die Verdaulichkeit *in vivo* (mit Hammeln) von jedem Erntejahr nach den Leitlinien der GfE (1991) ermittelt, vom Kraftfutter eine Sammelprobe aus dem ganzen Versuch. Von allen Proben wurden die Weender Nährstoffe (TM, XP, XL, XF, XA), die VAN SOEST-Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) sowie die Mengen- und Spurenelemente (Ca, P, Mg, K, Na sowie Mn, Zn, Cu) untersucht. Die Energie- und Proteinbewertung (NEL, nXP) erfolgte nach den Vorgaben der GfE (2001).

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm SAS 9.4 unter Verwendung der Procedure Mixed. In das Modell gingen die fixen Effekte „Genotyp“, „Futterniveau“, „Laktationszahl“, „Laktationsmonat“, signifikante Wechselwirkungen zwischen diesen Effekten sowie der zufällige Effekt „Tier“ ein.

Abbildung 1: Schema des Kraftfutter-Regimes in den Futterniveau-Gruppen KF05, KF20 und KF35

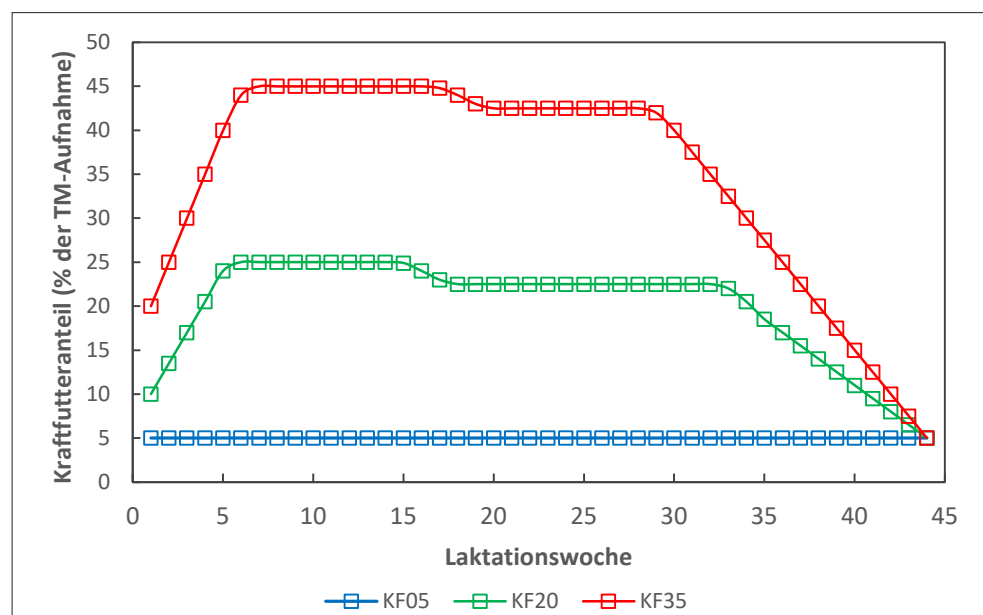


Tabelle 2: Gehalt an Nähr- und Mineralstoffen (g/kg TM) sowie Energiekonzentration (ME und NEL, MJ/kg TM) der Grund- und Kraftfutter des Fütterungsversuches (Mittelwert ± Standardabweichung)

| Inhaltsstoff ¹⁾ | Heu | Grassilage | Maissilage | Weidegras | KF 'Stall' | KF 'Weide' |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| XP | 127 ± 18 | 150 ± 18 | 76 ± 6 | 191 ± 27 | 204 ± 47 | 148 ± 7 |
| XL | 19 ± 2 | 31 ± 3 | 32 ± 3 | 21 ± 2 | 25 ± 7 | 16 ± 2 |
| XF | 275 ± 22 | 248 ± 21 | 223 ± 22 | 213 ± 23 | 69 ± 43 | 116 ± 6 |
| XX | 501 ± 22 | 465 ± 32 | 626 ± 24 | 451 ± 35 | 660 ± 23 | 655 ± 9 |
| XA | 77 ± 9 | 107 ± 26 | 44 ± 4 | 124 ± 19 | 42 ± 26 | 66 ± 2 |
| CHO | 777 ± 26 | 712 ± 41 | 848 ± 9 | 664 ± 40 | 729 ± 30 | 770 ± 8 |
| NDF | 520 ± 39 | 445 ± 36 | 432 ± 33 | 443 ± 35 | 217 ± 75 | 293 ± 18 |
| ADF | 336 ± 27 | 308 ± 24 | 258 ± 25 | 294 ± 36 | 100 ± 50 | 154 ± 8 |
| ADL | 43 ± 7 | 40 ± 6 | 27 ± 4 | 54 ± 10 | 22 ± 5 | 19 ± 2 |
| NFC | 257 ± 30 | 268 ± 27 | 416 ± 35 | 222 ± 39 | 512 ± 52 | 477 ± 18 |
| nXP | 124 ± 7 | 130 ± 5 | 131 ± 3 | 134 ± 3 | 190 ± 25 | 167 ± 25 |
| RNB | 0,56 ± 2,02 | 3,2 ± 2,4 | -8,9 ± 1,0 | 9,1 ± 4,0 | 2,7 ± 4,3 | -3,1 ± 4,1 |
| ME | 9,23 ± 0,43 | 9,79 ± 0,33 | 10,92 ± 0,33 | 10,15 ± 0,26 | 12,54 ± 0,65 | 11,86 ± 0,04 |
| NEL | 5,41 ± 0,30 | 5,82 ± 0,23 | 6,61 ± 0,25 | 6,11 ± 0,19 | 7,82 ± 0,42 | 7,37 ± 0,02 |
| Ca | 7,2 ± 1,2 | 8,4 ± 1,1 | 2,3 ± 0,5 | 9,9 ± 0,9 | 2,8 ± 2,9 | 5,9 ± 0,3 |
| P | 2,6 ± 0,3 | 3,1 ± 0,4 | 2,1 ± 0,3 | 4,4 ± 0,4 | 5,4 ± 1,8 | 3,0 ± 0,5 |
| Mg | 3,0 ± 0,5 | 3,5 ± 0,7 | 1,6 ± 0,2 | 4,0 ± 0,5 | 2,5 ± 0,2 | 2,4 ± 0,2 |
| K | 18,1 ± 2,2 | 22,6 ± 4,9 | 10,7 ± 1,2 | 21,1 ± 2,8 | 9,8 ± 4,4 | 12,4 ± 1,1 |
| Na | 0,46 ± 0,18 | 0,58 ± 0,42 | 0,08 ± 0,05 | 0,68 ± 0,18 | 0,60 ± 2,12 | 2,77 ± 0,17 |

XP, XL, XF, XX, XA: Rohprotein, Rohfett, Rohfaser, N-freie Extraktstoffe, Rohasche (g/kg TM)

CHO, NDF, ADF, ADL, NFC: Kohlenhydrate, Neutral-Detergenzien-Faser, Säure-Detergenzien-Faser, Säure-Detergenzien-Lignin, Nichtfaser-Kohlenhydrate (g/kg TM), nach VAN SOEST (2004)

nXP, RNB, ME, NEL: nutzbar. Rohprotein am Dünndarm, ruminale N-Bilanz (g/kg TM), umsetzbare Energie, Nettoenergie Laktation (MJ/kg TM), nach GfE (2001)

Ca, P, Mg, K, Na: Calcium, Phosphor, Magnesium, Kalium, Natrium (g/kg TM)

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Futteraufnahme, Milchleistung und Effizienz

Die wesentlichen Ergebnisse des Fütterungsversuches sind in *Tabelle 3* (Haupteffekte von Genotyp und Futterniveau) und in *Tabelle 4* (Wechselwirkung Genotyp × Futterniveau) sowie in *Abbildung 2a* und *2b*. Angaben zu den Inhaltsstoffen der Ration × finden sich in der *Anhangstabelle A1*.

3.1.1 Effekte des Genotyps

Wie erwartet unterschieden sich die Genotypen signifikant in der Körpermasse. Der LS-Mean für Fleckvieh (FV_{KO}) beträgt 706 kg, gefolgt von Holstein Hochleistung (HO_{HL}) mit 644 kg (Mittel aller Futterniveaus, Laktationszahlen und Laktationsstadien). Demgegenüber wiesen die Holstein aus Neuseeland (HO_{NZ}) sowie der Lebensleistungslinien (HO_{LL}) mit 578 bzw. 590 kg wesentlich geringere Gewichte auf.

Auch in der Futteraufnahme traten zwischen den Genotypen signifikante Unterschiede auf. Die Futteraufnahme von HO_{NZ} (16,1 kg TM) und HO_{LL} (15,5 kg TM) war gegenüber FV_{KO} (17,5 kg TM) und HO_{HL} (17,6 kg TM) deutlich niedriger. Bei Berücksichtigung der Körpermasse allerdings zeigten HO_{HL} und HO_{NZ} gegenüber FV_{KO} und HO_{LL} die höchste (relative) Futteraufnahme. Das gilt auch für die auf Körpermasse bezogene Aufnahme von NDF. Ausgehend von einem Maximalwert von 12,5 g NDF je kg Körpermasse (MERTENS 1994) weisen die Werte von FV_{KO} (10,5 g NDF) und HO_{LL} (11,1 g NDF) darauf hin, dass

die Futtermittelaufnahme dieser Tiere gegenüber HO_{HL} (11,7 g NDF) und HO_{NZ} (11,9 g NDF) in höherem Ausmaß physiologisch reguliert war, die NDF-Aufnahme der Genotypen HO_{HL} und HO_{NZ} dagegen bis nahe an die physikalische Limitierung gelangt ist.

Der Grund dafür liegt im höheren Milchleistungspotenzial der Genotypen HO_{HL} und HO_{NZ} verglichen mit FV_{KO} und HO_{LL} . Die höchste Milchleistung erbrachte HO_{HL} mit 23.8 kg/Tag, gefolgt von FV_{KO} , HO_{NZ} und HO_{LL} mit 21.4, 19.6 und 18.6 kg/Tag. Hoch signifikant unterschiedlich waren auch die Gehalte an Milchinhaltsstoffen. Im Milchfettgehalt übertraf HO_{NZ} (4,76 %) die anderen Genotypen (4,26 - 4,29 %) deutlich und erreichte auch den höchsten Gehalt an Milcheiweiß mit 3,59 %, gefolgt von FV_{KO} mit 3,47 % gegenüber den niedrigeren Werten von HO_{LL} (3,26) und HO_{HL} (3,21 %). Dies führte zu wesentlich größeren Unterschieden in der energie-korrigierten Milchleistung (22.1, 24.0, 21.4, 18.7 kg ECM/Tag der Genotypen FV_{KO} , HO_{HL} , HO_{NZ} und HO_{LL}), verglichen mit der aktuellen Milchleistung.

Bei der Beurteilung der Milchleistung muss jedoch berücksichtigt werden, bei welcher Körpermasse und mit welcher Futter- bzw. Energie-Aufnahme diese erreicht wird, also mit welcher Effizienz (Output/Input; LEDINEK et al. 2022). An erster Stelle ist hier die unterschiedliche Körpermasse der Genotypen des vorliegenden Projektes zu beachten, die einen entsprechend unterschiedlichen Erhaltungsbedarf nach sich zieht (GfE 2001). Relativ zu Fleckvieh (= 100) betragen die Körpermassen von HO_{HL} , HO_{NZ} und HO_{LL} nur 91, 82 bzw. 84 %, der daraus resultierende Erhaltungsbedarf 40.1, 37.5, 34.5 und 35.1 MJ NEL, das sind 93, 86 und 87 % von FV_{KO} . Es ist auch angebracht, die Futter- und Energie-Aufnahme auf die Körpermasse zu beziehen und daraus das relative Futteraufnahmevermögen abzuleiten. Dies verschiebt das Bild der aktuellen Futtermittelaufnahme deutlich und ist ein wichtiger Hinweis auch auf das Leistungsvermögen der Kühe, die natürlich bestrebt sind, die mit der Milch abgegebene Energie über die Futtermittelaufnahme so weit wie möglich abzudecken (nämlich bis zur physikalischen Limitierung, MERTENS 1994). Auf diese physiologische Steuerung der Futtermittelaufnahme haben schon WANGSNESS und MULLER (1981) hingewiesen. Hinsichtlich der absoluten Futtermittelaufnahme liegen FV_{KO} und HO_{HL} mit etwa 17,5 kg TM sehr ähnlich, ebenso HO_{NZ} und HO_{LL} (16,1 bzw. 15,5 kg TM). Bezogen auf Körpermasse wird ersichtlich, dass eigentlich HO_{HL} und HO_{NZ} vergleichbar sind, ebenso FV_{KO} und HO_{LL} . Das gleiche Bild ergibt sich, wenn der sog. „Animal production level“ (APL; Energieaufnahme relativ zum Erhaltungsbedarf) betrachtet wird. HO_{HL} und HO_{NZ} liegen mit 2,90 gleichauf, ebenso FV_{KO} und HO_{LL} (ca. 2,7), d. h. die Kühe können das 2,9-fache bzw. das 2,7-fache des Erhaltungsbedarfs aufnehmen. Diese Relationen spiegeln sich auch in der Effizienz wider, sogar noch verstärkt, weil die höher leistenden Genotypen über die erhöhte Futtermittelaufnahme hinaus auch noch eine größere Fähigkeit zur Mobilisation aufweisen. Dies täuscht eine höhere Effizienz vor. Die Körpermasse-Effizienz belief sich auf 0,161 kg, 0,187 kg, 0,182 kg und 0,156 kg ECM je kg metabolischer Körpermasse bei den Genotypen FV_{KO} , HO_{HL} , HO_{NZ} und HO_{LL} , die entsprechende Energie-Effizienz betrug 0,204 kg, 0,220 kg, 0,214 kg bzw. 0,194 kg je MJ NEL Energieaufnahme. Die Zusammenhänge zwischen der Mobilisation und Gesundheit, Fruchtbarkeit sowie Nutzungsdauer werden im Abschnitt 3.2 angesprochen.

Um die Unterschiede zwischen den Genotypen hinsichtlich Milchleistungspotenzial und Mobilisation bzw. Wiederauffüllung von Körperreserven (und damit auch ihrer physiologischen Belastung) klarer zu erkennen, ist die Betrachtung wichtiger Merkmale wie Körpermasse, Futtermittelaufnahme, Milchleistung und Energiebilanz im Verlauf der Laktation hilfreich (siehe *Abbildung 3*). Es zeigt sich, dass bekanntermaßen nach einer Mobilisationsphase von 8 - 12 Wochen die Körpermasse wieder ansteigt. Dies betrifft ganz besonders die Genotypen HO_{LL} und HO_{NZ} , während sich die Körpermasse von HO_{HL} am wenigsten erholt und FV_{KO} zwischen diesen Polen liegt. Die Futtermittelaufnahme steigt zu Laktationsbeginn bei HO_{HL} und FV_{KO} rascher an als bei HO_{NZ} und HO_{LL} . Die Genotypen HO_{LL} und HO_{NZ} zeigen hinsichtlich des Milchleistungsverlaufs eine geringere Persistenz als FV_{KO} und besonders HO_{HL} , was mit dem Verlauf von Körpermasse und Futtermittelaufnahme gut übereinstimmt und in der Folge das entsprechende Bild in der (rechnerischen) Energiebilanz ergibt. Diese kommt bei HO_{HL} erst sehr spät in den positiven Bereich und dies

nur in geringem Ausmaß, im Gegensatz besonders zu HO_{LL} , die früher in der Laktation und zu einem höheren Grad in positive Energiebilanz kommen. Die Genotypen HO_{NZ} und FV_{KO} liegen zwischen diesen Werten. Damit ist auch das Milchleistungspotenzial der Genotypen des vorliegenden Projektes charakterisiert. Da sich im Verlauf der Laktation die Milchleistung im Vergleich zu Körpermasse und Futteraufnahme wesentlich stärker verändert, zeigen auch die Kriterien der Effizienz die typische Abnahme mit dem Fortgang der Laktation. Daher können Effizienz-Parameter nur bei einem definierten Laktationsstadium verglichen werden, am besten jedoch nur über eine gesamte Laktation berechnet werden (LEDINEK et al. 2022).

Die Unterschiede zwischen kombinierten und milchbetonten Zweinutzungsrindern in der Körpermasse, Milchleistung sowie Futteraufnahme und damit auch in der Körpermasse- und Futter-Effizienz sind in vielen Versuchen der vergangenen Jahre unter verschiedensten Produktionsbedingungen dargestellt worden, besonders wenn der Bezug zur Körpermasse hergestellt wird (siehe Übersicht bei GRUBER und STEGFELLNER 2015). Beispielhaft seien die Arbeiten von KÜNZI (1969), ZAUGG (1976), KORVER (1982), OLDENBROEK (1984a und b, 1986, 1988), HAIGER et al. (1987), HAIGER und SÖLKNER (1995), HAIGER und KNAUS (2010), DILLON et al. (2003) und YAN et al. (2006) angeführt. Bezüglich des Einflusses der Körpermasse auf die Energie-Effizienz innerhalb einer Rasse wurden an der Versuchsherde von Beltsville (ML, USA) schon vor 5 Jahrzehnten durch HOOVEN et al. (1968), MILLER et al. (1969) und DICKINSON et al. (1969) Untersuchungen angestellt. Sie kamen zum Ergebnis, dass die Energie-Effizienz von Milchkühen im Bereich mittlerer Körpermasse einer Population am höchsten ist. In einer zusammenfassenden Auswertung von Fütterungsversuchen mehrerer Universitäten der USA und Kanada mit Holstein und Jersey erreichten die Kühe mit einem Körpermasse-Bereich von 279 - 891 kg die höchste Milchleistung und damit Körpermasse-Effizienz ebenfalls nicht bei höchster Körpermasse, sondern bei 613 kg LM (BROWN et al. 1977). MORRIS und WILTON (1976) werteten in einer Literaturreview 10 relevante Experimente aus und fanden im Durchschnitt eine positive phänotypische (+0,33) und genetische (+0,14) Korrelation zwischen Milchleistung und Körpermasse, während die Korrelation zwischen Energie-Effizienz und Körpermasse negativ war (-0,18 bzw. -0,37). VALLIMONT et al. (2011) fanden in 11 Milchviehherden (970 HF-Kühe) in Pennsylvania (USA) hohe, negative genetische Korrelationen (-0,64 bis -0,66) zwischen Körpermasse mehreren Effizienz-Merkmalen (Trockenmasse-, NEL- und Protein-Effizienz) und schlossen daraus, dass große und fette Kühe weniger effizient sind als kleine und magere Kühe. Die Effizienz dieser Kühe war negativ mit ihrer Fruchtbarkeit (days open) und positiv mit ihrer produktiven Lebenszeit korreliert. Dies zeigt, dass bei einer Züchtung auf hohe Effizienz die Fruchtbarkeitssituation einzubeziehen ist (VALLIMONT et al. 2013). GRUBER und STEGFELLNER (2015) stellten in einer Erhebung an 18 landwirtschaftlichen Fachschulen in Österreich eine partielle phänotypische Korrelation zwischen Milchleistung (ECM) und Körpermasse vom +0,153 und zwischen Körpermasse-Effizienz und Körpermasse von -0,260 fest. Auf die Nachteile zu hoher Körpermasse von Milchkühen (Krankheitshäufigkeit, Ausfallsrate, Effizienz etc.) haben u.a. auch MASON et al. (1957), MAHONEY et al. (1986), HANSEN et al. (1999) und BECKER et al. (2012) hingewiesen. Nach KROGMEIER (2009) sind die Kühe in den letzten Jahrzehnten größer geworden und ihre Nutzungsdauer hat abgenommen. Aus dem Vergleich von älteren mit aktuellen Milchviehversuchen (HAIGER et al. 1987 vs. GRUBER und STEGFELLNER 2015 bzw. LEDINEK et al. 2019) kann abgeleitet werden, dass sich im angesprochenen Zeitraum von etwa 30 Jahren die Milchleistung, jedoch zu einem gewissen Grad auch die Körpermasse, erhöht haben. Wird die Steigerung der Milchleistung 100 gesetzt, so erhöhte sich die Körpermasse um 48 % und die Körpermasse-Effizienz dementsprechend nur um 62 % (GRUBER und STEGFELLNER 2015). Beim Vergleich von HAIGER et al. (1987) mit den Ergebnissen von Efficient Cow (LEDINEK et al. 2019) macht die Steigerung der Körpermasse 35 % bzw. die Steigerung der Körpermasse-Effizienz 71 % gegenüber der Milchleistung (= 100) aus. Es ist also davon auszugehen, dass 30 bis 40 % der Milchleistungssteigerung um den Preis einer höheren Körpermasse erzielt wurden (im Falle von Brown Swiss und Holstein).

Tabelle 3: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf Körpermasse, Futter- und Nährstoffaufnahme, Rationskriterien, Milchleistung sowie Effizienz (Haupteffekte von Genotyp und Futterniveau)

| Merkmal | Genotyp | Futterniveau | | | | | P-Werte | | | | | | |
|--|------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | | FV _{Ko} | HO _{HL} | HO _{Nz} | HO _{LL} | Weide | KF05 | KF20 | KF35 | RSD | G | F | G x F |
| Körpermasse | kg | 706 | 644 | 578 | 590 | 607 | 602 | 642 | 667 | 55 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Body Condition Score | Punkte (1-5) | 3,09 | 2,92 | 3,15 | 3,08 | 2,94 | 2,92 | 3,12 | 3,27 | 0,47 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Futteraufnahme (pro Tag) | | | | | | | | | | | | | |
| Grundfutter | kg TM | 14,4 | 14,5 | 13,3 | 12,8 | 14,8 | 13,9 | 13,7 | 12,6 | 1,8 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Krautfutter | kg TM | 3,1 | 3,1 | 2,8 | 2,7 | 0,8 | 0,7 | 3,4 | 6,8 | 0,9 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Gesamtfutter | kg TM | 17,5 | 17,6 | 16,1 | 15,5 | 15,5 | 14,7 | 17,1 | 19,3 | 2,1 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| % der KM | | 2,48 | 2,73 | 2,79 | 2,62 | 2,56 | 2,44 | 2,67 | 2,89 | 0,37 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Gesamtfutter | g/kg ^{0,75} KM | 128 | 138 | 137 | 129 | 127 | 121 | 134 | 147 | 17 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| NDF-Aufnahme | g/kg KM | 10,5 | 11,7 | 11,9 | 11,1 | 11,4 | 11,0 | 11,1 | 11,5 | 1,6 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Inhaltsstoffe im Grundfutter und Gesamtfutter | | | | | | | | | | | | | |
| Rohfaser Grundfutter | g/kg TM | 244 | 246 | 247 | 245 | 234 | 249 | 249 | 250 | 16 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| NDF Grundfutter | g/kg TM | 461 | 463 | 464 | 462 | 454 | 464 | 465 | 466 | 21 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Rohprotein Grundfutter | g/kg TM | 131 | 131 | 130 | 130 | 152 | 123 | 123 | 123 | 21 | 0,014 | <0,001 | 0,024 |
| nXP Grundfutter | g/kg TM | 130 | 130 | 130 | 130 | 132 | 129 | 129 | 129 | 3 | 0,489 | <0,001 | 0,001 |
| ME Grundfutter | MJ/kg TM | 9,92 | 9,94 | 9,95 | 9,97 | 10,01 | 9,94 | 9,91 | 9,92 | 0,22 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| NEL Grundfutter | MJ/kg TM | 5,91 | 5,92 | 5,93 | 5,94 | 5,99 | 5,91 | 5,90 | 5,90 | 0,16 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Rohfaser Gesamtfutter | g/kg TM | 220 | 222 | 221 | 218 | 228 | 240 | 213 | 201 | 16 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| NDF Gesamtfutter | g/kg TM | 427 | 430 | 428 | 424 | 445 | 451 | 415 | 398 | 21 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Rohprotein Gesamtfutter | g/kg TM | 142 | 141 | 141 | 142 | 152 | 127 | 140 | 146 | 19 | 0,331 | <0,001 | 0,031 |
| nXP Gesamtfutter | g/kg TM | 138 | 138 | 138 | 139 | 134 | 132 | 141 | 145 | 7 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| ME Gesamtfutter | MJ/kg TM | 10,28 | 10,29 | 10,32 | 10,36 | 10,12 | 10,07 | 10,43 | 10,63 | 0,22 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| NEL Gesamtfutter | MJ/kg TM | 6,17 | 6,18 | 6,20 | 6,23 | 6,06 | 6,01 | 6,28 | 6,42 | 0,16 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Nährstoffaufnahme | | | | | | | | | | | | | |
| nXP Grundfutter | g/Tag | 1,875 | 1,883 | 1,731 | 1,660 | 1,948 | 1,803 | 1,772 | 1,623 | 239 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| NEL Grundfutter | MJ/Tag | 85,2 | 85,6 | 78,9 | 75,8 | 88,4 | 82,4 | 80,9 | 74,1 | 11 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Rohfaser Gesamtfutter | g/Tag | 3,821 | 3,877 | 3,543 | 3,352 | 3,537 | 3,520 | 3,656 | 3,881 | 507 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| NDF Gesamtfutter | g/Tag | 7,434 | 7,518 | 6,871 | 6,527 | 6,916 | 6,621 | 7,122 | 7,692 | 911 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Rohprotein Gesamtfutter | g/Tag | 2,489 | 2,492 | 2,278 | 2,195 | 2,368 | 1,867 | 2,397 | 2,822 | 394 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| nXP Gesamtfutter | g/Tag | 2,411 | 2,424 | 2,230 | 2,145 | 2,085 | 1,940 | 2,412 | 2,804 | 267 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| NEL Gesamtfutter | MJ/Tag | 108,2 | 109,0 | 100,3 | 96,5 | 94,3 | 88,2 | 107,6 | 124,0 | 13,5 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Futterniveau (APL) | | | | | | | | | | | | | |
| Vielfaches der Erhaltung | | 2,69 | 2,90 | 2,90 | 2,74 | 2,64 | 2,48 | 2,89 | 3,23 | 0,38 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Energie-Bedarf | MJ NEL/Tag | 113,1 | 116,7 | 105,3 | 97,0 | 97,1 | 94,2 | 112,9 | 128,0 | 13,0 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Deckung NEL-Bedarf | MJ/Tag | -4,9 | -7,7 | -5,0 | -0,5 | -2,8 | -6,0 | -5,2 | -4,0 | 14,2 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Deckung NEL-Bedarf | % des Bedarfs | 95,6 | 93,3 | 95,2 | 99,4 | 97,2 | 93,7 | 95,5 | 97,1 | 13,8 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Milchleistung | | | | | | | | | | | | | |
| Milchleistung | kg | 21,4 | 23,8 | 19,6 | 18,6 | 18,2 | 17,5 | 21,9 | 25,7 | 3,7 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Fettgehalt | % | 4,29 | 4,26 | 4,76 | 4,28 | 4,29 | 4,33 | 4,47 | 4,49 | 0,57 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Eiweißgehalt | % | 3,47 | 3,21 | 3,59 | 3,26 | 3,36 | 3,20 | 3,42 | 3,55 | 0,27 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Laktosegehalt | % | 4,65 | 4,63 | 4,60 | 4,55 | 4,62 | 4,62 | 4,59 | 4,59 | 0,15 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Energiegehalt | MJ/kg | 3,30 | 3,22 | 3,50 | 3,23 | 3,27 | 3,24 | 3,35 | 3,38 | 0,26 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Milchleistung | kg ECM | 22,1 | 24,0 | 21,4 | 18,7 | 18,6 | 17,8 | 22,9 | 27,2 | 3,8 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Effizienz | | | | | | | | | | | | | |
| Körpermasse-Effizienz | kg ECM/kg ^{0,75} KM | 0,161 | 0,187 | 0,182 | 0,156 | 0,152 | 0,146 | 0,180 | 0,207 | 0,030 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Futter-Effizienz | kg ECM/kg TM | 1,26 | 1,36 | 1,33 | 1,21 | 1,20 | 1,21 | 1,34 | 1,41 | 0,25 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Energie-Effizienz | kg ECM/MJ NEL | 0,204 | 0,220 | 0,214 | 0,194 | 0,197 | 0,202 | 0,213 | 0,220 | 0,041 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |

Tabelle 4: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf Körpermasse, Futter- und Nährstoffaufnahme, Rationskriterien, Milchleistung sowie Effizienz (Wechselwirkung Genotyp × Futterniveau)

| Merkmal | Weide | | | | KF05 | | | | KF20 | | | | KF35 | | | | |
|--|------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| | FV ₁₀₀ | HO _{HL} | HO _{RZ} | HO _{LL} | FV ₁₀₀ | HO _{HL} | HO _{RZ} | HO _{LL} | FV ₁₀₀ | HO _{HL} | HO _{RZ} | HO _{LL} | FV ₁₀₀ | HO _{HL} | HO _{RZ} | HO _{LL} | |
| Körpermasse | kg | 681 | 618 | 559 | 571 | 675 | 613 | 554 | 566 | 719 | 655 | 589 | 603 | 691 | 609 | 622 | |
| Body Condition Score | Punkte (1-5) | 2,98 | 2,81 | 3,03 | 2,95 | 2,95 | 2,80 | 3,00 | 2,93 | 3,15 | 2,98 | 3,20 | 3,13 | 3,29 | 3,09 | 3,31 | |
| Futteraufnahme (pro Tag) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Grundfutter | kg TM | 15,52 | 15,33 | 14,39 | 13,82 | 14,61 | 14,50 | 13,57 | 13,04 | 14,40 | 14,48 | 13,28 | 12,71 | 13,16 | 13,56 | 12,03 | 11,47 |
| Kraffutter | kg TM | 0,80 | 0,82 | 0,77 | 0,71 | 0,79 | 0,75 | 0,73 | 0,67 | 3,58 | 3,64 | 3,30 | 3,20 | 7,12 | 7,27 | 6,45 | 6,20 |
| Gesamtfutter | kg TM | 16,32 | 16,16 | 15,16 | 14,54 | 15,40 | 15,24 | 14,30 | 13,72 | 17,98 | 18,12 | 16,58 | 15,91 | 20,28 | 20,83 | 18,48 | 17,67 |
| Gesamtfutter | % der KM | 2,40 | 2,61 | 2,71 | 2,55 | 2,28 | 2,49 | 2,58 | 2,42 | 2,50 | 2,77 | 2,81 | 2,64 | 2,71 | 3,01 | 3,04 | 2,84 |
| Gesamtfutter | g/kg ^{0,75} KM | 122 | 130 | 132 | 124 | 116 | 124 | 125 | 118 | 129 | 140 | 139 | 131 | 142 | 155 | 151 | 142 |
| NDF-Aufnahme | g/kg KM | 10,6 | 11,7 | 12,2 | 11,3 | 10,3 | 11,3 | 11,6 | 10,9 | 10,3 | 11,6 | 11,7 | 10,9 | 10,9 | 12,0 | 12,1 | 11,2 |
| Inhaltsstoffe im Grundfutter und Gesamtfutter | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rohfaser Grundfutter | g/kg TM | 231 | 235 | 237 | 233 | 248 | 250 | 249 | 249 | 247 | 250 | 249 | 249 | 251 | 249 | 252 | 250 |
| NDF Grundfutter | g/kg TM | 451 | 456 | 458 | 452 | 463 | 466 | 464 | 464 | 463 | 467 | 464 | 465 | 467 | 465 | 468 | 465 |
| Rohprotein Grundfutter | g/kg TM | 152 | 152 | 150 | 153 | 123 | 125 | 123 | 122 | 125 | 124 | 122 | 122 | 125 | 123 | 123 | 122 |
| nXP Grundfutter | g/kg TM | 132 | 132 | 132 | 132 | 129 | 130 | 130 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 130 |
| ME Grundfutter | MJ/kg TM | 10,00 | 10,00 | 10,01 | 10,04 | 9,93 | 9,92 | 9,95 | 9,94 | 9,88 | 9,90 | 9,95 | 9,91 | 9,87 | 9,93 | 9,89 | 9,97 |
| NEL Grundfutter | MJ/kg TM | 5,98 | 5,97 | 5,98 | 6,01 | 5,91 | 5,90 | 5,92 | 5,92 | 5,88 | 5,89 | 5,92 | 5,90 | 5,87 | 5,91 | 5,88 | 5,94 |
| Rohfaser Gesamtfutter | g/kg TM | 225 | 229 | 230 | 226 | 239 | 242 | 240 | 239 | 212 | 216 | 213 | 212 | 203 | 202 | 201 | 197 |
| NDF Gesamtfutter | g/kg TM | 442 | 447 | 449 | 442 | 451 | 454 | 450 | 450 | 414 | 419 | 414 | 413 | 401 | 400 | 399 | 392 |
| Rohprotein Gesamtfutter | g/kg TM | 153 | 153 | 151 | 153 | 127 | 128 | 127 | 127 | 141 | 139 | 139 | 140 | 146 | 145 | 147 | 147 |
| nXP Gesamtfutter | g/kg TM | 134 | 134 | 134 | 135 | 132 | 132 | 133 | 133 | 141 | 140 | 141 | 141 | 144 | 145 | 145 | 146 |
| ME Gesamtfutter | MJ/kg TM | 10,11 | 10,10 | 10,12 | 10,16 | 10,05 | 10,05 | 10,09 | 10,09 | 10,40 | 10,41 | 10,47 | 10,46 | 10,56 | 10,62 | 10,62 | 10,73 |
| NEL Gesamtfutter | MJ/kg TM | 6,06 | 6,05 | 6,06 | 6,09 | 6,00 | 5,99 | 6,03 | 6,03 | 6,26 | 6,26 | 6,30 | 6,29 | 6,37 | 6,41 | 6,41 | 6,49 |
| Nährstoffaufnahme | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| nXP Grundfutter | g/Tag | 2,046 | 2,023 | 1,896 | 1,827 | 1,890 | 1,879 | 1,758 | 1,686 | 1,862 | 1,869 | 1,716 | 1,640 | 1,698 | 1,755 | 1,552 | 1,485 |
| NEL Grundfutter | MJ/Tag | 92,9 | 91,6 | 86,1 | 83,1 | 86,4 | 85,6 | 80,4 | 77,2 | 84,7 | 85,3 | 78,6 | 74,9 | 77,2 | 80,2 | 70,7 | 68,1 |
| Rohfaser Gesamtfutter | g/Tag | 3,671 | 3,703 | 3,491 | 3,282 | 3,685 | 3,685 | 3,429 | 3,280 | 3,817 | 3,909 | 3,531 | 3,366 | 4,111 | 4,212 | 3,720 | 3,480 |
| NDF Gesamtfutter | g/Tag | 7,208 | 7,225 | 6,802 | 6,428 | 6,947 | 6,925 | 6,443 | 6,170 | 7,443 | 7,599 | 6,869 | 6,576 | 8,140 | 8,323 | 7,370 | 6,935 |
| Rohprotein Gesamtfutter | g/Tag | 2,494 | 2,465 | 2,282 | 2,231 | 1,954 | 1,953 | 1,823 | 1,739 | 2,543 | 2,524 | 2,299 | 2,220 | 2,965 | 3,024 | 2,709 | 2,589 |
| nXP Gesamtfutter | g/Tag | 2,188 | 2,164 | 2,032 | 1,956 | 2,032 | 2,014 | 1,896 | 1,818 | 2,529 | 2,540 | 2,334 | 2,243 | 2,927 | 3,011 | 2,685 | 2,589 |
| NEL Gesamtfutter | MJ/Tag | 98,9 | 97,7 | 91,9 | 88,6 | 92,4 | 91,3 | 86,2 | 82,7 | 112,5 | 113,4 | 104,5 | 100,1 | 129,2 | 133,5 | 118,5 | 114,7 |
| Futterniveau (APL) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Energie-Bedarf | MJ/NEL/Tag | 101,9 | 102,8 | 95,4 | 88,3 | 98,9 | 99,7 | 92,5 | 85,7 | 118,0 | 122,2 | 109,9 | 101,3 | 133,8 | 142,2 | 123,3 | 112,6 |
| Deckung NEL-Bedarf | MJ/Tag | -3,0 | -5,1 | -3,5 | 0,3 | -6,5 | -8,3 | -6,3 | -3,0 | -5,5 | -8,8 | -5,4 | -1,2 | -4,6 | -8,7 | -4,8 | 2,0 |
| Deckung NEL-Bedarf | % des Bedarfs | 97,1 | 95,0 | 96,3 | 100,3 | 93,4 | 91,6 | 93,2 | 96,4 | 95,3 | 92,8 | 95,1 | 98,9 | 96,6 | 93,9 | 96,1 | 101,8 |
| Milchleistung | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Milchleistung | kg | 18,74 | 20,27 | 17,37 | 16,46 | 18,05 | 19,53 | 16,74 | 15,86 | 22,53 | 25,14 | 20,58 | 19,51 | 26,47 | 30,33 | 23,76 | 22,40 |
| Fettgehalt | % | 4,19 | 4,16 | 4,65 | 4,18 | 4,22 | 4,19 | 4,69 | 4,22 | 4,36 | 4,33 | 4,84 | 4,36 | 4,38 | 4,35 | 4,86 | 4,38 |
| Eiweißgehalt | % | 3,45 | 3,20 | 3,56 | 3,24 | 3,28 | 3,05 | 3,39 | 3,08 | 3,51 | 3,24 | 3,63 | 3,30 | 3,64 | 3,35 | 3,77 | 3,43 |
| Laktosegehalt | % | 4,67 | 4,64 | 4,61 | 4,56 | 4,67 | 4,64 | 4,61 | 4,56 | 4,64 | 4,61 | 4,58 | 4,53 | 4,63 | 4,61 | 4,58 | 4,53 |
| Energiegehalt | MJ/kg | 3,25 | 3,18 | 3,45 | 3,18 | 3,23 | 3,16 | 3,43 | 3,16 | 3,33 | 3,25 | 3,54 | 3,26 | 3,37 | 3,28 | 3,58 | 3,30 |
| Milchleistung | kg ECM | 19,06 | 20,14 | 18,74 | 16,38 | 18,22 | 19,27 | 17,93 | 15,67 | 23,46 | 25,56 | 22,74 | 19,89 | 27,88 | 31,14 | 26,58 | 23,10 |
| Effizienz | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Körpermasse-Effizienz | kg ECM/kg ^{0,75} KM | 0,143 | 0,162 | 0,163 | 0,140 | 0,138 | 0,156 | 0,157 | 0,135 | 0,169 | 0,197 | 0,190 | 0,163 | 0,195 | 0,231 | 0,217 | 0,186 |
| Futter-Effizienz | kg ECM/kg TM | 1,17 | 1,25 | 1,24 | 1,13 | 1,18 | 1,26 | 1,25 | 1,14 | 1,30 | 1,41 | 1,37 | 1,25 | 1,37 | 1,50 | 1,44 | 1,31 |
| Energie-Effizienz | kg ECM/MJ NEL | 0,193 | 0,206 | 0,204 | 0,185 | 0,197 | 0,211 | 0,208 | 0,199 | 0,209 | 0,225 | 0,218 | 0,199 | 0,216 | 0,233 | 0,224 | 0,201 |

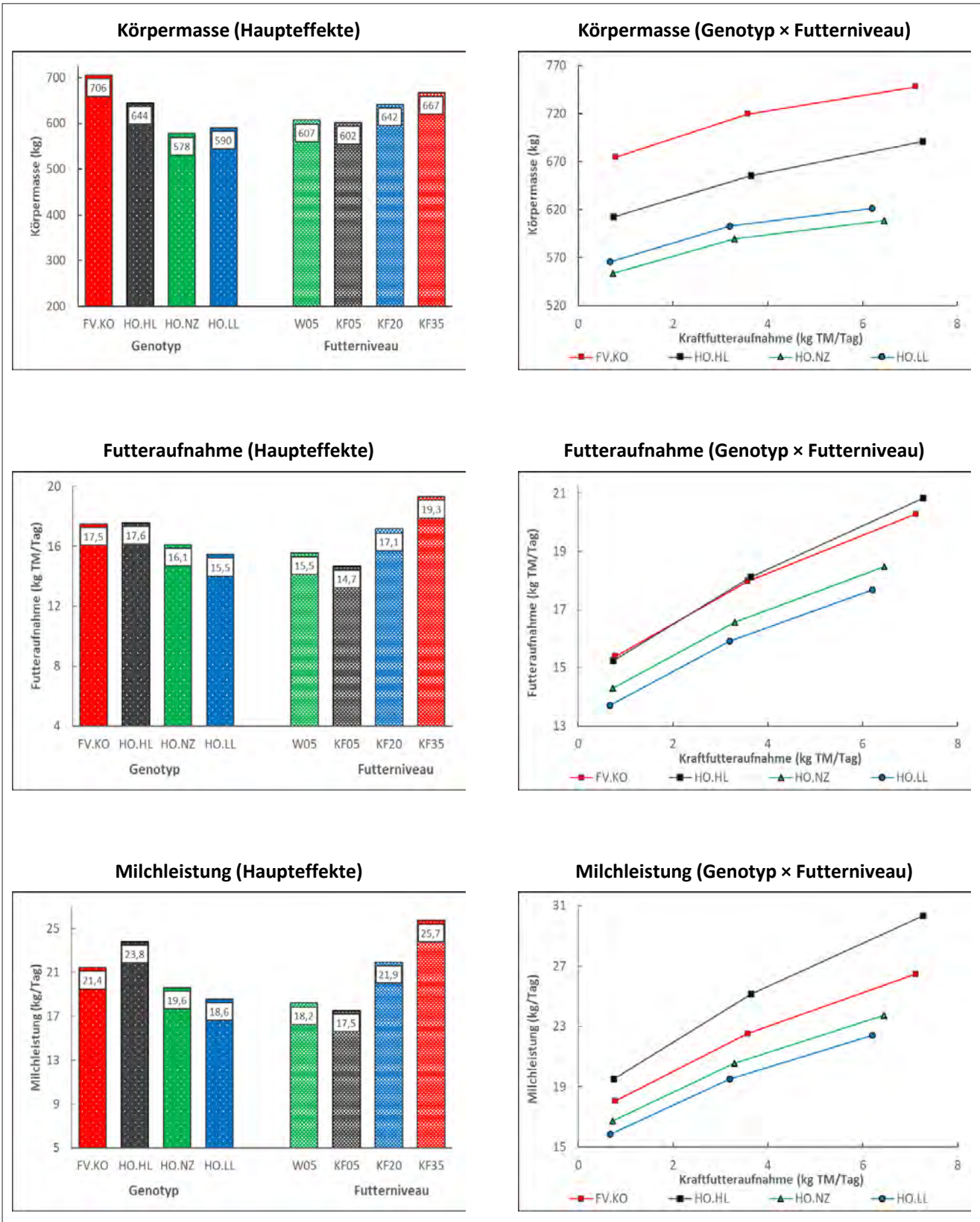


Abbildung 2a: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf Körpermasse, Futterraufnahme und Milchleistung

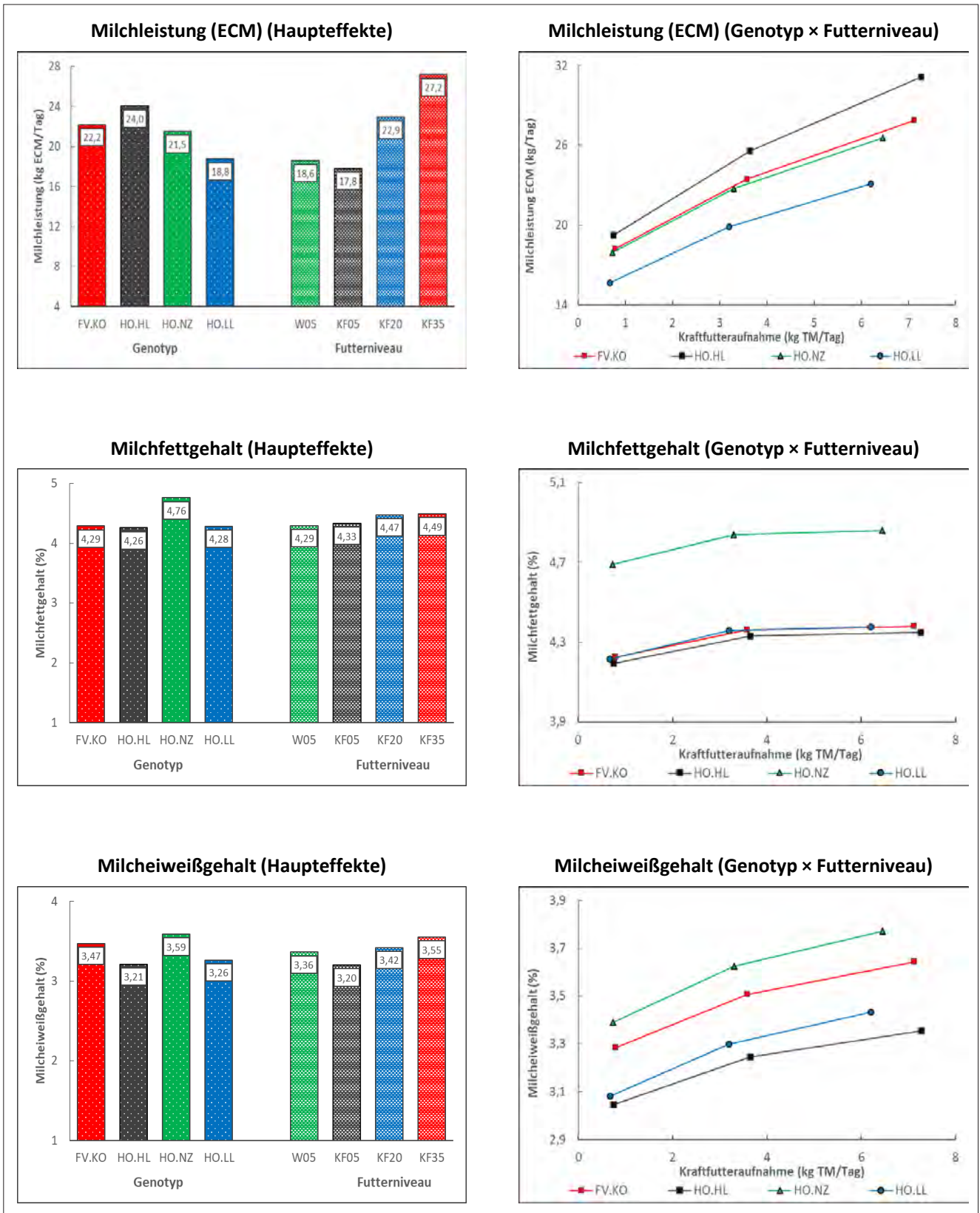
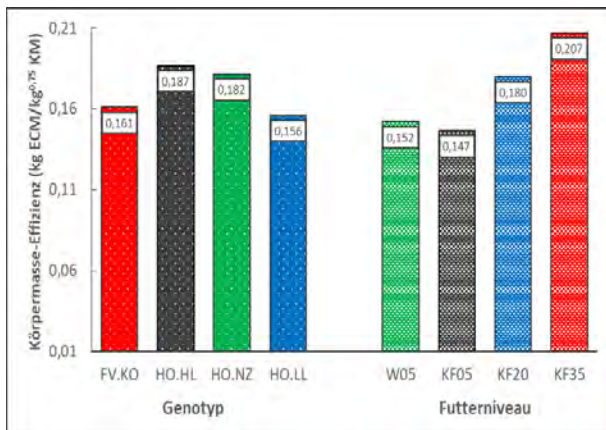
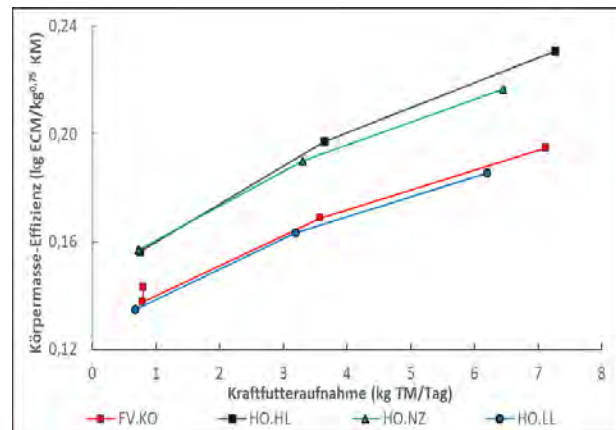


Abbildung 2b: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf Milchleistung (ECM) und Milchinhaltsstoffe

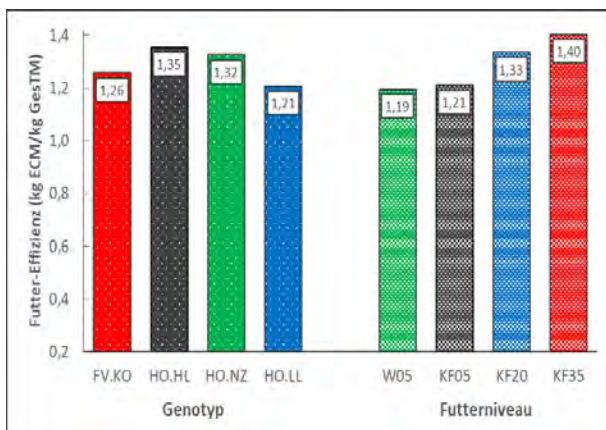
Körpermasse-Effizienz (Haupteffekte)



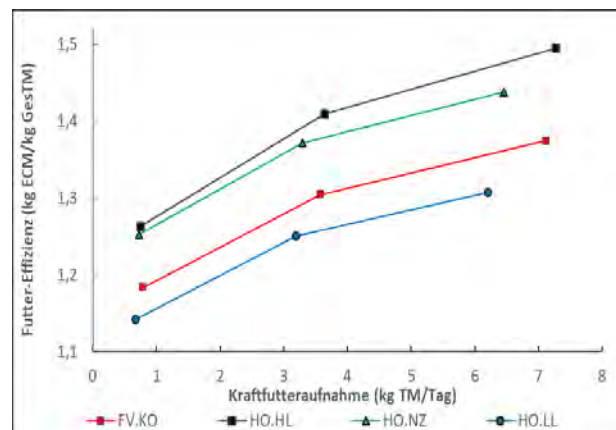
Körpermasse-Effizienz (Genotyp × Futterniveau)



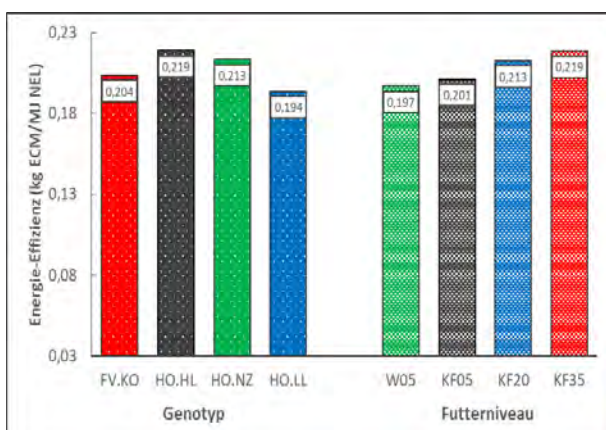
Futter-Effizienz (Haupteffekte)



Futter-Effizienz (Genotyp × Futterniveau)



Energie-Effizienz (Haupteffekte)



Energie-Effizienz (Genotyp × Futterniveau)

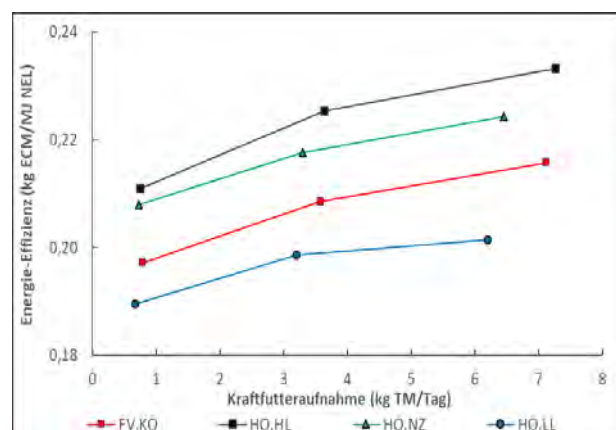


Abbildung 2c: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf die Körpermasse-, Futter- und Energie-Effizienz, (linke Seite Haupteffekte, rechte Seite Wechselwirkung)

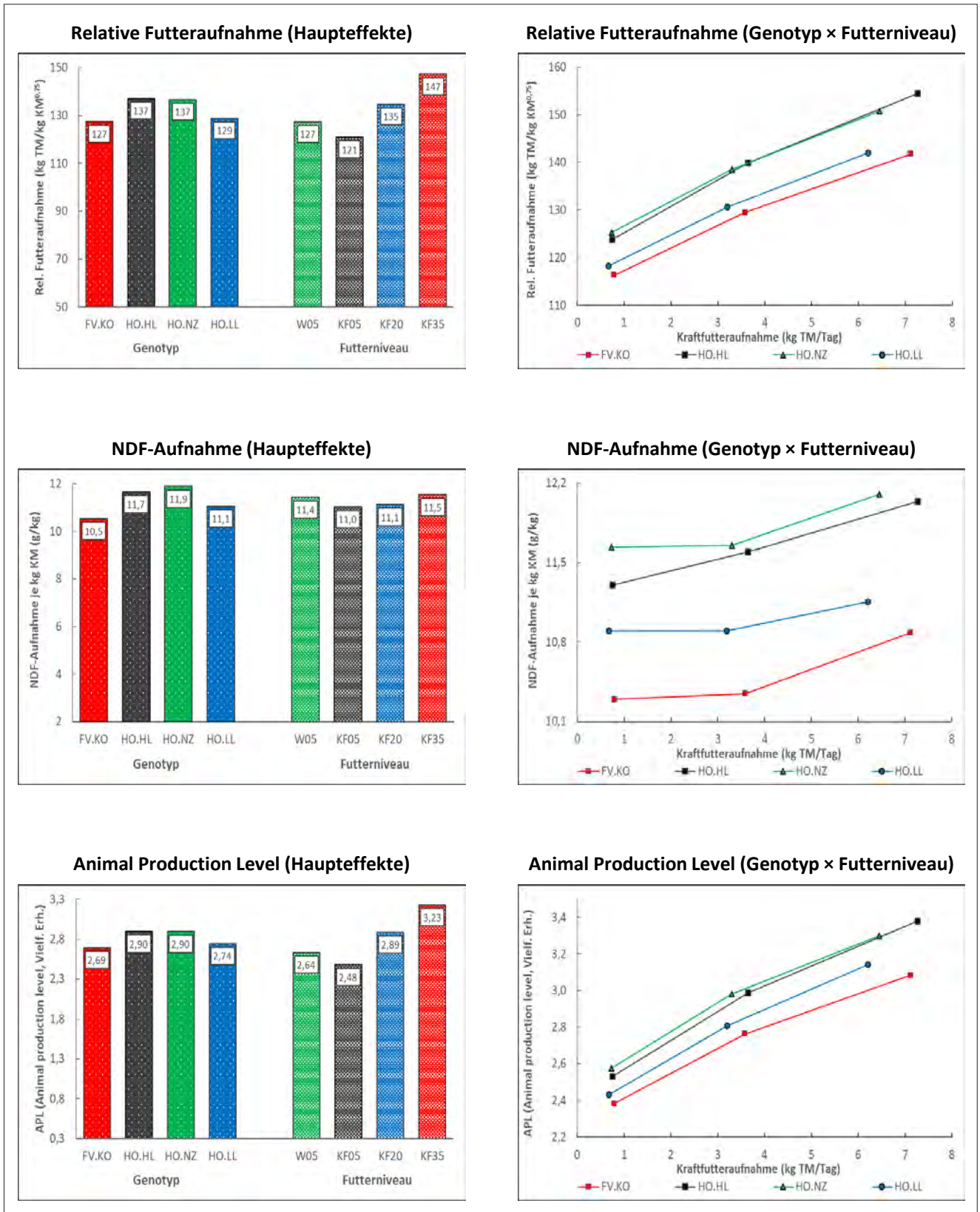


Abbildung 2d: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf relative Futteraufnahme, NDF-Aufnahme und Animal Production Level, (linke Seite Haupteffekte, rechte Seite Wechselwirkung)

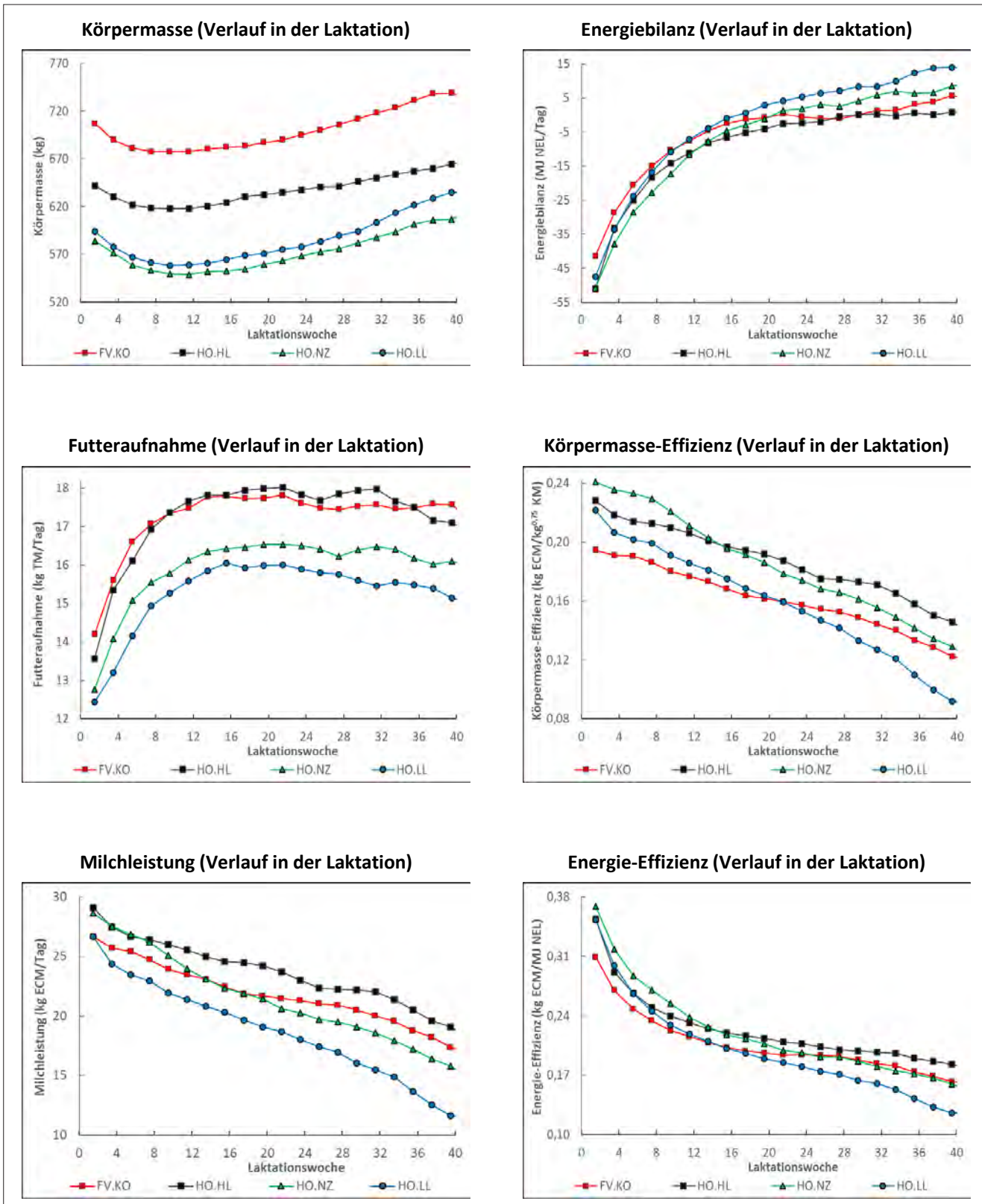
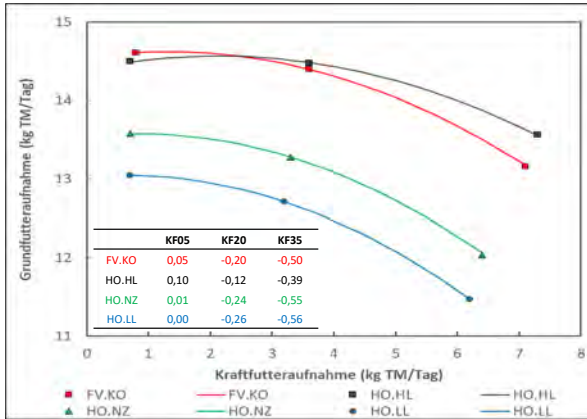
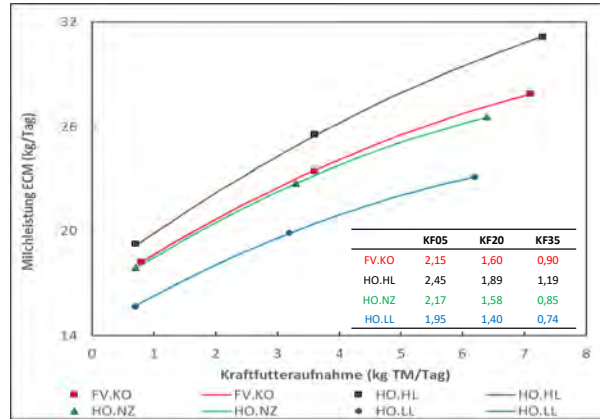


Abbildung 3: Einfluss des Laktationsstadiums auf Körpermasse, Futteraufnahme, Milchleistung, Energiebilanz und Effizienz auf die vier Genotypen (FV_{KO}, HO_{HL}, HO_{NZ}, HO_{LL})

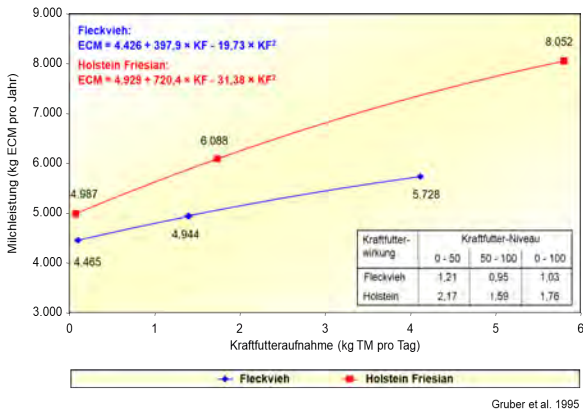
Grundfutterverdrängung [MilchEffizienz]



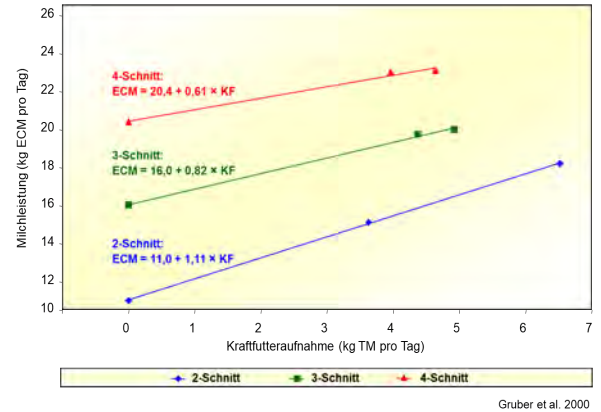
Steigerung der Milchleistung [MilchEffizienz]



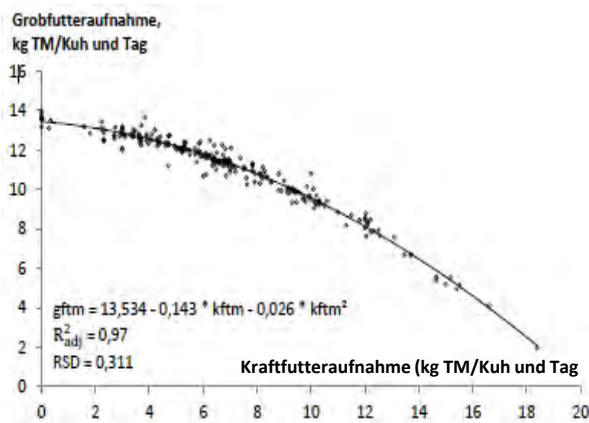
Steigerung der Milchleistung [Grundfutterversuch]



Steigerung der Milchleistung [GrundfutterversuchII]



Grundfutterverdrängung [Gerster 2020]



Steigerung der Milchleistung [Gerster 2020]

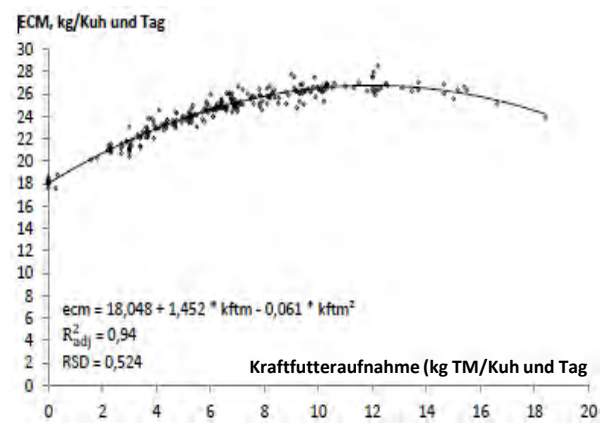


Abbildung 4: Einfluss von Kraftfutter auf die Verdrängung des Grundfutters und die Steigerung der Milchleistung (Versuchsergebnisse und Literaturdaten)

Vergleichsversuche mit hochleistenden Holstein aus amerikanischer Zuchtichtung vs. Holstein aus Neuseeland wurden in den vergangenen Jahren besonders in Irland (LINNANE et al. 2004, HORAN et al. 2005 und 2006; McCarthy et al. 2007abc, COLEMAN et al. 2010), Neuseeland (ROCHE et al. 2006, MACDONALD et al. 2008, SHEAHAN et al. 2011) und der Schweiz (PICCAND et al. 2013, THANNER et al. 2014) durchgeführt. Wie HARRIS und KOLVER (2001) feststellten, weisen die Hochleistungstypen aus Nordamerika eine höhere Milchleistung bei niedrigeren Milchinhaltsstoffen auf, sowie auch eine höhere Körpermasse, allerdings verbunden mit verminderter Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer. Dies ist im Wesentlichen auch das Ergebnis des vorliegenden Projektes.

3.1.2 Effekte des Futterniveaus

In der vorliegenden Arbeit wird der Aspekt der Weidefütterung nur kurz angesprochen (es ist eine gesonderte Veröffentlichung geplant). Kurz zusammengefasst, wies die Weide-Gruppe eine um knapp 1 kg TM höhere Grund- und Gesamtfutter-Aufnahme auf und die Milchleistung war um 0,7 kg höher als in der hinsichtlich Kraftfutter vergleichbaren Stall-Gruppe KF05.

Die weiteren Ausführungen konzentrieren sich auf den Einfluss des Futterniveaus (d. h. steigender Kraftfutteranteil in der Ration) auf Futteraufnahme, Milchleistung und Effizienz. Die höheren Kraftfuttergaben führten zu höherer Körpermasse (602, 642, 667 kg bei KF05, KF20, KF35) und auch höheren BCS-Werten (2,92 Pkte, 3,12 Pkte, 3,27 Pkte). Diese Zahlen besagen, dass die Kühe (im Mittel aller Genotypen) ohne bzw. mit wenig Kraftfutter energetisch unterversorgt waren, wie auch die rechnerische Energie-Bilanz ausweist. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass dies eine Bilanz über die gesamte Laktation darstellt, die bekanntermaßen sehr stark vom Laktationsstadium beeinflusst wird (siehe *Abbildung 3*). Zu Laktationsende ist die Energiebilanz von HO_{LL} , aber auch von HO_{NZ} , in größerem Ausmaß positiv als jene des Genotyps HO_{HL} , FV_{KO} liegt diesbezüglich im mittleren Bereich.

Durch die im Versuchsplan vorgegebenen Kraftfutteranteile (5, 20 und 35 % der TM) ergaben sich im Mittel aller Genotypen durchschnittliche Kraftfutteraufnahmen von 0,7 kg, 3,4 kg und 6,8 kg TM. Die Gesamtfutter-Aufnahme erhöhte sich dadurch von 14,7 kg auf 17,1 kg bzw. 19,3 kg TM. Gleichzeitig ging die Grundfutteraufnahme von 13,9 auf 13,7 bzw. 12,6 kg TM zurück. Die Milchleistung (ECM) erhöhte sich von 17,8 kg auf 22,9 kg bzw. 27,2 kg. Der Gehalt der Gesamtration an Faser betrug 240, 213 und 201 g Rohfaser/kg TM bzw. 451, 415 und 398 g NDF/kg TM. Dies wird nach verschiedenen Quellen auch für die hohe Kraftfutter-Gruppe KF35 als noch wiederkäuergerecht (d. h. ausreichend für stabile Pansenfunktionen) bezeichnet (KAUFMANN 1976, VAN HOUTERT 1993, ZEBELI et al. 2012). Die Auswirkungen der steigenden Kraftfuttergaben auf Futteraufnahme und Milchleistung sind in *Übersicht 1* zusammengefasst. Die Grundfütterungsverdrängung (pro kg Kraftfutter-TM) ist von der 1. zur 2. Kraftfutter-Stufe mit 0,08 sehr gering, entsprechend die Steigerung der Gesamtfuttermenge (0,92) und der Milchleistung (1,91) relativ hoch. Mit steigendem Kraftfutterniveau (von der 2. zur 3. Stufe) erhöht sich die Grundfütterungsverdrängung (0,35) und verringert sich die Steigerung der Gesamtfutter-

Übersicht 1: Auswirkungen der Kraftfuttermenge auf Futteraufnahme und Milchleistung (Haupteffekt Futterniveau)

| Kraftfutter-Gruppe | KF05 | KF20 | KF35 | KF20-KF05 | KF35-KF20 | KF35-KF05 | KF20-KF05 | KF35-KF20 | KF35-KF05 |
|------------------------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|----------------------------------|-----------|-----------|
| Kraftfutter (kg TM) | 0,73 | 3,43 | 6,76 | 2,70 | 3,33 | 6,03 | Veränderung je kg TM Kraftfutter | | |
| Grundfutter (kg TM) | 13,93 | 13,72 | 12,55 | -0,21 | -1,16 | -1,38 | -0,08 | -0,35 | -0,23 |
| Gesamtfutter (kg TM) | 14,67 | 17,15 | 19,31 | 2,48 | 2,17 | 4,65 | 0,92 | 0,65 | 0,77 |
| Milchleistung (kg ECM) | 17,78 | 22,94 | 27,22 | 5,16 | 4,28 | 9,44 | 1,91 | 1,28 | 1,57 |

aufnahme (0,65) sowie der Milchleistung (1,28). Im Mittel des gesamten Versuches errechnet sich eine durchschnittliche Grundfuttermittelverdrängung von 0,23 sowie eine Steigerung der Gesamtfuttermittelaufnahme von 0,77 und der Milchleistung von 1,57. Dies ist sehr ähnlich den Ergebnissen eines ebenfalls langfristigen Versuches von GRUBER et al. (1995) mit den Rassen Fleckvieh und Holstein bei unterschiedlichen Kraftfutterniveaus und Grundfütterqualitäten.

Eine zusammenfassende Auswertung der Fütterungsversuche an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein aus dem Zeitraum 1983 - 2006 hinsichtlich des Einflusses der Kraftfuttermenge ergab eine durchschnittliche Grundfütterverdrängung von 0,51 kg TM pro kg Kraftfütter-TM und eine Steigerung der Milchleistung von 0,95 kg ECM (GRUBER 2007). Die Ursachen für diesen Rückgang der Grundfütteraufnahme liegen einerseits in der erhöhten Säureproduktion aus der Fermentation der Nichtfaser-Kohlenhydrate des Kraftfütters, welche besonders die auf den Abbau der Faserstoffe spezialisierten Pansenmikroben schädigt und damit sowohl die Verdaulichkeit als auch die Futtermittelaufnahme des Grundfütters vermindert. Andererseits steigt mit der Kraftfütteraufnahme auch der Energieversorgungsgrad des Wirtstieres. Bei einer über dem Bedarf liegenden Energieaufnahme tritt verstärkt die physiologische Regulation der Futtermittelaufnahme in Kraft, da die Aufrechterhaltung einer ausgeglichenen Energiebilanz das oberste Regulationsprinzip der Futtermittelaufnahmesteuerung darstellt (WANGSNESS und MULLER 1981, FAVERDIN et al. 1991, MERTENS 1994, GRUBER et al. 2004). Bei einer über dem Bedarf liegenden Kraftfüttermenge ist daher von einer hohen Verdrängungsrate von bis zu 1,0 auszugehen.

In der Steigerung der Milchleistung durch Kraftfütter zeigten sich allerdings sehr große Unterschiede in Abhängigkeit von der Anwendungsdauer eines bestimmten Kraftfütter-niveaus. Im Durchschnitt aller Versuche machte der Anstieg an Milchleistung durch Kraftfütter 0,90 kg Milch bzw. 0,95 kg ECM aus. Bei kurzfristigen Versuchen stieg die Milchleistung nur um 0,45 kg an, bei mittelfristiger Anwendung um 1,07 kg und bei langfristiger Fütterung eines bestimmten Kraftfütter-niveaus (über eine ganze Laktation) stieg sie um 1,34 kg ECM pro kg Kraftfütter-TM. Dies kommt dem theoretisch möglichen Wert von 1,63 kg ECM nahe. Bei kurzfristiger Anwendung eines Fütter-niveaus ist es möglich, dass Energieversorgung und Milchleistung nicht vollständig übereinstimmen, weil Kühe versuchen, ihre Milchleistung entsprechend dem genetischen Potenzial beizubehalten. Bei Unterversorgung mobilisieren sie aus den Fettreserven ihres Körpers, bei Überversorgung legen sie Körperreserven an. Wenn die Körperreserven allerdings aufgebraucht sind, wird die Milchleistung der Energieversorgung mehr oder weniger entsprechen.

Im vorliegenden Projekt erhöhte sich mit steigendem Kraftfütter-niveau der Energieversorgungsgrad von 94 auf 96 bzw. 97 % des Bedarfs und das Fütter-niveau erreichte einen Wert von 2,48, 2,89 bzw. 3,23 APL. Durch die erhöhte Energieaufnahme steigerte sich auch die Effizienz, allerdings vor allem nur die Körpermasse-Effizienz (100, 123, 142 %), weniger die Futter-Effizienz (100, 110, 116 %) und nur in relativ geringem Ausmaß die Energie-Effizienz (100, 106, 109 %). Daran wird die oben diskutierte, relativ geringe Response der Milchleistung auf Kraftfütter sichtbar. Dies gilt allerdings nur im Mittel aller Genotypen, wie der folgende Abschnitt zeigt. Hinsichtlich Grundfütterverdrängung und Milchleistungssteigerung durch Kraftfütter bestehen deutliche Unterschiede zwischen den Genotypen und außerdem spielt das Kraftfütter-niveau eine bedeutende Rolle.

3.1.3 Effekte der Wechselwirkung Genotyp × Futterniveau

Die vorangegangenen Ausführungen zum Laktationsverlauf haben gezeigt, dass die vier Genotypen des vorliegenden Projektes unterschiedliche Ergebnisse in Abhängigkeit vom Laktationsstadium aufweisen, also eine Wechselwirkung zwischen Genotyp und Laktationsstadium besteht. Eine weitere signifikante Wechselwirkung trat auch zwischen Genotyp und Futterniveau auf, und zwar in allen Merkmalen. Die LS-Means der Wechselwirkungen, also der 16 Untergruppen Genotyp × Futterniveau, sind in *Tabelle 4* sowie den *Abbildungen 2a bis 2d* (rechte Seite) angeführt.

Der Anstieg an Körpermasse mit dem Kraftfutterniveau ist bei den hochleistenden HO am höchsten, weil diese bei geringer Energieversorgung am stärksten mobilisieren. Die – gemessen am Energiebedarf – zu hohe Energieversorgung der Genotypen HO_{LL} und HO_{NZ} (z. T. auch FV_{KO}) in der zweiten Laktationshälfte führt zu einem Fettansatz, der sich in der Körpermasse nicht so stark abbildet, jedoch im BCS festgestellt wurde. Das steigende Kraftfutterangebot erhöhte die Futter- und Energie-Aufnahme umso mehr, je höher das Milchleistungspotenzial war (HO_{HL} > HO_{NZ} > FV_{KO} > HO_{LL}), was sich mit der physiologischen Steuerung der Futtermittel-Aufnahme bei energiereichen Rationen erklärt (WANGSNESS und MULLER 1981, MERTENS 1994). Die Auswirkungen der steigenden Kraftfuttermengen auf Futteraufnahme und Milchleistung in den 12 Untergruppen sind in *Übersicht 2* zusammengefasst.

Übersicht 2: Auswirkungen der Kraftfuttermenge auf Futteraufnahme und Milchleistung (Wechselwirkung Genotyp × Futterniveau)

| | Grundfutteraufnahme (kg TM) | | | | Milchleistung (kg ECM) | | | |
|------|--|------------------|------------------|------------------|---|------------------|------------------|------------------|
| | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | HO _{LL} | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | HO _{LL} |
| | Kraftfutteraufnahme (kg TM/Tag) | | | | | | | |
| KF05 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| KF20 | 3,6 | 3,6 | 3,3 | 3,2 | 3,6 | 3,6 | 3,3 | 3,2 |
| KF35 | 7,1 | 7,3 | 6,4 | 6,2 | 7,1 | 7,3 | 6,4 | 6,2 |
| | Grundfutteraufnahme (kg TM/Tag) | | | | Milchleistung (kg ECM/Tag) | | | |
| KF05 | 14,6 | 14,5 | 13,6 | 13,0 | 18,2 | 19,3 | 17,9 | 15,7 |
| KF20 | 14,4 | 14,5 | 13,3 | 12,7 | 23,5 | 25,6 | 22,7 | 19,9 |
| KF35 | 13,2 | 13,6 | 12,0 | 11,5 | 27,9 | 31,1 | 26,6 | 23,1 |
| | Grundfutter-Verdrängung (kg TM GF/kg TM KF) | | | | Steigerung Milchleistung (kg ECM/kg TM KF) | | | |
| KF05 | 0,05 | 0,10 | 0,01 | 0,00 | 2,15 | 2,45 | 2,17 | 1,95 |
| KF20 | -0,20 | -0,12 | -0,24 | -0,26 | 1,60 | 1,89 | 1,58 | 1,40 |
| KF35 | -0,50 | -0,39 | -0,55 | -0,56 | 0,90 | 1,19 | 0,85 | 0,74 |

Bei allen Genotypen führte das zunehmende Kraftfutterangebot zu einem Anstieg der Milchleistung, der allerdings mit der Höhe der Kraftfuttermenge zurückging (abnehmender Ertragszuwachs nach MITSCHERLICH). Bei den Kühen mit dem höchsten Leistungspotenzial (HO_{HL}) zeigte sich die höchste Leistungssteigerung durch das zunehmende Kraftfutterangebot und bei HO_{LL} die geringste Zunahme an Milchleistung. Die Genotypen FV_{KO} und HO_{NZ} lagen zwischen diesen Polen. Die Response-Kurven folgten einer quadratischen Funktion, deren 1. Ableitung den Anstieg der Milchleistung pro kg TM Kraftfutter ausweist (*Abbildung 4* und *Übersicht 2*). Beim niedrigen Kraftfutterniveau (KF05) ist je nach Leistungspotenzial eine Leistungssteigerung von 2,0 bis 2,5 kg ECM zu erwarten, bei mittlerem Kraftfutterniveau (KF20) eine Erhöhung der Milchleistung von 1,4 bis 1,9 kg ECM und beim höchsten Niveau (KF35) eine Steigerung von nur noch 0,7 bis 1,2 kg ECM je kg TM Kraftfutter.

Die Grundfutteraufnahme ist ein komplementäres Spiegelbild dieser Situation. Hochleistende Tiere sind auch bei höheren Kraftfutteranteilen noch energetisch unterversorgt und verdrängen daher weniger Grundfutter, während es bei Kühen mit niedrigerem Leistungspotenzial in der Tendenz zu einem relativ stärkeren Rückgang der Grundfutteraufnahme kommt. Verantwortlich dafür ist die physiologische Regulation der Futteraufnahme. Dennoch führt bei Kühen mit niedrigem Leistungspotenzial eine zu hohe Energiekonzentration (vor allem zu Laktationsende) zu Verfettung. Auch die Grundfutteraufnahme in Abhängigkeit von der Kraftfuttermenge lässt sich durch eine quadratische Funktion darstellen, deren 1. Ableitung die Verdrängung des Grundfutters pro kg TM Kraftfutter ergibt (*Abbildung 4* und *Übersicht 2*). Auf niedrigem Kraftfutterniveau ist die Grundfuttermittelverdrängung unbedeutend. Bei mittlerem Kraftfutterniveau (KF20) beträgt sie

0,12 (HO_{HL}) bis 0,26 (HO_{LL}) und macht auf hohem Kraftfutterniveau (KF35) entsprechend 0,39 (HO_{HL}) bis 0,56 (HO_{LL}) kg TM Grundfutter pro kg TM Kraftfutter aus.

Die Verdrängung des Grundfutters durch Kraftfutter hat im Wesentlichen zwei Ursachen:

(1) Absenkung des pH-Wertes durch die rasche Fermentation der leichtverdaulichen Kohlenhydrate vorwiegend zu Propionsäure und verminderte Abpufferung der Säuren infolge reduzierter Wiederkautätigkeit und somit auch Speichelbildung. Dieser zu tiefe pH-Wert hemmt die Aktivität gerade der zellulolytischen Pansenmikroben und verlangsamt somit den Abbau des Grundfutters in den Vormägen und in der Folge dessen Aufnahme (KAUFMANN 1976, ORSKOV 1986, LEBZIEN et al. 1981, VAN HOUTERT 1993, VAN SOEST 1994).

(2) Nach Untersuchungen von FAVERDIN et al. (1991) hängt das Ausmaß der Grundfutterverdrängung vor allem vom Stand der Energiebilanz der Kuh ab, d. h. auch in jener Untersuchung wird die Grundfutterverdrängung hauptsächlich über die physiologische Regulation der Futtermittelaufnahme erklärt. Bei hohen Energieüberschüssen wurden hohe Verdrängungsraten ermittelt und umgekehrt.

In dieses Bild fügt sich auch die Literaturübersicht von COULON und REMOND (1991) ein, die bei hohem Energieversorgungsgrad über Kraftfutter eine niedrige Milchleistungssteigerung mit zusätzlicher Energiezufuhr festgestellt haben und umgekehrt. So ist auch das breite Spektrum an Verdrängungsraten zu erklären, dass in der Literatur vorliegt. Es wurden 66 Fütterungsversuche mit 216 Versuchsgruppen unterschiedlichen Energieniveaus (mindestens 3 Energieniveaus pro Versuch, davon eine Kontrollgruppe nahe der Norm) ausgewertet, indem sowohl die Unterschiede in der Energieaufnahme als auch in der Milchleistung der unter- bzw. überversorgten Gruppen (N,H) auf die Normgruppe (M) des jeweiligen Versuches bezogen wurden. Dadurch wurden Unterschiede zwischen den unter verschiedensten Bedingungen durchgeführten Versuchen weitgehend ausgeschaltet. Auch nach dieser Meta-Analyse hängen die Auswirkungen einer Unter- bzw. Überversorgung an Energie in hohem Maß von der Dauer des jeweiligen Fütterungsregimes ab. Diese sind schwächer bei kurzer Dauer, weil die Kühe einer Unterversorgung mit einer Mobilisation ihrer Körperreserven begegnen. Da das Mobilisationsvermögen selbstverständlich begrenzt ist, sinkt die Milchleistung langfristig entsprechend der reduzierten Energiezufuhr. Umgekehrt können Kühe eine über den Bedarf hinausgehende Energieversorgung in immer geringerem Ausmaß in Milch umwandeln, weil das genetische Potenzial mehr und mehr ausgeschöpft ist. Eine über den Bedarf hinausgehende Energieaufnahme geht in den Körperansatz. Dies ergibt – über das ganze Spektrum der Versorgung betrachtet – den typischen Verlauf von immer geringer werdendem Anstieg der Milchleistung mit steigender Versorgung (MITSCHERLICH-Gesetz). Es sei betont, dass der „Bedarf“ einer Kuh nicht unbedingt eine fixe Größe ist, sondern sich auch aus einem bestimmten Fütterungsregime in einem davorliegenden Zeitabschnitt ergibt.

GERSTER (2020) führte ebenfalls eine Meta-Analyse zum Einfluss des Kraftfuttereinsatzes bei Milchkühen durch, und zwar für den Zeitraum 1984 bis 2018 (101 Versuche, 264 Versuchsgruppen). Die Ergebnisse der Meta-Analyse hinsichtlich Grundfutterverdrängung und Milchleistungssteigerung sind sehr ähnlich den im vorliegenden Projekt erhaltenen Werten (*Abbildung 4*). Wird der Bereich von 0 bis 12 kg Kraftfutter (TM) betrachtet, so ergab die Meta-Analyse – ebenfalls einem quadratischen Verlauf folgend – eine Verdrängung von 0,14 bis 0,70 kg TM und eine Steigerung der Milchleistung von 1,5 bis 0 kg ECM je kg TM Kraftfutter.

Abschließend ist auch auf die Wechselwirkung Genotyp × Futterniveau hinsichtlich der Effizienz hinzuweisen, in welche die Faktoren Milchleistung (ECM), Körpermasse und Futter- bzw. Energie-Aufnahme einfließen (*Tabelle 4, Abbildung 2b*). Insgesamt ist – wie bei den Haupteffekten bereits besprochen – durch Steigerung des Futterniveaus besonders eine Verbesserung der Körpermasse-Effizienz gegeben, weniger bei der Futter- und besonders der Energie-Effizienz. Wenn die Effizienz von KF05 jeweils 100 gesetzt wird, dann beträgt in KF20 bzw. KF35 die Körpermasse-Effizienz bei FV_{KO} 123 bzw. 142, bei

HO_{HL} 126 bzw. 148, bei HO_{NZ} 121 bzw. 138 und bei HO_{LL} 121 bzw. 137, die Futter-Effizienz bei FV_{KO} 110 bzw. 116, bei HO_{HL} 112 bzw. 118, bei HO_{NZ} 110 bzw. 115 und bei HO_{LL} 109 bzw. 114 und die Energie-Effizienz bei FV_{KO} 106 bzw. 109, bei HO_{HL} 107 bzw. 111, bei HO_{NZ} 105 bzw. 108 und bei HO_{LL} 105 bzw. 106. Während also die Steigerung der auf Körpermasse bezogenen Milchleistung durch Kraftfutter mit durchschnittlich 23 bzw. 41 % (KF20 bzw. KF35) beträchtlich ist, fällt die Erhöhung der auf Futtermittelaufnahme (TM) bezogenen Milchleistung mit durchschnittlich 10 bzw. 16 % (KF20 bzw. KF35) geringer aus und ist bei Bezug auf die Energie-Aufnahme (MJ NEL) relativ bescheiden (durchschnittlich 6 bzw. 9 % in KF20 bzw. KF35). Wie erwartet schneiden diesbezüglich Kühe mit höherem Milchleistungspotenzial günstiger ab (HO_{HL} > HO_{NZ} > FV_{KO} > HO_{LL}).

3.2 Blutanalysen, Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer

Die wesentlichen Ergebnisse hinsichtlich Blutanalysen sind in den *Tabellen 5* und *6* sowie in den *Abbildungen 5* bis *8* angeführt. Die Ergebnisse zu Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer finden sich in den *Tabellen 7* und *8* sowie in den *Abbildungen 9* und *10*.

3.2.1 Ergebnisse der Blutanalysen

Da die stärkste Stoffwechselbelastung einer Milchkuh zu Laktationsbeginn auftritt, wurde die Auswertung sowohl über die gesamte Laktation (*Tabelle 5a* und *6a*) als auch für die ersten drei Laktationsmonate (*Tabelle 5b* und *6b*) durchgeführt. Diese Belastung ist auch am Verlauf der einzelnen Analysenkriterien während der Laktation erkennbar (*Abbildung 6a* und *6b*). Nach drei Laktationsmonaten ändern sich die Analysenwerte in deutlich geringerem Ausmaß als zu Beginn. Auf Grund der negativen Energiebilanz zu Laktationsbeginn war der Gehalt an Glucose (Gluc) und Triglyceriden (Triglyc) geringer im Vergleich zu den Werten über die gesamte Laktation, ebenso an γ -Glutamyltransferase (GGT) und Glutamatdehydrogenase (GLDH). Die katabole Stoffwechselsituation wird dagegen an den höheren Werten für freie Fettsäuren (NEFA) und Beta-Hydroxy-Butyrat (BHB) im ersten Drittel der Laktation sichtbar. Den niedrigsten Wert an Gluc wiesen HO_{HL} (2,71 mmol/L) auf, den höchsten FV_{KO} (2,87 mmol/L). Hinsichtlich des Versuchsfaktors „Futterniveau“ ergaben sich die niedrigsten Gehalte an Gluc im Blut in der Weidegruppe Weide (2,72 mmol/L), die höchsten erwartungsgemäß in der höchsten Kraftfutterstufe KF35 (2,84 mmol/L).

Wie bei Gluc sind auch die Unterschiede zwischen den Genotypen und Futterniveaus sowie auch deren Wechselwirkung bei den meisten anderen Blutparametern signifikant. Die höchsten Werte an GGT und GLDH, Indikatoren für eine akute bzw. chronische Leberbelastung, zeigten – etwas überraschend – Kühe des Genotyps HO_{NZ}, gefolgt von HO_{HL}. Die niedrigsten Leberwerte wiesen FV_{KO} und HO_{LL} auf. Die Auswertung hinsichtlich Wechselwirkung „Genotyp \times Futterniveau“ brachte das Ergebnis, dass die hohen Werte von GGT und GLDH bei HO_{NZ} und HO_{HL} vor allem bei der hohen Kraftfutter-Stufe (KF35) auftraten, während diese Parameter bei FV_{KO} und HO_{LL} in allen Futterniveaus ähnlich waren. Bei den Triglyceriden wiesen alle Holstein-Typen sehr ähnliche Werte auf (etwa 12,4 mg/dL) und Fleckvieh etwas niedrigere (11,5 mg/dL). Ebenso waren nur bei Weide höhere Triglyc-Werte (etwa 13,4 mg/dL) festzustellen, während die Kraftfutter-Stufen kaum Unterschiede zeigten (etwa 11,8 mg/dL). Fleckvieh (FV_{KO}) und die höchste Kraftfutter-Stufe (KF35) wiesen die geringsten NEFA-Werte auf, was mit der Energieversorgungssituation in Einklang steht. Auch die Konzentration von BHB, einem wesentlichen Indikator für Ketose, war bei FV_{KO} am niedrigsten (0,90 mmol/L) und am höchsten bei HO_{LL} und HO_{NZ} (1,35 mmol/L), die sogar HO_{HL} (1,20 mmol/L) übertrafen. Der – im Vergleich zu den anderen Futter-Varianten – besonders hohe Gehalt an Blutharnstoff (Urea) in Gruppe W05 ist auf die hohen Proteingehalte des Weidefutters bei Kurzrasenweide zurückzuführen, welches das ausschließliche Grundfutter dieser Gruppe im Sommer darstellte (Vollweide-System).

Der zeitliche Verlauf der Blutwerte während der ersten drei Laktationsmonate zeigt (*Abbildung 8a* und *8b*), dass sich der Gehalt an Gluc etwa 3 Wochen hindurch auf sehr niedrigem Niveau befindet (etwa 2,5 mmol/L) und sich danach auf knapp 3,0 mmol/L bewegt. Spiegelbildlich dazu sind die Werte für GGT und GLDH in den ersten Laktationswochen am höchsten, um danach wieder abzufallen. Die Gehalte an NEFA sind am höchsten am Beginn der Laktation und nehmen mit jeder Woche ab. Dagegen werden von BHB die höchsten Werte in der 3. und 4. Woche festgestellt.

KRONSCHNABL et al. (2010) haben auf der Grundlage umfangreicher Daten aus Fütterungsversuchen laktationsspezifische Prognosebereiche zur Beurteilung der Konzentration von Blutparametern ermittelt (Milchkühe der Rasse Fleckvieh und Holstein, mehrere Versuchseinrichtungen in Deutschland, n = 2.527 Kühe). Die Prognosebereiche wurden in Abhängigkeit von Rasse (FV, HO), Anzahl der Abkalbungen (1. Laktation, weitere Laktationen), Laktationswoche (1 - 44) und Energiebilanz (von -40 bis +30 MJ NEL/Tag) erarbeitet. All diese Einflussfaktoren haben sich auch im vorliegenden Projekt als bedeutende Varianzursachen für die Konzentration diverser Blutparameter herausgestellt.

Über die Stoffwechselbelastung von hochleistenden Kühen hat Prof. H. Martens (FU Berlin) in zahlreichen Publikationen hingewiesen (MARTENS 2012a und b, 2013, 2015). Demnach ist die bemerkenswerte Steigerung der Laktationsleistung der Milchkühe das Ergebnis effektiver Zuchtprogramme und guter Fütterung. Die primäre Selektion auf Milchleistung hat jedoch zu der unerwünschten Nebenwirkung einer kürzeren Nutzungsdauer geführt. Die Gesundheit von Hochleistungskühen ist gefährdet durch das Risiko, an Milchfieber, Ketose, Leberverfettung, Nachgeburtsverhalten, Metritis, Mastitis, Lahmheiten, Fruchtbarkeitsstörungen und Labmagenverlagerung zu erkranken und somit vorzeitig aus dem Produktionsprozess auszuschneiden. Auch plötzliche Todesfälle werden vermehrt beobachtet. Viele Faktoren wie Haltung, Fütterung und Management sind an der Pathogenese der Krankheiten beteiligt. Die Diskrepanz zwischen Energiebedarf und Futteraufnahme in der frühen Laktation verursacht eine ausgeprägte und lang andauernde negative Energiebilanz, die bedingt ist durch die homeorhetische Regulation des Energiestoffwechsels.

GROSS (2022) diskutiert die begrenzenden Faktoren für die Leistung von Milchkühen aus der Sicht der Physiologie und Ernährung. Insbesondere limitiert die Verfügbarkeit von Glucose und Aminosäuren die Milchproduktion und die Gesundheit der Kühe. Die Begrenzungen entstehen bereits von Seiten der Futtermittel, existieren aber auch von Seiten des Pansens und des Verdauungstraktes, der Mobilisation von Körpergewebe, des intermediären Stoffwechsels und Transportes sowie der Aufnahme der zirkulierenden Nährstoffe in die Milchdrüse. Die Begrenzungen variieren in Abhängigkeit vom Laktationsstadium und sind bekanntermaßen am ausgeprägtesten in der Früh-laktation und der Transitphase.

Tabelle 5a: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf die Ergebnisse der Blutanalysen (ganze Laktation), Haupteffekte von Genotyp und Futterniveau

| Merkmal | | Genotyp | | | | Futterniveau | | | | P-Werte | | | | |
|---------------------------------------|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------|------|------|------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{Nz} | HO _{LL} | Weide | KF05 | KF20 | KF35 | RSD | G | F | G x F | |
| Energiestoffwechsel | | | | | | | | | | | | | | |
| Glucose | mmol/L | 3,08 | 2,99 | 3,08 | 3,08 | 2,99 | 3,10 | 3,04 | 3,09 | 0,36 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,014 |
| AST | U/L | 61,6 | 63,3 | 57,4 | 57,5 | 62,5 | 55,1 | 60,2 | 62,0 | 14,8 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Gamma-GT | U/L | 21,9 | 23,5 | 26,7 | 24,7 | 24,3 | 25,5 | 22,2 | 24,9 | 9,6 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,003 |
| GLDH | U/L | 11,0 | 14,3 | 13,6 | 11,6 | 12,4 | 11,6 | 12,1 | 14,3 | 8,4 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| NEFA | mmol/L | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,19 | 0,18 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,15 | 0,826 | 0,092 | 0,092 | <0,001 |
| BHB | mmol/L | 0,68 | 0,80 | 0,87 | 0,84 | 0,81 | 0,71 | 0,83 | 0,84 | 0,83 | 0,007 | 0,038 | 0,038 | 0,647 |
| Bilirubin | µmol/L | 1,09 | 1,18 | 1,07 | 1,25 | 1,20 | 1,23 | 1,14 | 1,03 | 1,15 | 0,086 | 0,016 | 0,016 | 0,044 |
| Fett- und Protein-Stoffwechsel | | | | | | | | | | | | | | |
| Triglyceride | mg/dL | 11,8 | 13,2 | 13,8 | 14,3 | 14,5 | 13,1 | 12,8 | 12,8 | 2,6 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Cholesterin | mg/dL | 142 | 172 | 172 | 167 | 154 | 169 | 168 | 163 | 29 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Alkalische Phosphatase | U/L | 75,5 | 35,0 | 47,4 | 49,8 | 45,6 | 52,4 | 48,2 | 61,4 | 54,5 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Urea | mmol/L | 3,65 | 2,97 | 3,11 | 3,44 | 4,16 | 2,48 | 3,15 | 3,39 | 1,11 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Mineralstoffe | | | | | | | | | | | | | | |
| Calcium | mmol/L | 2,28 | 2,37 | 2,34 | 2,35 | 2,32 | 2,34 | 2,35 | 2,33 | 0,14 | <0,001 | 0,002 | 0,002 | <0,001 |
| Phosphor | mmol/L | 2,02 | 1,88 | 1,87 | 1,93 | 1,85 | 1,93 | 1,91 | 2,01 | 0,29 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Magnesium | mmol/L | 0,96 | 1,00 | 0,98 | 1,00 | 0,99 | 0,97 | 0,98 | 1,00 | 0,09 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Kalium | mmol/L | 4,20 | 4,28 | 4,16 | 4,15 | 4,22 | 4,24 | 4,17 | 4,16 | 0,41 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | <0,001 |
| Natrium | mmol/L | 132 | 131 | 131 | 130 | 130 | 130 | 132 | 132 | 8 | 0,100 | <0,001 | <0,001 | 0,488 |
| Chlorid | mmol/L | 97,8 | 96,1 | 97,2 | 96,5 | 96,5 | 96,9 | 97,0 | 97,2 | 4,7 | <0,001 | 0,070 | 0,070 | 0,010 |

Tabelle 5b: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf die Ergebnisse der Blutanalysen (Laktationsmonate 1 bis 3), Haupteffekte von Genotyp und Futterniveau

| Merkmal | | Genotyp | | | | | Futterniveau | | | | | P-Werte | | |
|---------------------------------------|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|--------------|------|------|------|--------|---------|--------|--|
| | | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | HO _{LL} | Weide | KF05 | KF20 | KF35 | RSD | G | F | G x F | |
| Energiestoffwechsel | | | | | | | | | | | | | | |
| Glucose | mmol/L | 2,87 | 2,69 | 2,79 | 2,75 | 2,71 | 2,80 | 2,76 | 2,83 | 0,41 | 0,003 | 0,004 | 0,564 | |
| AST | U/L | 68,7 | 70,2 | 63,9 | 66,0 | 71,6 | 63,8 | 66,3 | 67,2 | 18,8 | 0,016 | <0,001 | <0,001 | |
| Gamma-GT | U/L | 19,7 | 21,6 | 25,5 | 21,9 | 22,9 | 22,0 | 20,5 | 23,2 | 9,0 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| GLDH | U/L | 11,9 | 14,3 | 15,8 | 11,9 | 14,3 | 11,8 | 12,5 | 15,3 | 10,9 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| NEFA | mmol/L | 0,32 | 0,35 | 0,36 | 0,37 | 0,36 | 0,38 | 0,34 | 0,31 | 0,22 | 0,096 | 0,007 | 0,025 | |
| BHB | mmol/L | 0,87 | 1,26 | 1,37 | 1,39 | 1,31 | 1,18 | 1,21 | 1,18 | 1,23 | <0,001 | 0,564 | 0,458 | |
| Bilirubin | µmol/L | 1,40 | 1,66 | 1,69 | 2,05 | 1,83 | 1,85 | 1,70 | 1,42 | 1,56 | <0,001 | 0,005 | 0,053 | |
| Fett- und Protein-Stoffwechsel | | | | | | | | | | | | | | |
| Triglyceride | mg/dL | 11,4 | 12,6 | 12,3 | 12,5 | 13,5 | 11,9 | 11,8 | 11,6 | 2,3 | <0,001 | <0,001 | 0,119 | |
| Cholesterin | mg/dL | 127 | 152 | 152 | 157 | 141 | 150 | 149 | 148 | 29 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| Alkalische Phosphatase | U/L | 67,4 | 31,2 | 43,6 | 46,0 | 41,5 | 44,7 | 42,3 | 59,7 | 53,3 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| Urea | mmol/L | 3,62 | 2,80 | 2,81 | 3,03 | 4,03 | 2,39 | 2,83 | 3,02 | 1,00 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| Mineralstoffe | | | | | | | | | | | | | | |
| Calcium | mmol/L | 2,26 | 2,38 | 2,32 | 2,33 | 2,31 | 2,33 | 2,33 | 2,31 | 0,15 | <0,001 | 0,606 | <0,001 | |
| Phosphor | mmol/L | 1,88 | 1,84 | 1,82 | 1,88 | 1,79 | 1,85 | 1,84 | 1,95 | 0,32 | 0,185 | <0,001 | <0,001 | |
| Magnesium | mmol/L | 0,96 | 1,04 | 1,02 | 1,02 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 1,03 | 0,10 | <0,001 | 0,005 | 0,067 | |
| Kalium | mmol/L | 4,21 | 4,24 | 4,14 | 4,17 | 4,24 | 4,18 | 4,17 | 4,17 | 0,42 | 0,208 | 0,111 | 0,088 | |
| Natrium | mmol/L | 131 | 131 | 130 | 130 | 128 | 131 | 132 | 132 | 9 | 0,379 | <0,001 | 0,002 | |
| Chlorid | mmol/L | 97,3 | 95,5 | 95,7 | 95,6 | 95,9 | 96,0 | 96,2 | 96,2 | 4,7 | 0,001 | 0,829 | 0,092 | |

Tabelle 6a: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf die Ergebnisse der Blutanalysen (ganze Laktation), Wechselwirkung Genotyp x Futterniveau

| Merkmal | Weide | | | | KF05 | | | | KF20 | | | | KF35 | | | | |
|---------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|
| | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | HO _{LL} | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | HO _{LL} | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | HO _{LL} | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | HO _{LL} | |
| Energiestoffwechsel | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Glucose | mmol/L | 3,06 | 2,91 | 3,02 | 2,98 | 3,09 | 3,07 | 3,15 | 3,09 | 3,04 | 2,94 | 3,02 | 3,14 | 3,12 | 3,03 | 3,15 | 3,08 |
| AST | U/L | 65,3 | 67,0 | 60,8 | 56,8 | 59,9 | 54,3 | 52,0 | 54,2 | 60,0 | 63,1 | 58,8 | 58,9 | 61,3 | 68,8 | 57,9 | 60,1 |
| Gamma-GT | U/L | 24,2 | 20,5 | 27,1 | 25,3 | 22,0 | 22,3 | 29,0 | 28,8 | 19,4 | 23,1 | 24,5 | 21,7 | 22,1 | 28,1 | 26,3 | 23,1 |
| GLDH | U/L | 10,8 | 13,2 | 14,6 | 10,9 | 12,1 | 13,4 | 9,4 | 11,6 | 10,0 | 13,6 | 13,2 | 11,7 | 11,2 | 16,9 | 17,0 | 12,3 |
| NEFA | mmol/L | 0,19 | 0,17 | 0,19 | 0,17 | 0,17 | 0,22 | 0,18 | 0,20 | 0,17 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,17 | 0,17 | 0,18 | 0,17 |
| BHB | mmol/L | 0,73 | 0,75 | 0,86 | 0,91 | 0,58 | 0,71 | 0,81 | 0,75 | 0,67 | 0,91 | 0,86 | 0,86 | 0,75 | 0,83 | 0,94 | 0,82 |
| Bilirubin | µmol/L | 1,18 | 1,30 | 1,05 | 1,27 | 1,00 | 1,41 | 1,20 | 1,30 | 1,13 | 1,00 | 1,07 | 1,36 | 1,06 | 1,02 | 0,97 | 1,06 |
| Fett- und Protein-Stoffwechsel | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Triglyceride | mg/dL | 12,4 | 14,8 | 14,7 | 16,0 | 11,5 | 13,2 | 13,5 | 14,0 | 12,1 | 12,6 | 13,3 | 13,3 | 11,3 | 12,4 | 13,7 | 14,0 |
| Cholesterin | mg/dL | 138 | 152 | 156 | 170 | 148 | 179 | 175 | 171 | 140 | 184 | 174 | 174 | 141 | 172 | 183 | 154 |
| Alkal. Phosphatase | U/L | 46,9 | 33,5 | 50,6 | 51,5 | 76,1 | 32,9 | 39,5 | 61,2 | 59,6 | 41,3 | 47,8 | 44,2 | 119,4 | 32,2 | 51,8 | 42,4 |
| Urea | mmol/L | 4,92 | 3,82 | 3,79 | 4,10 | 2,64 | 2,19 | 2,36 | 2,72 | 3,41 | 2,97 | 2,98 | 3,23 | 3,64 | 2,90 | 3,32 | 3,71 |
| Mineralstoffe | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Calcium | mmol/L | 2,24 | 2,39 | 2,33 | 2,33 | 2,28 | 2,41 | 2,34 | 2,34 | 2,29 | 2,39 | 2,34 | 2,36 | 2,29 | 2,31 | 2,35 | 2,38 |
| Phosphor | mmol/L | 1,97 | 1,75 | 1,76 | 1,90 | 2,10 | 1,82 | 1,83 | 1,96 | 1,96 | 1,84 | 1,93 | 1,92 | 2,03 | 2,11 | 1,96 | 1,96 |
| Magnesium | mmol/L | 0,97 | 1,00 | 0,97 | 1,00 | 0,92 | 0,99 | 0,96 | 1,00 | 0,97 | 1,00 | 0,99 | 0,99 | 0,97 | 1,00 | 1,01 | 1,02 |
| Kalium | mmol/L | 4,16 | 4,31 | 4,19 | 4,21 | 4,21 | 4,32 | 4,19 | 4,25 | 4,26 | 4,22 | 4,07 | 4,14 | 4,18 | 4,27 | 4,18 | 4,02 |
| Natrium | mmol/L | 130 | 130 | 130 | 128 | 131 | 130 | 130 | 130 | 133 | 131 | 131 | 131 | 132 | 132 | 132 | 132 |
| Chlorid | mmol/L | 96,9 | 95,4 | 96,8 | 97,0 | 97,6 | 96,1 | 97,7 | 96,3 | 98,6 | 96,1 | 97,1 | 96,2 | 98,0 | 96,8 | 97,4 | 96,5 |

Tabelle 6b: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf die Ergebnisse der Blutanalysen (Laktationsmonate 1 bis 3), Wechselwirkung Genotyp x Futterniveau

| Merkmal | Weide | | | | | | KF05 | | | | | | KF20 | | | | | | KF35 | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----|
| | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | HO _{LL} | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | HO _{LL} | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | HO _{LL} | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | HO _{LL} | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | HO _{LL} | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | HO _{LL} | |
| Energienstoffwechsel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Glucose | mmol/L | 2,82 | 2,59 | 2,74 | 2,70 | 2,77 | 2,83 | 2,74 | 2,90 | 2,65 | 2,71 | 2,77 | 2,91 | 2,74 | 2,89 | 2,80 | 2,90 | 2,65 | 2,71 | 2,77 | 2,91 | 2,74 | 2,89 | 2,80 | |
| AST | U/L | 74,3 | 77,7 | 71,6 | 62,7 | 62,6 | 58,7 | 66,0 | 66,1 | 66,6 | 66,2 | 66,2 | 66,4 | 74,1 | 59,1 | 69,1 | 66,1 | 66,6 | 66,2 | 66,2 | 66,4 | 74,1 | 59,1 | 69,1 | |
| Gamma-GT | U/L | 21,1 | 19,9 | 27,0 | 23,6 | 20,2 | 25,0 | 22,8 | 20,2 | 19,8 | 23,4 | 20,7 | 19,4 | 26,3 | 20,6 | 20,6 | 18,2 | 19,8 | 23,4 | 20,7 | 19,4 | 26,3 | 26,7 | 20,6 | |
| GLDH | U/L | 12,3 | 14,7 | 18,5 | 11,6 | 13,6 | 12,4 | 9,9 | 13,6 | 12,4 | 9,9 | 11,3 | 11,8 | 18,6 | 18,5 | 12,3 | 9,9 | 11,7 | 16,3 | 12,3 | 11,8 | 18,6 | 18,5 | 12,3 | |
| NEFA | mmol/L | 0,37 | 0,35 | 0,38 | 0,35 | 0,31 | 0,43 | 0,36 | 0,31 | 0,43 | 0,36 | 0,41 | 0,29 | 0,31 | 0,34 | 0,31 | 0,30 | 0,30 | 0,36 | 0,41 | 0,29 | 0,31 | 0,34 | 0,31 | |
| BHB | mmol/L | 1,00 | 1,27 | 1,31 | 1,65 | 0,77 | 1,23 | 1,38 | 0,77 | 1,39 | 1,30 | 1,40 | 0,93 | 1,14 | 1,48 | 1,18 | 0,77 | 1,39 | 1,30 | 1,40 | 0,93 | 1,14 | 1,48 | 1,18 | |
| Bilirubin | µmol/L | 1,59 | 1,88 | 1,65 | 2,20 | 1,25 | 2,15 | 1,95 | 1,25 | 2,15 | 1,95 | 2,05 | 1,32 | 1,31 | 1,44 | 1,60 | 1,46 | 1,31 | 1,73 | 2,33 | 1,32 | 1,31 | 1,44 | 1,60 | |
| Fett- und Protein-Stoffwechsel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Triglyceride | mg/dL | 12,7 | 13,8 | 13,3 | 14,1 | 11,0 | 12,7 | 11,7 | 12,3 | 11,4 | 12,0 | 12,1 | 11,7 | 10,8 | 11,9 | 11,8 | 11,4 | 12,0 | 12,1 | 11,7 | 10,8 | 11,9 | 12,0 | 11,8 | |
| Cholesterin | mg/dL | 122 | 135 | 139 | 168 | 136 | 152 | 160 | 153 | 122 | 162 | 152 | 162 | 127 | 158 | 147 | 122 | 162 | 152 | 162 | 127 | 158 | 159 | 147 | |
| Alkal. Phosphatase | U/L | 37,8 | 29,6 | 49,7 | 48,9 | 65,3 | 27,3 | 34,2 | 52,0 | 54,0 | 33,6 | 41,1 | 40,6 | 112,7 | 34,4 | 42,4 | 54,0 | 33,6 | 41,1 | 40,6 | 112,7 | 34,4 | 49,3 | 42,4 | |
| Urea | mmol/L | 5,37 | 3,84 | 3,59 | 3,29 | 2,62 | 2,04 | 2,30 | 2,58 | 3,06 | 2,68 | 2,59 | 2,99 | 3,43 | 2,77 | 3,26 | 3,06 | 2,68 | 2,59 | 2,99 | 3,43 | 2,62 | 2,77 | 3,26 | |
| Mineralstoffe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Calcium | mmol/L | 2,24 | 2,40 | 2,32 | 2,30 | 2,29 | 2,40 | 2,32 | 2,30 | 2,24 | 2,40 | 2,33 | 2,33 | 2,25 | 2,31 | 2,37 | 2,24 | 2,40 | 2,33 | 2,33 | 2,25 | 2,31 | 2,33 | 2,37 | |
| Phosphor | mmol/L | 1,83 | 1,76 | 1,68 | 1,89 | 1,96 | 1,76 | 1,81 | 1,85 | 1,83 | 1,78 | 1,87 | 1,87 | 1,90 | 2,04 | 1,91 | 1,83 | 1,78 | 1,87 | 1,87 | 1,90 | 2,04 | 1,94 | 1,91 | |
| Magnesium | mmol/L | 0,98 | 1,03 | 1,00 | 1,01 | 0,94 | 1,04 | 1,01 | 1,03 | 0,95 | 1,03 | 1,02 | 1,01 | 0,97 | 1,05 | 1,04 | 0,95 | 1,03 | 1,02 | 1,01 | 0,97 | 1,05 | 1,06 | 1,04 | |
| Kalium | mmol/L | 4,23 | 4,31 | 4,20 | 4,22 | 4,19 | 4,17 | 4,10 | 4,25 | 4,25 | 4,25 | 4,06 | 4,13 | 4,17 | 4,23 | 4,06 | 4,25 | 4,25 | 4,06 | 4,13 | 4,17 | 4,23 | 4,21 | 4,06 | |
| Natrium | mmol/L | 128 | 128 | 128 | 126 | 131 | 133 | 130 | 131 | 135 | 131 | 129 | 131 | 132 | 130 | 131 | 131 | 135 | 131 | 129 | 131 | 132 | 130 | 134 | 131 |
| Chlorid | mmol/L | 96,5 | 95,2 | 95,0 | 96,7 | 97,1 | 95,3 | 96,1 | 95,6 | 98,3 | 95,6 | 95,8 | 94,9 | 97,3 | 96,0 | 95,4 | 98,3 | 95,6 | 95,8 | 94,9 | 97,3 | 96,0 | 96,0 | 95,4 | |

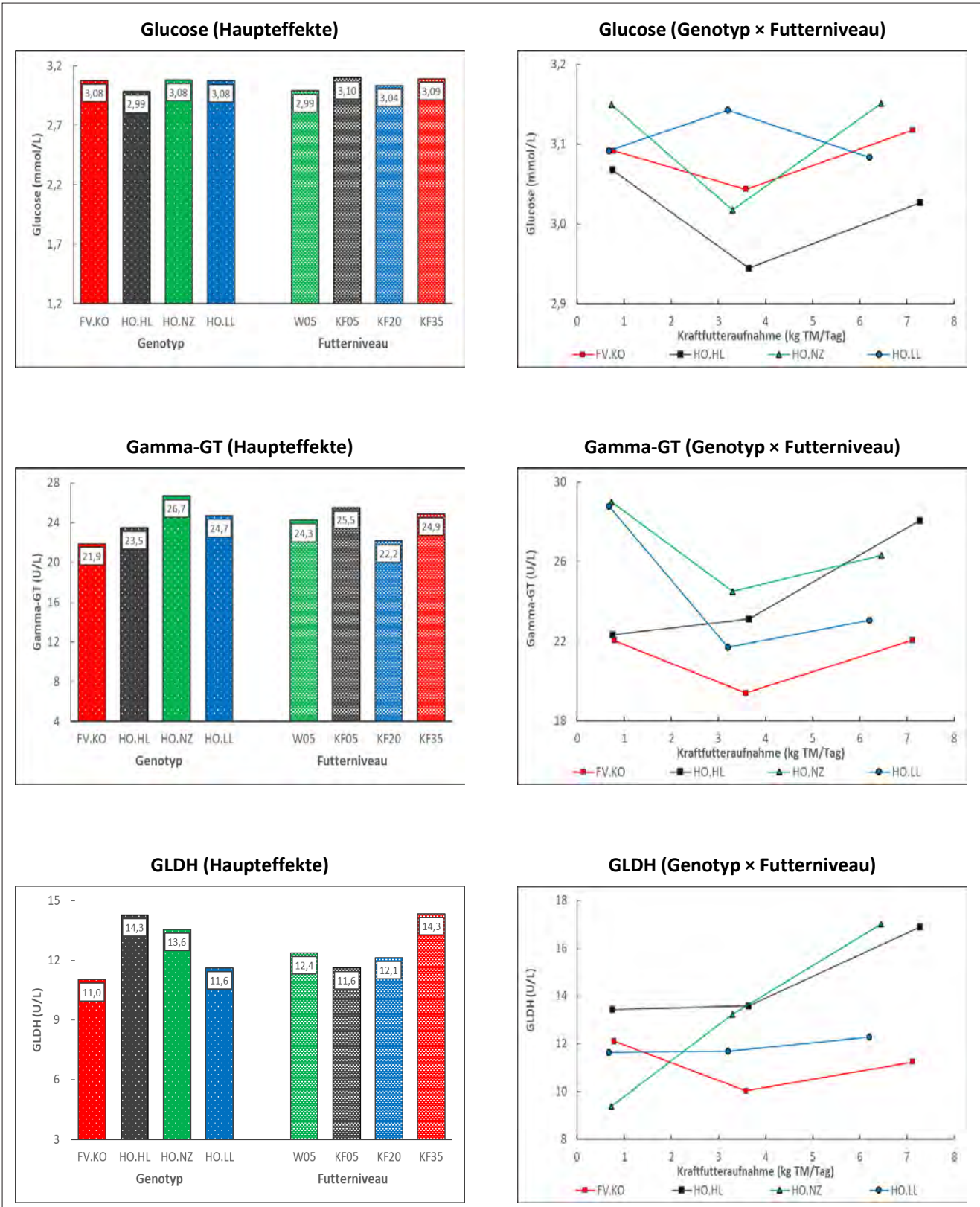


Abbildung 5a: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf Ergebnisse der Blutanalysen (Glucose, GGT, GLDH), (Ganze Laktation) (linke Seite Haupteffekte, rechte Seite Wechselwirkung)

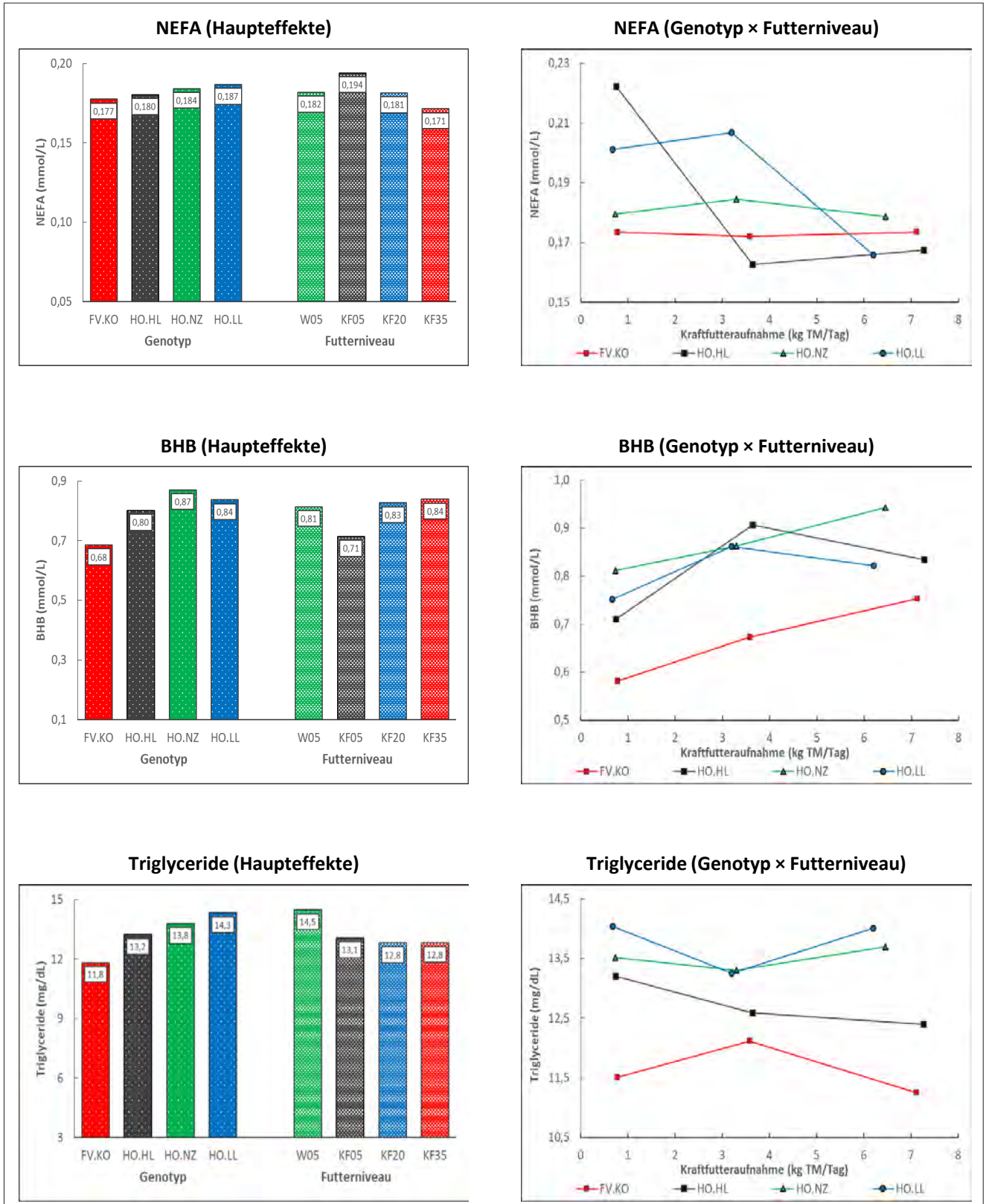


Abbildung 5b: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf Ergebnisse der Blutanalysen (NEFA, BHB, Triglyceride), (Ganze Laktation) (linke Seite Haupteffekte, rechte Seite Wechselwirkung)

3.2.2 Ergebnisse zur Fruchtbarkeit

Im Gegensatz zu den Ergebnissen bezüglich der Produktionsdaten (Körpermasse, Futteraufnahme, Milchleistung) ergaben sich hinsichtlich Fruchtbarkeit wohl nominelle Unterschiede zwischen den Genotypen, die jedoch auf Grund großer Streuungen und (hinsichtlich Fruchtbarkeit) geringer Tierzahlen statistisch nicht signifikant waren (mit Ausnahme Non-Return-Rate 90 Tage, NRR 90d). Auch NRR 28d und die Rastzeit (Abkalbung bis erste Besamung) zeigten eine Tendenz zu signifikanten Unterschieden. HO_{HL} wies in allen Fruchtbarkeitskriterien die ungünstigsten Ergebnisse auf (Besamungsindex von 2,4 vs. ca. 2,0 der anderen Genotypen). Auch die Serviceperiode (SP; Abkalbung bis erfolgreiche Besamung) und die Zwischenkalbezeit (ZKZ) fiel bei HO_{HL} am ungünstigsten aus (104, 122, 109, 97 Tage SP bzw. 390, 403, 388, 378 Tage ZKZ bei den Genotypen FV_{KO}, HO_{HL}, HO_{NZ}, HO_{LL}). Hinsichtlich Fruchtbarkeit erzielte HO_{LL} tendenziell günstigere Ergebnisse als HO_{NZ} und FV_{KO} (Tabelle 7, Abbildungen 9a und 9b).

Bezüglich des Einflusses des Futterniveaus waren in keinem der Fruchtbarkeitsparameter signifikante Unterschiede gegeben. In den meisten Kriterien wies die höchste Kraftfutterstufe (KF35) die relativ besten Ergebnisse auf (Besamungsindex, Zwischenkalbezeit, Serviceperiode, Non-Return-Raten). Die Tiere der Versuchsgruppen Weide (W05) und die niedrigste Kraftfutterstufe KF05 erzielten sehr ähnliche Fruchtbarkeitsergebnisse (Tabelle 7, Abbildungen 9a und 9b).

Eine signifikante Wechselwirkung Genotyp × Futterniveau wurde in keinem der Fruchtbarkeitsparameter festgestellt (Tabelle 8, Abbildungen 9a und 9b). In der Tendenz zeigte die Untergruppe HO_{HL}|KF35 die ungünstigsten Werte, was nicht unbedingt zu erwarten ist, da Hochleistungstiere bei hohem Kraftfutteranteil die höchste Energieversorgung und damit die relativ günstigste Energiebilanz erreichen.

DILLON et al. (2006) zeigten die Konsequenzen einer genetischen Selektion auf hohe Milchleistung in Irland in den Jahren 1990 bis 2003 auf, die auf saisonalen Weidesystemen basieren. Demnach wurde die Milchleistung deutlich erhöht, gleichzeitig erniedrigte sich jedoch in unerwünschter Weise die Fruchtbarkeitslage und Nutzungsdauer. Die Kühe mit höherem Genanteil aus nordamerikanischen Holsteins wiesen eine höhere negative Energiebilanz auf, geringeren BCS, ein höheres „Partitioning“ der Nährstoffe in Richtung Milchleistung, eine geringere Grasaufnahme auf der Weide sowie einen niedrigeren Gehalt an Glucose und IGF 1 im Blut.

3.2.3 Ergebnisse zur Nutzungsdauer und Lebensleistung

Abschließend wird die Nutzungsdauer der Versuchstiere angesprochen, im Sinne dieses Projektes neben der Milchleistung das wichtigste Kriterium (Tabelle 7 und 8, Abbildungen 10a und 10b).

Der P-Wert für den Einfluss des Genotyps auf die Nutzungsdauer beträgt 0.057, ist also an der Signifikanzschwelle. Die Nutzungsdauer betrug für die 4 Genotypen (FV_{KO}, HO_{HL}, HO_{NZ}, HO_{LL}) 4.15, 3.20, 4.75 und 4.74 Laktationen. HO_{HL} wies also im Durchschnitt eine um 1 Laktation niedrigere Nutzungsdauer auf als FV_{KO} und die Nutzungsdauer von HO_{NZ} und HO_{LL} war um 0,6 Laktationen höher als jene von FV_{KO}. Der Verlauf des Anteils der Kühe (in Prozent der Kuhanzahl zu Versuchsbeginn) zeigt, dass Kühe des Genotyps HO_{HL} die 2. Laktation nur zu 76 % erreichen, die 3. Laktation zu 52 % und die 4. Laktation zu 37 %. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass nach Laktation 1, 2, 3 und 4 von den Kühen zu Projektbeginn 24, 48, 63 und 68 % ausgeschieden sind. Dagegen haben Kühe des Genotyps HO_{NZ} und HO_{LL} eine wesentlich höhere Überlebensrate. In der 5. Laktation sind noch etwa 50 % der Kühe am Leben, bei FV_{KO} sind 50 % in der 4. Laktation noch im Bestand. Zusammenfassend bedeutet dies, dass HO_{NZ} und HO_{LL} eine höhere Nutzungsdauer aufweisen als HO_{HL} und dass FV_{KO} zwischen diesen Polen liegt. Der Vergleich der verschiedenen Holstein-Typen zeigt, dass die höhere Milchleistung auf Kosten der Nutzungsdauer (d. h. Fitness) erfolgt.

Bezüglich des Futterniveaus weisen die Weide-Tiere und das mittlere Kraftfutterniveau (KF20) mit 4,65 Laktationen die höchste Nutzungsdauer auf, während das niedrige und hohe Kraftfutterniveau (KF05 und KF35) mit etwa 3,78 Laktationen deutlich niedriger liegen. Sehr aufschlussreich ist die Analyse der Untergruppen (Wechselwirkung Genotyp \times Futterniveau) in *Abbildungen 10a* und *10b* (rechte Seite). Während HO_{HL} bei niedrigem Kraftfutterniveau mit 2,1 Laktationen eine extrem niedrige Nutzungsdauer erfahren, kommen die anderen Genotypen (besonders FV_{KO} , aber auch HO_{NZ} und HO_{LL}) mit diesem Fütterungsregime hinsichtlich Nutzungsdauer gut zurecht (5.3, 4.3, 3.8 Laktationen). Im Mittel aller Genotypen ergibt das Futterniveau KF20 (und auch Weide) die höchste Nutzungsdauer, wobei HO_{NZ} mit 6,3 Laktationen den höchsten Wert des vorliegenden Projektes erreicht. Gerade dieser Genotyp erfährt bei hohem Kraftfutterniveau (KF35) einen extremen Rückgang der Nutzungsdauer auf den zweitniedrigsten Wert (2,3 Laktationen). Für dieses extreme Ergebnis mögen auch individuelle Unterschiede bei niedriger Tieranzahl eine Rolle spielen, doch es liegt auch der Schluss nahe, dass dieser Genotyp auf Grund der Anpassung an die Produktionsbedingungen in Neuseeland (ganzjährige Weidehaltung, nahezu ohne Kraftfutter) mit höheren Kraftfutteranteil nicht gut umgehen kann. Auch FV_{KO} hat hinsichtlich Nutzungsdauer negativ auf steigende Kraftfutteranteile reagiert, während HO_{LL} eine leichte Erhöhung der Nutzungsdauer erfahren hat.

Die höhere Nutzungsdauer des Genotyps HO_{LL} geht auch aus einer Gegenüberstellung von Ergebnissen aus HO_{LL} -Herden mit den Daten der LKV-Kühe des jeweiligen Bezirks hervor (HAIGER 2023). Die HO_{LL} -Kühe zeichneten sich durch eine wesentlich höhere Nutzungsdauer (+87 %) und Lebensleistung (+64 %) aus, obwohl ihre Milchleistung (-13 %), besonders in der 1. Laktation (-21 %), deutlich geringer war. Die geringere Milchleistung wurde also durch höhere Nutzungsdauer mehr als wettgemacht.

Übersicht 3: Nutzungsdauer und Milchleistung von Kühen aus HO_{LL} -Betrieben verglichen mit den LKV-Kühen aus dem jeweiligen Bezirk (4 Betriebe mit ca. 40 Kühen, 7 Jahre: 2016-2022) (HAIGER 2023)

| Merkmal | Einheit | HO_{LL} -Kühe | LKV-Kühe |
|------------------------------------|--------------|-----------------|--------------|
| Nutzungsdauer | Jahre | 7,1 (187) | 3,8 (100) |
| Milchleistung [1. Laktation] | kg/Laktation | 5.484 (79) | 6.973 (100) |
| Milchleistung [Lebensdurchschnitt] | kg/Laktation | 6.830 (87) | 7.824 (100) |
| Milchleistung [Lebensleistung] | kg | 48.538 (164) | 29.528 (100) |

Nach HAIGER (2005) ist die Nutzungsdauer der zweitwichtigste Faktor für die Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion (an erster Stelle steht die Höhe der Milchleistung). Je nach Preis/Kosten-Relationen ergab sich in verschiedenen Ländern (Deutschland, Österreich, Schweiz) die höchste Rentabilität, wenn die Kühe mindestens 6 bis 10 Laktationen erbrachten (ZEDDIES 1972, GANTNER et al. 1992, MISSFELDT 2015). STEINWIDDER und GREIMEL (1999) haben eine ökonomische Bewertung der Lebensleistung unter Berücksichtigung des Milchleistungspotenzials, der Laktationszahl und dem erreichten Lebensalter vorgenommen. Es wurden Laktationsgruppen von allen ab dem Jahr 1975 in Österreich bereits abgegangenen Fleckvieh-Kühen gebildet, die im Laufe ihres Lebens 2, 3, ..., 9 und 10 Laktationsabschlüsse erzielten ($n = 376.947$). Zusätzlich erfolgte eine Gruppierung entsprechend der Milchleistung (Mittelwert, die besten 10.000, 5.000, 1.000, 500 und 50 Kühe). Mit zunehmender Milchleistung pro Laktation verlängerte sich die Laktationsdauer und verringerte sich die Anzahl der geborenen Kälber pro Jahr, was auf negative Zusammenhänge zwischen Milchleistung und Fruchtbarkeit schließen lässt. In der jährlichen Anzahl der zur Bestandesergänzung erforderlichen Kälber ergaben sich große Unterschiede zwischen den Laktationsgruppen. Während für eine Kuh mit einer Nutzungsdauer von 11,1 Jahren nur 0,09 Kalbinnen jährlich für die Bestandesergänzung erforderlich sind, müssen bei einer Nutzungsdauer von 2,5 Jahren 0,4 Kalbinnen pro Jahr veranschlagt werden. Der Gewinn je Kuh und Jahr sowie der erzielte Stunden-

lohn erhöhten sich linear mit steigender Leistung und degressiv mit Verlängerung der Nutzungsdauer. Der Gewinn pro Betrieb stieg degressiv sowohl mit Erhöhung der Milchleistung als auch der Nutzungsdauer. Eine deutliche Verbesserung des Betriebsgewinnes ergab sich vor allem bis zu einer Nutzungsdauer von 6 Laktationen, darüber hinaus in geringerem Ausmaß. Diese umfangreiche und komplexe Feldstudie mit Fleckvieh-Kühen aus der österreichischen Rinderpopulation zeigt, dass vielfältige Aspekte – über die negative Beziehung „Milchleistung vs. Nutzungsdauer“ hinaus – wirksam werden, wenn über den Einfluss steigender Milchleistung diskutiert wird. Vor allem muss auch die Tatsache eines steigenden Kraftfutteranteils bei hohen Milchleistungen bedacht werden (pansenphysiologische Grenzen, Nahrungsmittelkonkurrenz, Nährstoffbilanz des Betriebes, Grünlandbewirtschaftung durch höheren Düngereinsatz) sowie auch Fragen der Arbeitsbelastung und Lebensqualität in einem Betrieb. Eine lange Nutzungsdauer bzw. große Kälberanzahl ist die unbedingt erforderliche Voraussetzung für eine strenge Selektion und senkt die Kosten für die Bestandesergänzung. Schließlich ist auch der Herdendurchschnitt höher, wenn der Anteil von Erstlingskühen in einer Herde geringer ist (HAIGER 2005).

In einer vergleichbaren, nachfolgenden Studie – ebenfalls alle Fleckviehkühe aus dem LKV-Datenpool (2000 bis 2010, n = 44.976), jedoch ausschließlich aus biologischer Bewirtschaftung – kamen HORN et al. (2012) zu ähnlichen Ergebnissen. Methodisch wurde ähnlich vorgegangen wie bei STEINWIDDER und GREIMEL (1999), die ökonomischen Fragestellungen wurden aber erweitert. Als begrenzende Faktoren wurden entweder die Milchquote (150.000 kg/Jahr) oder die Kuhanzahl (25 je Betrieb) festgelegt. Weiters wurde auch der Einfluss der Kraftfutter-Kosten und des Milch-Preises geprüft. In dieser Untersuchung erreichten die Kühe ihre maximale Leistung in der 5. Laktation. Die Gesamtkosten der Milchproduktion verminderten sich mit steigender Nutzungsdauer besonders in Folge sinkender Kosten für die Bestandesergänzung. Der Betriebsgewinn pro Jahr wurde stark von der Milchleistung und der Nutzungsdauer beeinflusst und erreichte sein Maximum in der 6. Laktation. Bei Kühen mit niedriger Nutzungsdauer war eine wesentlich höhere Jahresmilchleistung erforderlich, um den gleichen Gewinn zu erzielen, als bei Kühen mit hoher Nutzungsdauer. Ein interessanter Aspekt dieser Arbeit ist, dass der Effekt der Nutzungsdauer stark von den ökonomischen Rahmenbedingungen abhängt. Wirtschaftlicher Druck, wie hohe Kraftfutterkosten und niedrige Milchpreise, erhöht den wirtschaftlichen Vorteil einer hohen Nutzungsdauer.

Auf Grund der offensichtlich sehr hohen Bedeutung der Nutzungsdauer soll abschließend auf einige genetische Untersuchungen zu diesem Thema eingegangen werden. BRODY (1945) hat festgestellt, dass eine „Verlängerung der Wachstumsperiode mit einer Verlängerung der Lebenszeit“ verbunden ist. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass die Zucht auf Frühreife zu einer Verkürzung der Nutzungsdauer führt bzw. dass Kühe mit hohen Erstlaktationen eine kürzere Lebensdauer aufweisen. In einer grundlegenden ökonomisch-genetischen Studie zeigte ESSL (1982a und b), dass dies tatsächlich der Fall ist. Demnach weist die Entwicklung der Erstlaktation und der Nutzungsdauer in vielen Populationen auf einen deutlichen Antagonismus zwischen diesen Merkmalen hin. Mit rückläufiger Nutzungsdauer nimmt die Wirtschaftlichkeit der Kühe progressiv ab. Der kritische Wert, unter den die mittlere Nutzungsdauer einer Population nicht sinken sollte, liegt bei etwa 4 Laktationen. In einer Feldstudie mit je 550 Kühen der Rasse Fleckvieh, Braunvieh und Pinzgauer, die mindestens vier Laktationen erbrachten, wurden jeweils 200 Kühe (25 %) nach der höchsten Erst-, Zweit- oder Drittlaktation ausgewählt und deren Leistungsverlauf in den Folgelaktationen untersucht. Das Viertel der Kühe mit der höchsten Erstlaktation (d. h. die frühreifsten Tiere) steigerte sich in den Folgelaktationen am wenigsten und wies geringere Leistungen auf als die spätreiferen Kühe mit geringeren Erstlaktationen. Auch deren Ausfallraten von der 4. bis zur 10. Laktation waren höher (21,0, 19,5 und 15,5 %). Daraus wird der Schluss gezogen und die Empfehlung abgeleitet, für die endgültige Selektion der KB-Stiere die 3. Laktation der Töchter und für die Auswahl der Stiermütter ebenfalls die 3. Laktation abzuwarten sowie Fitness-Kriterien

direkt in die Selektion einzubeziehen. Auch SÖLKNER (1989) fand in der österreichischen Fleckviehpopulation negative genetische Beziehungen zwischen der Milchleistung und der Anzahl an Kalbungen (d. h. Nutzungsdauer) sowie der Lebensleistung.

In einer Review zum Thema „Longevity in Dairy Cattle Breeding“ kommt ESSL (1998) auf der Grundlage von Selektionsexperimenten, Felddaten, Monte Carlo-Simulationen und Modellrechnungen zum Schluss, dass zwischen Frühreife und Langlebigkeit ein signifikanter Antagonismus besteht. Die Beziehungen zwischen Milchleistung und Nutzungsdauer sind häufig verfälscht (d. h. zu günstig bewertet) durch die Tatsache, dass niedrig leistende Tiere vorzeitig ausgeschieden werden und andererseits hochleistende Tiere eines Bestandes besser betreut werden. Dadurch kann ihre Nutzungsdauer nicht unverfälscht und objektiv (unter ceteris paribus-Bedingungen) erfasst werden. Das relative wirtschaftliche Gewicht zwischen Nutzungsdauer und Milchleistung liegt bei etwa 1 : 2. In neuerer Zeit wird versucht, Fitness- und Gesundheitsmerkmale im Zuchtziel zu berücksichtigen (FÜRST-WALTL et al. 2023). Dabei stellt der Stoffwechsel-Komplex eine besondere Herausforderung dar. Klinische Erkrankungen weisen in der Regel sehr niedrige Frequenzen und Heritabilitäten auf. Um die Stoffwechselstabilität züchterisch stärker bearbeiten zu können, ist die Erfassung auch der subklinischen Fälle erforderlich. Darüber hinaus können auch Merkmale bzw. Hilfsmerkmale aus der Routineleistungsprüfung aus Automatisierungstechnologien (z. B. Automatische Melksysteme, Sensortechnologie) genutzt werden.

Die Ergebnisse dieses Versuches weisen auf den deutlichen Antagonismus zwischen Milchleistungsniveau und Gesundheitssituation hin. Höher leistende Tiere schneiden in den Gesundheits- und Fruchtbarkeitskriterien schlechter ab, während Tiere mit geringerem Leistungspotenzial hinsichtlich Fitness überlegen sind. Weiters trat auch eine starke Wechselwirkung zwischen Genotyp und Futterniveau bei den meisten Produktions- und Gesundheitskriterien auf. Einerseits reagierten hochleistende Kühe auf zusätzliches Kraftfutterangebot mit einer stärkeren Steigerung der Milchleistung und Futteraufnahme. Andererseits wirkte sich bei Tieren mit geringerem Leistungspotenzial eine niedrige Energieversorgung weniger stark auf eine Verschlechterung der Gesundheit und vor allem der Nutzungsdauer aus. **Die Kühe sollten daher entsprechend ihrem Leistungspotenzial gefüttert werden** (DACCORD 1992). Die Fütterung hochleistender Kühe erfordert ein wesentlich anspruchsvolleres Management, eine hohe Grundfutterqualität und einen hohen Kraftfutteranteil. Dies muss bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit berücksichtigt werden. Der Kraftfuttereinsatz hat pansenphysiologische Grenzen, stellt eine Nahrungsmittelkonkurrenz zur menschlichen Ernährung dar und hat auch negative Auswirkungen auf die Umweltwirkung der Milchproduktion (Nährstoffbilanz des landwirtschaftlichen Betriebes).

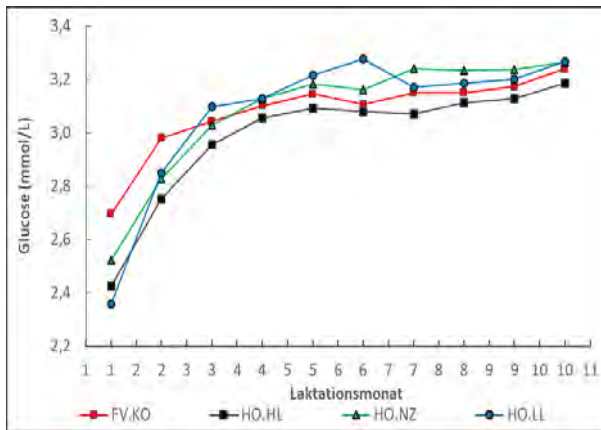
Tabelle 7: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf die Ergebnisse der Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer, Haupteffekte von Genotyp und Futterniveau

| Merkmal | | Genotyp | | | | Futterniveau | | | | P-Werte | | | |
|------------------------------|--------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------|------|------|------|---------|--------|-------|-------|
| | | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | HO _{LL} | Weide | KF05 | KF20 | KF35 | RSD | G | F | G x F |
| Fruchtbarkeit | | | | | | | | | | | | | |
| Besamungsindex | Anzahl/Kalb | 2,02 | 2,42 | 2,00 | 1,92 | 2,10 | 2,13 | 2,14 | 1,98 | 1,37 | 0,271 | 0,915 | 0,810 |
| NonReturn-Rate 28 Tage | % | 64,0 | 48,9 | 52,3 | 67,2 | 57,6 | 53,0 | 59,0 | 62,9 | 0,5 | 0,132 | 0,796 | 0,383 |
| NonReturn-Rate 56 Tage | % | 75,7 | 64,9 | 68,9 | 78,1 | 69,3 | 69,5 | 72,9 | 76,0 | 0,5 | 0,391 | 0,838 | 0,652 |
| NonReturn-Rate 90Tage | % | 82,8 | 72,8 | 90,4 | 90,5 | 79,3 | 82,0 | 89,4 | 85,7 | 0,4 | 0,035 | 0,332 | 0,297 |
| Rastzeit | Tage | 63 | 70 | 70 | 63 | 66 | 69 | 66 | 65 | 21 | 0,108 | 0,776 | 0,639 |
| Verzögerungszeit | Tage | 41 | 52 | 39 | 33 | 44 | 45 | 38 | 38 | 54 | 0,336 | 0,803 | 0,369 |
| Serviceperiode | Tage | 104 | 122 | 109 | 97 | 110 | 115 | 104 | 103 | 58 | 0,154 | 0,691 | 0,658 |
| Zwischenkalbezeit | Tage | 390 | 403 | 388 | 378 | 393 | 396 | 387 | 383 | 58 | 0,155 | 0,604 | 0,716 |
| Trächtigkeitsdauer | Tage | 286 | 281 | 279 | 281 | 283 | 282 | 283 | 280 | 8 | <0,001 | 0,123 | 0,046 |
| Erstkalbealter | Tage | 815 | 815 | 819 | 813 | 817 | 817 | 807 | 821 | 136 | 0,137 | 0,157 | 0,231 |
| Erstkalbealter | Monate | 26,8 | 26,8 | 26,9 | 26,7 | 26,9 | 26,8 | 26,5 | 27,0 | 46,9 | 0,972 | 0,768 | 0,706 |
| Nutzungsdauer | | | | | | | | | | | | | |
| Nutzungsdauer | Anzahl Lakt. | 4,15 | 3,20 | 4,75 | 4,74 | 4,64 | 3,87 | 4,66 | 3,69 | 2,11 | 0,057 | 0,322 | 0,106 |
| Anteil Kühe in 2. Laktation | % | 92,2 | 75,6 | 91,1 | 92,4 | 89,2 | 80,8 | 93,1 | 88,2 | 33,5 | 0,247 | 0,687 | 0,585 |
| Anteil Kühe in 3. Laktation | % | 68,8 | 52,2 | 81,1 | 86,2 | 64,2 | 70,8 | 82,7 | 70,5 | 43,3 | 0,058 | 0,565 | 0,207 |
| Anteil Kühe in 4. Laktation | % | 52,1 | 37,1 | 65,7 | 69,4 | 63,8 | 56,3 | 68,4 | 35,9 | 47,4 | 0,116 | 0,152 | 0,131 |
| Anteil Kühe in 5. Laktation | % | 41,5 | 32,0 | 50,6 | 46,3 | 43,9 | 37,2 | 57,2 | 32,1 | 49,1 | 0,624 | 0,393 | 0,187 |
| Anteil Kühe in 6. Laktation | % | 25,0 | 17,1 | 40,7 | 31,6 | 44,0 | 13,5 | 40,4 | 16,6 | 42,0 | 0,300 | 0,039 | 0,146 |
| Anteil Kühe in 7. Laktation | % | 17,4 | 6,8 | 25,6 | 25,4 | 38,9 | 13,6 | 13,8 | 8,8 | 35,5 | 0,259 | 0,032 | 0,194 |
| Anteil Kühe in 8. Laktation | % | 8,4 | 0,0 | 15,4 | 14,9 | 20,3 | 4,8 | 4,8 | 8,7 | 26,5 | 0,191 | 0,188 | 0,298 |
| Anteil Kühe in 9. Laktation | % | 5,0 | 0,0 | 4,9 | 8,2 | 0,0 | 5,0 | 5,1 | 8,2 | 17,9 | 0,520 | 0,517 | 0,071 |
| Anteil Kühe in 10. Laktation | % | 5,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,9 | 0,0 | 0,0 | 10,5 | 0,241 | 0,318 | 0,304 |

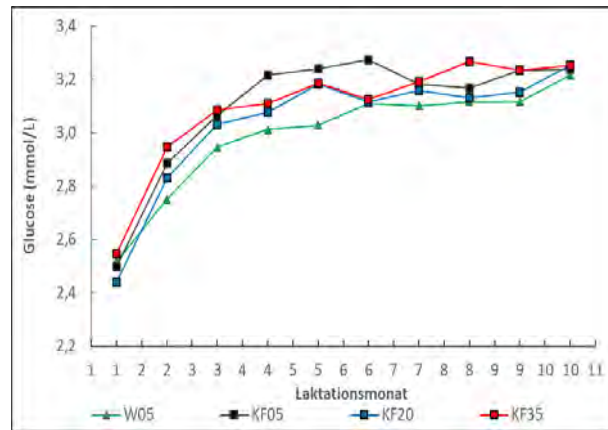
Tabelle 8: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf die Ergebnisse der Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer, Wechselwirkung Genotyp x Futterniveau

| Merkmal | Weide | | | KF05 | | | KF20 | | | KF35 | | | | |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|-------|
| | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{NZ} | | |
| Fruchtbarkeit | | | | | | | | | | | | | | |
| Besamungsindex | Anzahl/Kalb | 2,12 | 2,77 | 1,66 | 1,87 | 2,00 | 1,93 | 2,29 | 2,11 | 2,23 | 1,91 | 2,49 | 1,93 | 1,57 |
| NonReturn-Rate 28 Tage | % | 55 | 46 | 62 | 67 | 69 | 61 | 67 | 56 | 52 | 68 | 43 | 59 | 81 |
| NonReturn-Rate 56 Tage | % | 65 | 56 | 77 | 80 | 71 | 80 | 75 | 65 | 71 | 77 | 59 | 77 | 91 |
| NonReturn-Rate 90Tage | % | 70 | 61 | 92 | 95 | 83 | 95 | 83 | 94 | 86 | 81 | 65 | 98 | 98 |
| Rastzeit | Tage | 64 | 66 | 67 | 67 | 59 | 63 | 70 | 71 | 60 | 62 | 62 | 69 | 68 |
| Verzögerungszeit | Tage | 60 | 63 | 27 | 27 | 45 | 30 | 42 | 38 | 43 | 37 | 63 | 31 | 19 |
| Serviceperiode | Tage | 124 | 129 | 95 | 93 | 103 | 93 | 112 | 109 | 103 | 99 | 125 | 101 | 87 |
| Zwischenkalbezeit | Tage | 411 | 411 | 374 | 377 | 383 | 376 | 396 | 391 | 384 | 384 | 401 | 380 | 367 |
| Trächtigkeitsdauer | Tage | 287 | 282 | 279 | 284 | 280 | 284 | 284 | 282 | 281 | 285 | 276 | 279 | 280 |
| Erstkalbealter | Tage | 811 | 834 | 809 | 814 | 808 | 820 | 776 | 818 | 815 | 824 | 817 | 828 | 815 |
| Erstkalbealter | Monate | 26,7 | 27,4 | 26,6 | 26,7 | 26,6 | 27,0 | 25,5 | 26,9 | 26,8 | 27,1 | 26,9 | 27,2 | 26,8 |
| Nutzungsdauer | | | | | | | | | | | | | | |
| Nutzungsdauer | Anzahl Lakt. | 3,34 | 3,34 | 6,12 | 5,75 | 3,83 | 4,36 | 3,73 | 6,28 | 4,25 | 3,63 | 3,67 | 2,32 | 5,14 |
| Anteil Kühe in 2. Lakt. | % | 87,0 | 87,0 | 82,6 | 100,0 | 66,7 | 100,0 | 74,5 | 97,4 | 100,0 | 83,8 | 83,3 | 82,6 | 100,0 |
| Anteil Kühe in 3. Lakt. | % | 44,2 | 30,0 | 82,6 | 100,0 | 66,7 | 83,9 | 74,6 | 97,4 | 75,0 | 69,6 | 66,7 | 42,6 | 100,0 |
| Anteil Kühe in 4. Lakt. | % | 44,0 | 29,7 | 81,4 | 100,0 | 66,7 | 49,9 | 50,1 | 98,6 | 75,0 | 56,1 | 50,0 | 1,4 | 35,9 |
| Anteil Kühe in 5. Lakt. | % | 15,1 | 29,4 | 81,2 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 78,8 | 50,0 | 42,0 | 50,0 | 1,2 | 35,3 |
| Anteil Kühe in 6. Lakt. | % | 14,9 | 29,2 | 81,9 | 50,0 | 16,7 | 34,1 | 24,4 | 78,1 | 25,0 | 13,0 | 16,7 | 1,9 | 34,8 |
| Anteil Kühe in 7. Lakt. | % | 14,9 | 29,2 | 61,6 | 50,0 | 16,7 | 17,3 | 0,0 | 38,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 34,8 |
| Anteil Kühe in 8. Lakt. | % | 14,9 | 0,0 | 40,8 | 25,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 19,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 34,7 |
| Anteil Kühe in 9. Lakt. | % | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 20,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 32,7 |
| Anteil Kühe in 10. Lakt. | % | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

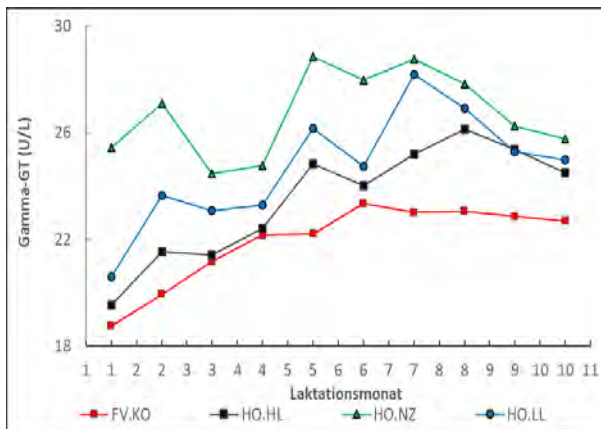
Glucose (Genotyp × Laktationsmonat)



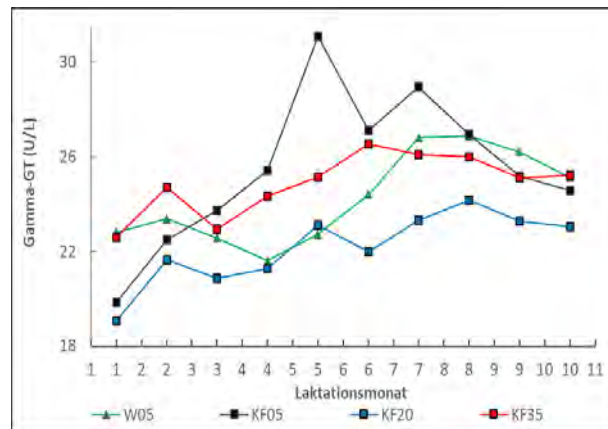
Glucose (Futterniveau × Laktationsmonat)



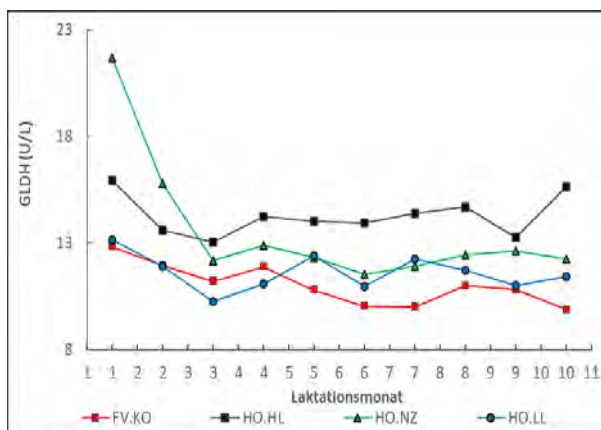
Gamma-GT (Genotyp × Laktationsmonat)



Gamma-GT (Futterniveau × Laktationsmonat)



GLDH (Genotyp × Laktationsmonat)



GLDH (Futterniveau × Laktationsmonat)

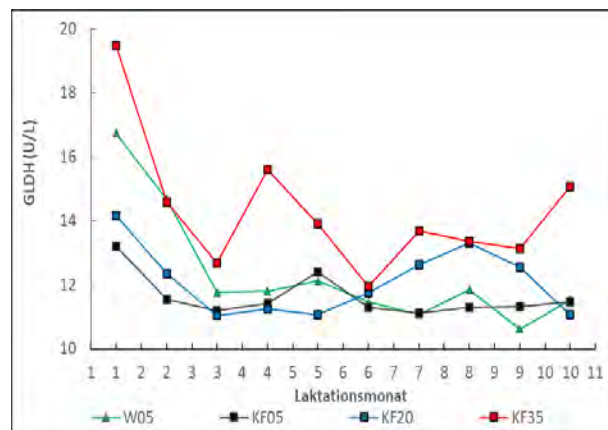


Abbildung 6a: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf Ergebnisse der Blutanalysen (Glucose, GGT, GLDH), (Ganze Laktation) (linke Seite Genotyp × Laktationsmonat, rechte Seite Futterniveau × Laktationsmonat)

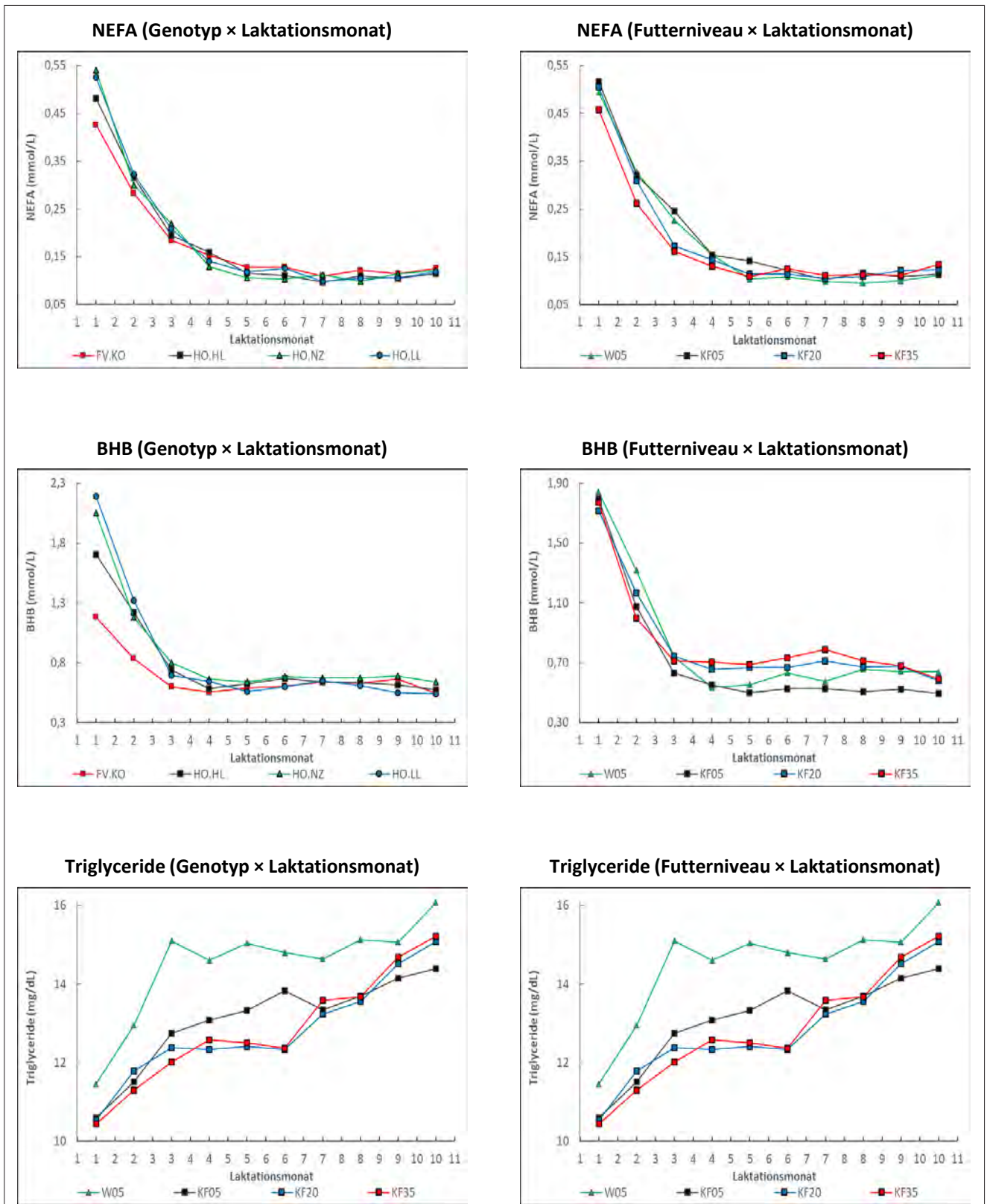


Abbildung 6b: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf Ergebnisse der Blutanalysen (NEFA, BHB, Triglyceride),(Ganze Laktation) (linke Seite Genotyp × Laktationsmonat, rechte Seite Futterniveau × Laktationsmonat)

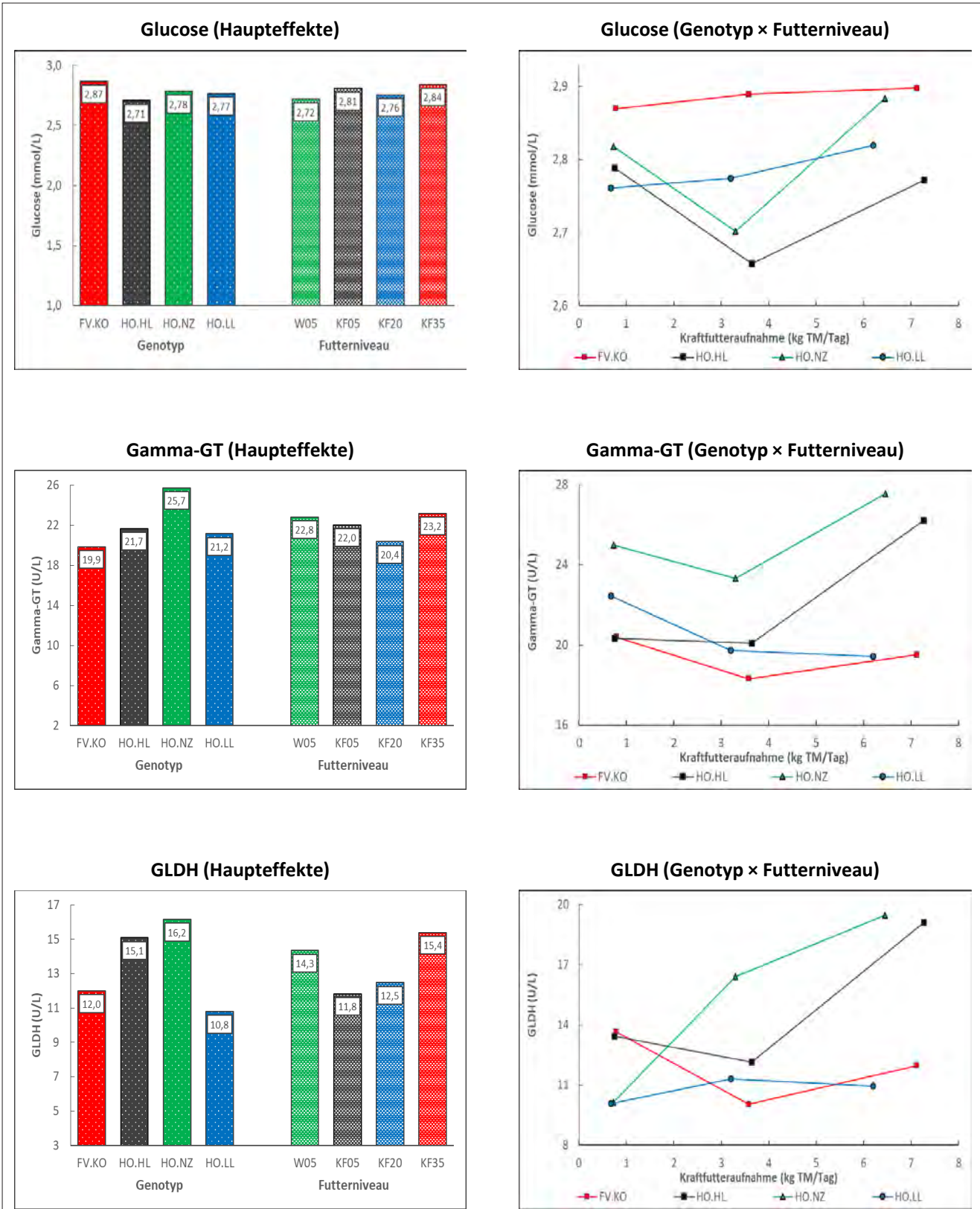


Abbildung 7a: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf Ergebnisse der Blutanalysen (Glucose, GGT, GLDH), (Laktationsmonate 1 bis 3), (linke Seite Haupteffekte, rechte Seite Wechselwirkung)

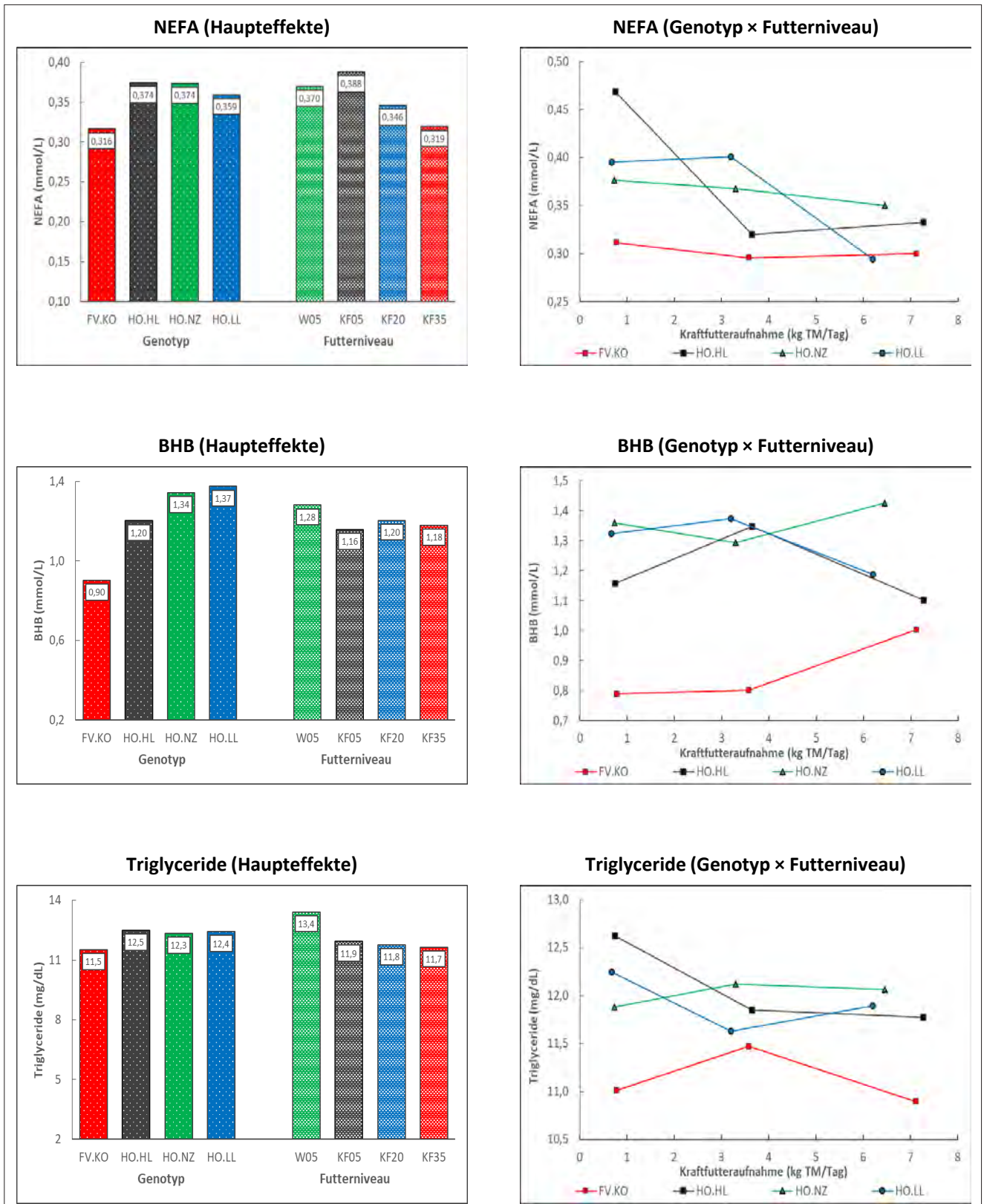


Abbildung 7b: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf Ergebnisse der Blutanalysen (NEFA, BHB, Triglyceride, (Laktationsmonate 1 bis 3), (linke Seite Haupteffekte, rechte Seite Wechselwirkung)

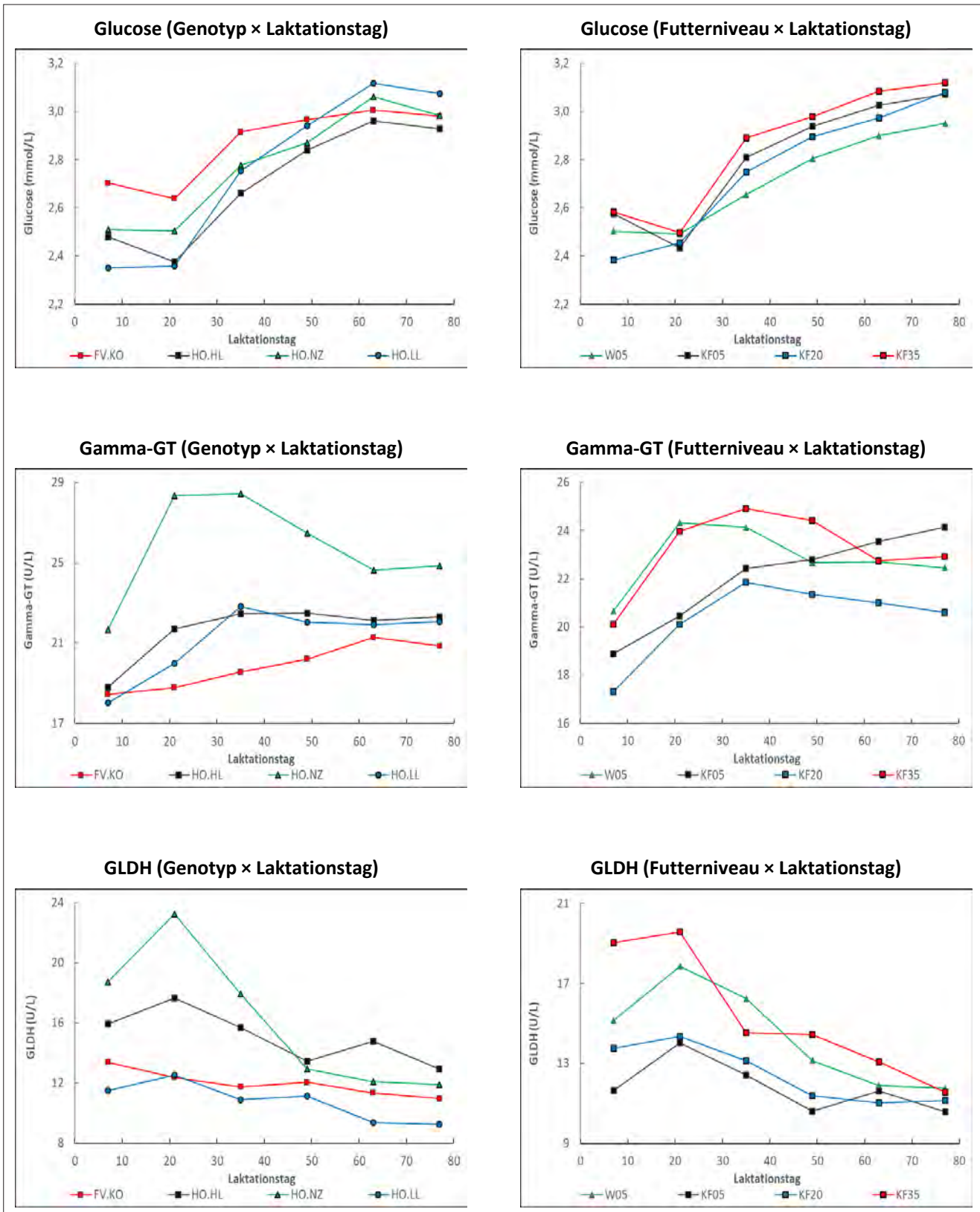


Abbildung 8a: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf Ergebnisse der Blutanalysen (Glucose, GGT, GLDH), (Laktationsmonate 1 bis 3), (linke Seite Genotyp × Laktationsmonat, rechte Seite Futterniveau × Laktationsmonat)

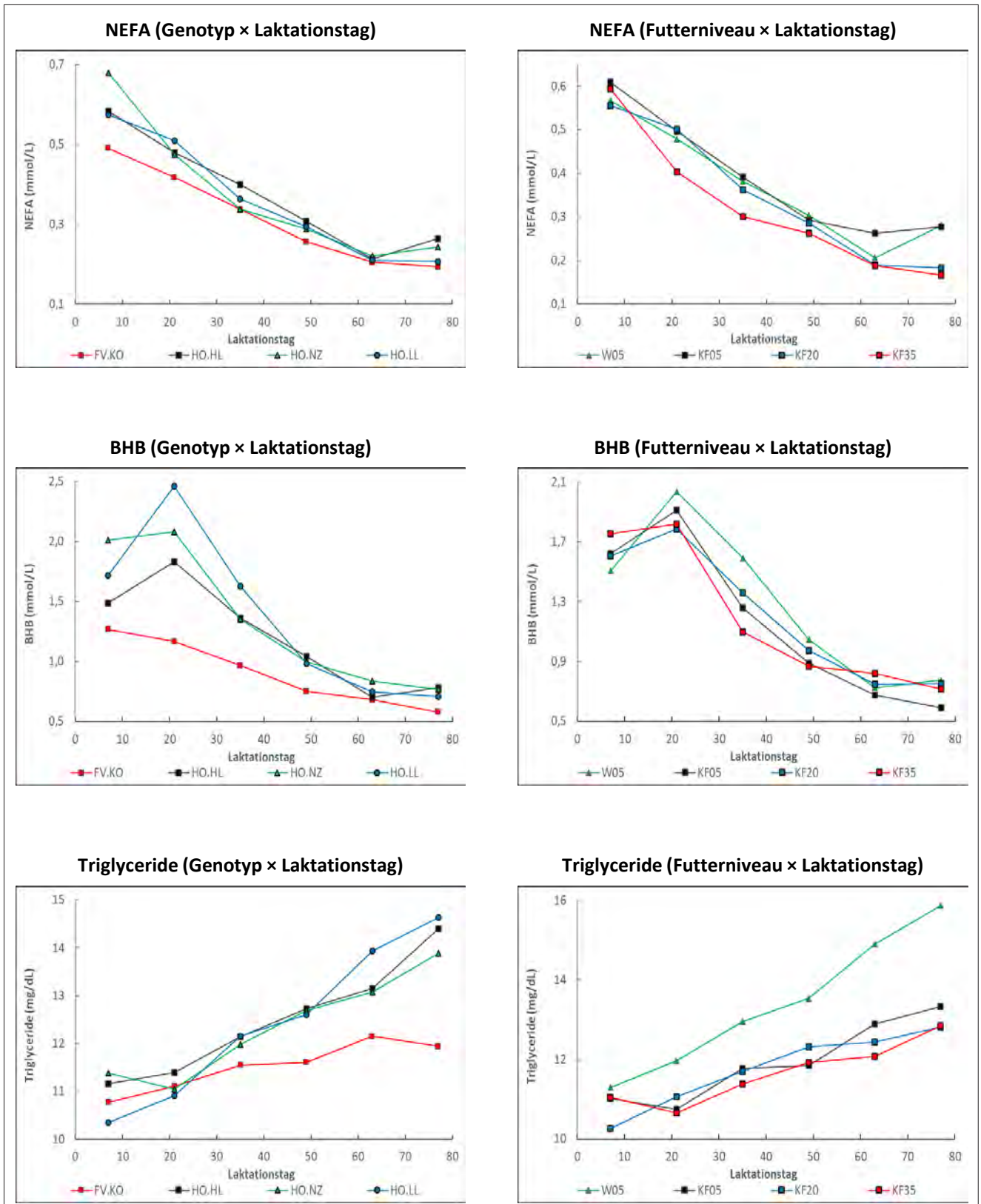


Abbildung 8b: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf Ergebnisse der Blutanalysen (NEFA, BHB, Triglyceride), (Laktationsmonate 1 bis 3), (linke Seite Genotyp × Laktationsmonat, rechte Seite Futterniveau × Laktationsmonat)

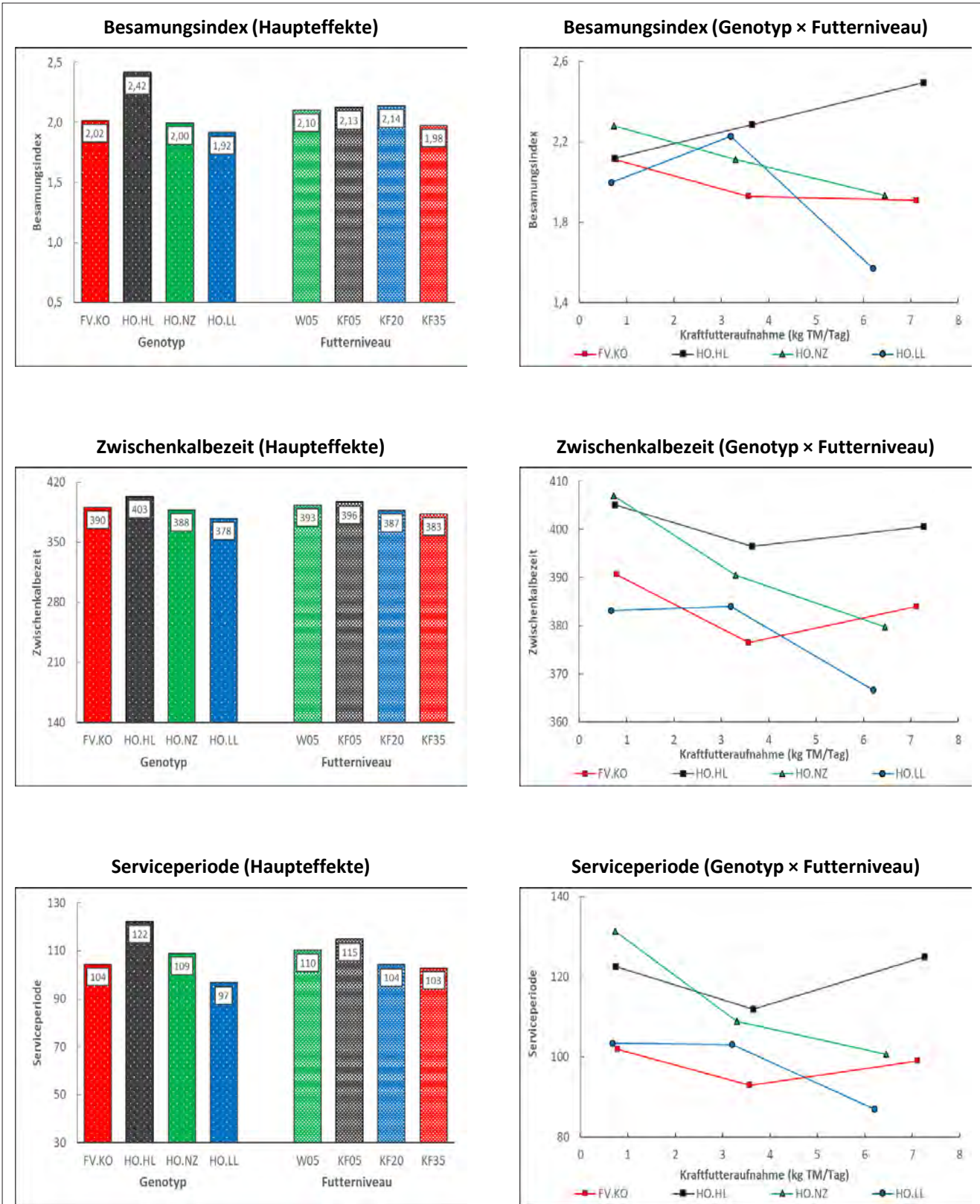


Abbildung 9a: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf Ergebnisse der Fruchtbarkeit, (linke Seite Haupteffekte, rechte Seite Wechselwirkung)

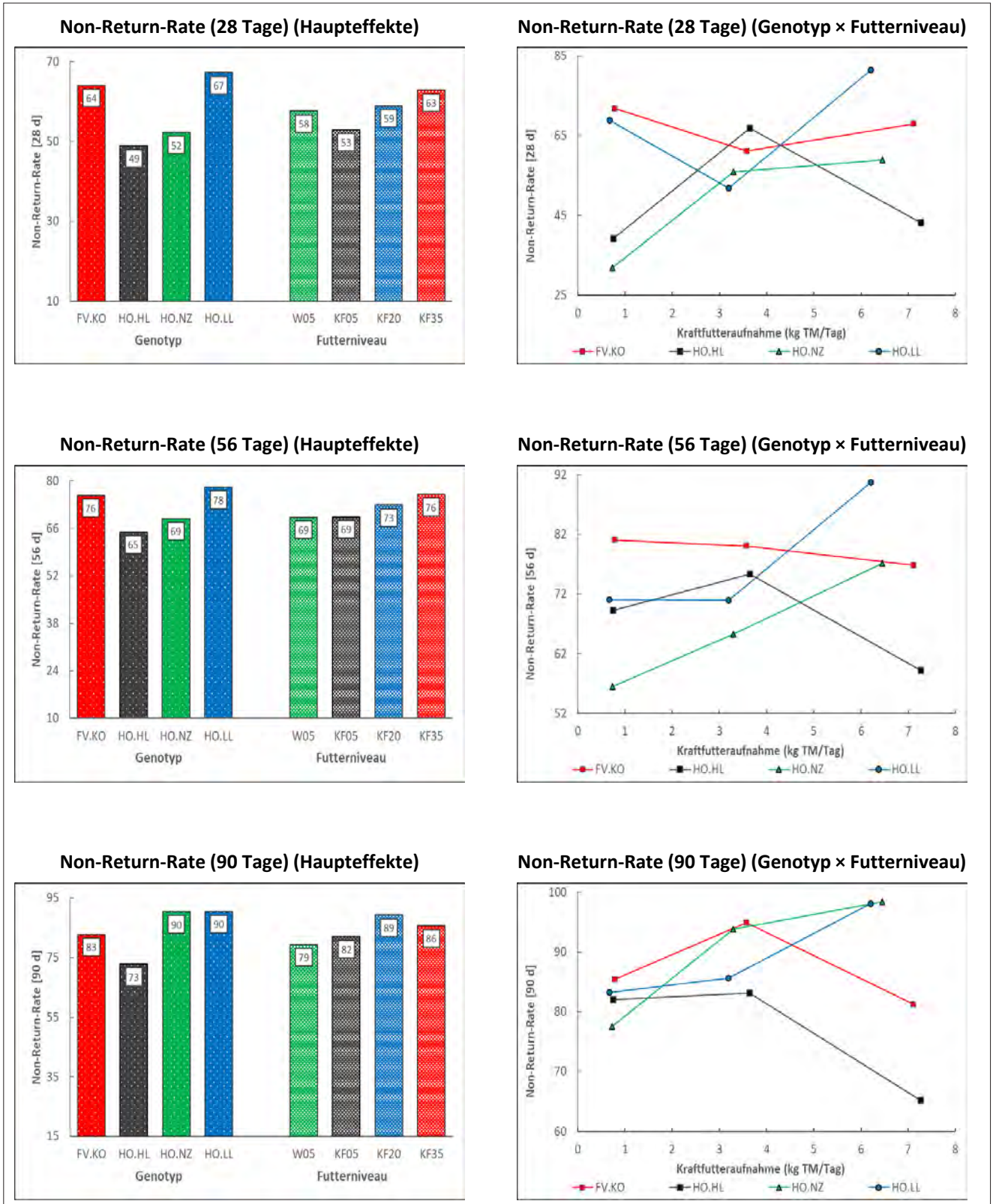
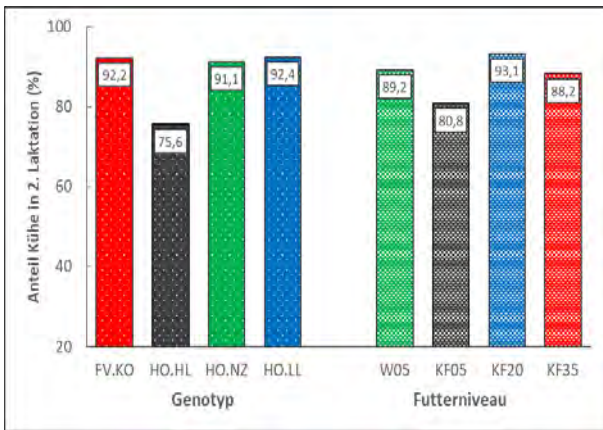
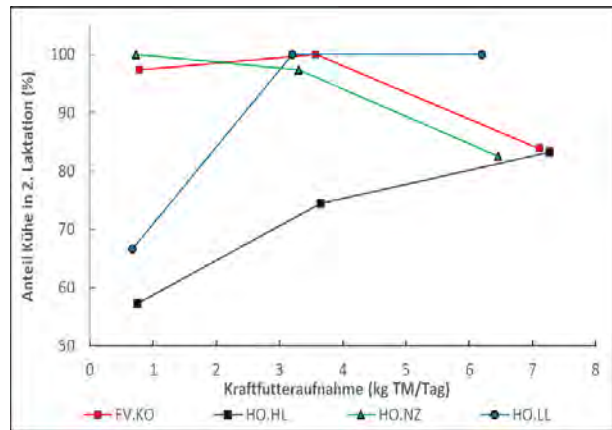


Abbildung 9b: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf Ergebnisse der Fruchtbarkeit (Forts.), (linke Seite Haupteffekte, rechte Seite Wechselwirkung)

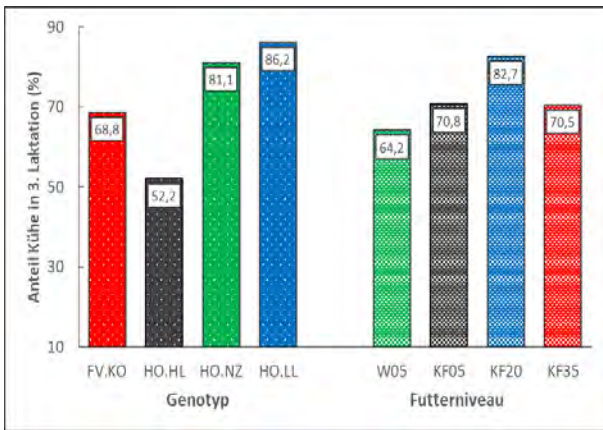
Anteil der Kühe in 2. Laktation (Haupteffekte)



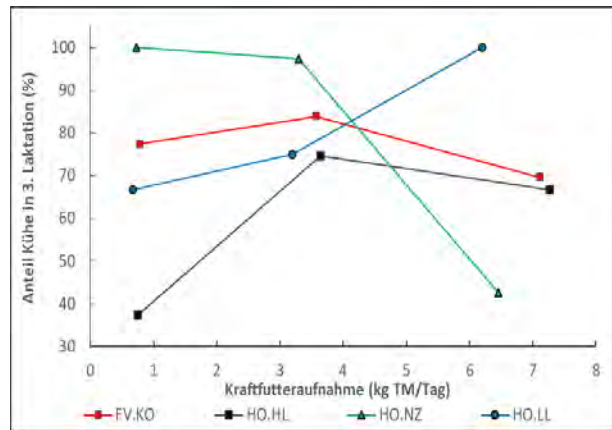
Anteil der Kühe in 2. Lakt. (Genotyp × Futterniveau)



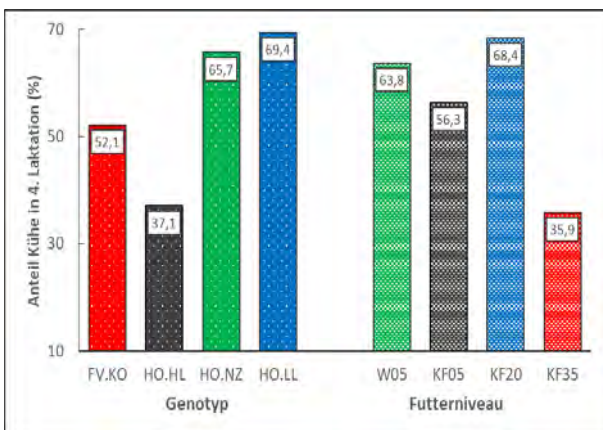
Anteil der Kühe in 3. Laktation (Haupteffekte)



Anteil der Kühe in 3. Lakt. (Genotyp × Futterniveau)



Anteil der Kühe in 4. Laktation (Haupteffekte)



Anteil der Kühe in 4. Lakt. (Genotyp × Futterniveau)

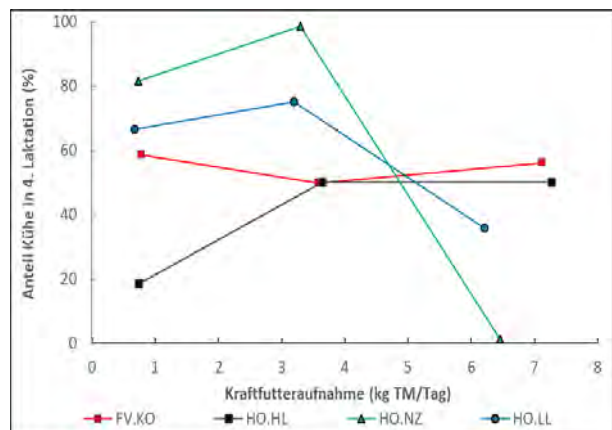
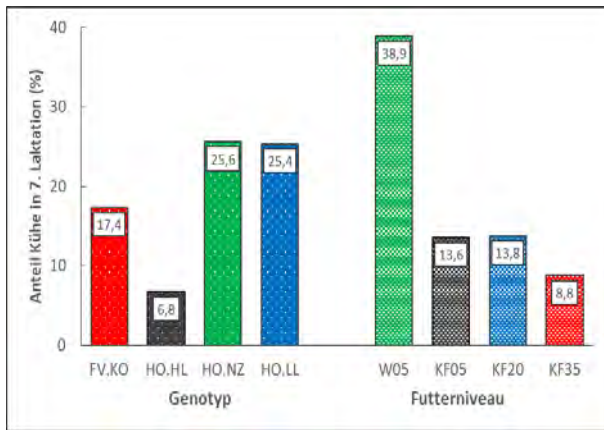
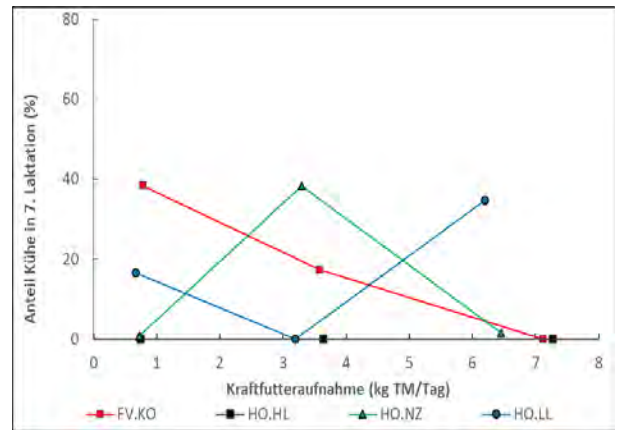


Abbildung 10a: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf die Nutzungsdauer, (linke Seite Haupteffekte, rechte Seite Wechselwirkung)

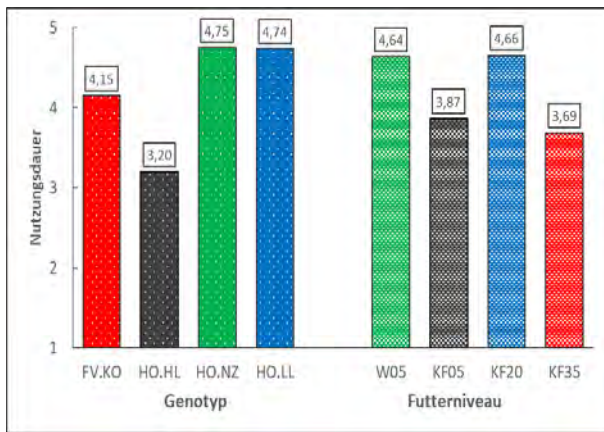
Anteil der Kühe in 7. Laktation (Haupteffekte)



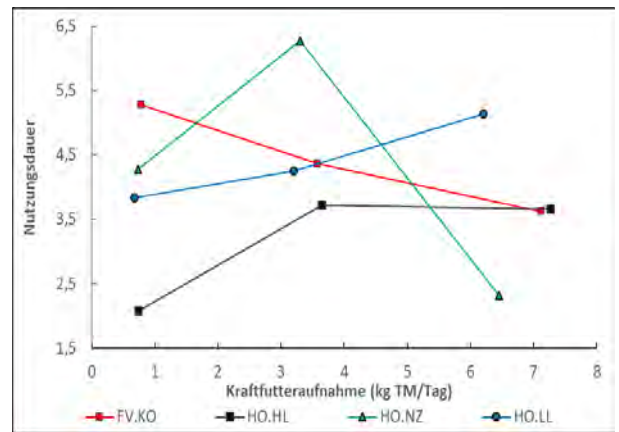
Anteil der Kühe in 7. Lakt. (Genotyp × Futterniveau)



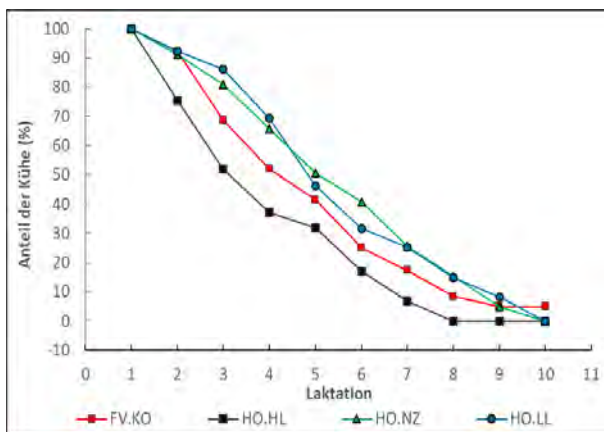
Nutzungsdauer (Haupteffekte)



Nutzungsdauer (Genotyp × Futterniveau)



Survival Rate (Genotyp)



Survival Rate (Futterniveau)

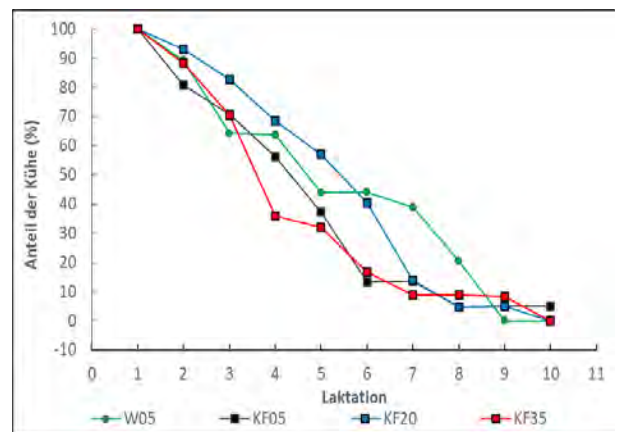


Abbildung 10b: Einfluss von Genotyp und Futterniveau auf die Nutzungsdauer (Forts.), (linke Seite Haupteffekte, rechte Seite Wechselwirkung)

4. Literatur

BAKELS, F., 1960: Ein Beitrag zur tierzüchterischen Beeinflussung der Nutzungsdauer und Lebensleistung des Rindes. Dissertation LMU München.

BECKER, J.C., B.J. HEINS und L.B. HANSEN, 2012: Costs for health care of Holstein cows selected for large versus small body size. *J. Dairy Sci.* 95, 5384-5392.

BENNEWITZ, J., 2016: Potentiale und Herausforderungen der genomischen Selektion in der Tierzucht. 26. Hülseberger Gespräche 2016 "Die postgenomische Ära: Die Renaissance des Phänotyps", 10-14.

BERRY, D.P. und J.E. PRYCE, 2014: Feed efficiency in growing and mature animals. Proceedings of 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver 2014.

BMLRT (Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus), 2022a: Grüner Bericht 2022. Die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Herausgeber BMLRT, Wien, 288 S

BMLRT (Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus), 2022b: Milchproduktion 2021 – Ergebnisse und Konsequenzen der Betriebszweigauswertung aus den Arbeitskreisen in Österreich (Gesamtkoordination DI Franz Paller), 43 S.

BRODY, S., 1945: Bioenergetics and Growth. Reinhold Publishing Corporation, New York, USA, 1023 S.

BROWN, C.A., P.T. CHANDLER und B. HOLTER, 1977: Development of predictive equations for milk yield and dry matter intake in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 60, 1739-1754.

COLEMAN, J., D.P. BERRY, K.M. PIERCE, A. BRENNAN und B. HORAN, 2010: Dry matter intake and feed efficiency profiles of 3 genotypes of Holstein-Friesian within pasture-based systems of milk production. *J. Dairy Sci.* 93, 4318-4331.

COULON, J.B. und B. REMOND, 1991: Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply to the dairy cow: a review. *Livest. Prod. Sci.* 29, 31-47.

DACCORD, R., 1992: Grenzen der Milchleistung. *Landfreund Heft* 52 (1992), 11-13.

DICKINSON, F.N., B.T. McDANIEL und R.E. McDOWELL, 1969: Comparative efficiency of feed utilization during first lactation of Ayrshire, Brown Swiss and Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 52, 489-497.

DILLON, P., S. SNIJDERS, F. BUCKLEY, B. HARRIS, P.O. CONNOR und J.F. MEE, 2003: A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production. 1. Milk production, live weight, body condition score and DM intake. *Livest. Prod. Sci.* 83, 21-33.

DILLON, P., D.P. BERRY, R.D. EVANS, F. BUCKLEY und B. HORAN, 2006: Consequences of genetic selection for increased milk production in European seasonal pasture based systems of milk production, *Livest. Sci.* 99, 141-158.

ESSL, A., 1982a: Untersuchungen zur Problematik einer auf hohe Lebensleistung ausgerichtete Zucht bei Milchkühen. 1. Grundsätzliche Überlegungen und Ergebnisse von Modellrechnungen. *Züchtungskde.* 54, 267-275.

ESSL, A., 1982b: Untersuchungen zur Problematik einer auf hohe Lebensleistung ausgerichtete Zucht bei Milchkühen. Ergebnisse einer Felddatenanalyse. *Züchtungskde.* 54, 361-377.

ESSL, A., 1998: Longevity in dairy cattle: a review. *Livest. Prod. Sci.* 57, 79-89.

FAVERDIN, P., J.P. DULPHY, J.B. COULON, R. VERITE, L.P. GAREL, L. ROUEL und B. MARQUIS, 1991: Substitution of roughage by concentrates for dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 27, 137-156.

FLACHOWSKY, G., 2000: Nährstoffökonomische und ökologische Aspekte bei der Erzeugung von essbarem Eiweiß tierischer Herkunft bei unterschiedlichem Leistungsniveau der Nutztiere. *Landbauforschung Völkenrode* 50, 38-49.

FLEISCHER, P., M. METZNER, M. BEYERBACH, M. HOEDEMAKER und W. KLEE, 2001: The relationship between milk yield and the incidence of some diseases in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2025-2035.

FÜRST-WALTL, B., K. SCHODL, H. SCHWARZENBACHER, A. KÖCK und C. EGGER-DANNER, 2023: Neue Merkmale für die Zucht auf Stoffwechselstabilität. *Rinderzucht Austria Seminar 2023 „Digitalisierung – Herausforderungen und Lösungen in der Rinderwirtschaft“*. 09.03.2023, Hefterhof, Salzburg, 72-78.

GANTNER, U., C. GAZZARIN und E. MEILI, 1992: Wo liegt die wirtschaftlich optimale Nutzungsdauer der Milchkuh. *Landwirtschaft Schweiz* 4, 209-212.

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

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

GERSTER, E., 2020: Langfristige Beurteilung der Energieversorgung von Milchkühen bei unterschiedlichem Kraftfuttereinsatz. *Dissertation Universität Hohenheim*, 201 S.

GROSS, J.J., 2022: Limiting factors for milk production in dairy cows: perspectives from physiology and nutrition. *J. Anim. Sci.* 100, 1-11.

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, Irdning*, 1-49.

GRUBER, L., F.J. SCHWARZ, D. ERDIN, B. FISCHER, H. SPIEKERS, H. STEINGASS, U. MEYER, A. CHASSOT, T. JILG, A. OBERMAIER und T. GUGGENBERGER, 2004: Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 116. *VDLUFA-Kongress, Rostock*, 13.-17. September 2004, *Kongressband 2004*, 484-504.

GRUBER, L., 2007: Einfluss der Kraftfuttermenge auf Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen. *Bericht 34. Viehwirtschaftliche Fachtagung HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning*, 35-51.

GRUBER, L. und M. STEGFELLNER, 2015: Effizienz bei Milchkühen – Einfluss von Rasse, Laktationszahl und Laktationsstadium. *Bericht 42. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal*, 23-40.

GRUBER, L., J. HÄUSLER, A. HAIGER, G. TERLER, D. EINGANG, A. ADELWÖHRER und A. SCHAUER, 2016: Einfluss von Tränkedauer und Fütterungsintensität auf die Aufzuchtleistung von weiblichen Rindern verschiedener Genotypen. *Bericht 43. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal*, 29-45.

- GRUBER, L. und M. LEDINEK, 2017: Effizienz der Milcherzeugung in Abhängigkeit von Genotyp und Lebendmasse. Bericht 44. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 23-39.
- HAIGER, A., R. STEINWENDER, J. SÖLKNER und H. GREIMEL, 1987: Vergleichsversuch von Braunvieh mit Brown Swiss- und Holstein Friesian-Kreuzungen, 7. Mitteilung: Milchleistungsvergleich. Die Bodenkultur 38, 273-280.
- HAIGER, A., 1988: Zucht. In: Naturgemäße Viehwirtschaft – Zucht, Fütterung, Haltung von Rind und Schwein (A. Haiger, R. Storhas, H. Bartussek). Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 37-93.
- HAIGER, A. und J. SÖLKNER, 1995: Der Einfluss verschiedener Futterniveaus auf die Lebensleistung kombinierter und milchbetonter Kühe: 2. bis 8. Laktation. Züchtungskde. 67, 263-273.
- HAIGER, A., 2005: Naturgemäße Tierzucht bei Rindern und Schweinen. Verlag AVBUCH (Öst. Agrarverlag), Leopoldsdorf, 142 S.
- HAIGER, A. und W. KNAUS, 2010: Vergleich von Fleckvieh und Holstein Friesian in der Milch- und Fleischleistung. 1. Mitteilung: Milchleistungsvergleich ohne Kraftfutter. Züchtungskde. 82, 131-143.
- HAIGER, A., 2021: Kuh und Gras haben Zukunft. Online-Vortrag Bio Ernte Steiermark, 29.04.2021.
- HAIGER, A., 2023: Persönliche Mitteilung.
- HANSEN, L.B., J.B. COLE, G.D. MARX und A.J. SEYKORA, 1999: Productive life and reasons for disposal of Holstein cows selected for large versus small body size. J. Dairy Sci. 82, 795-801.
- HARRIS, B.L. und E.S. KOLVER, 2001: Review of Holsteinization on intensive pastoral dairy farming in New Zealand. J. Dairy Sci. 84 (E. Suppl.), E56-E61.
- HAYES, B.J., P.J. BOWMAN, A.J. CHAMBERLAIN und M.E. GODDARD, 2009: Invited review: Genomic selection in dairy cattle: Progress and challenges. J. Dairy Sci. 92, 433-443.
- HOOVEN, N.W., R.H. MILLER und R.D. PLOWMAN, 1968: Genetic and environmental relationships among efficiency, yield, consumption and weight of Holstein cows. J. Dairy Sci. 51, 1409-1419.
- HORN, M., W. KNAUS, L. KIRNER und A. STEINWIDDER, 2012: Organic evaluation of longevity in organic dairy cows. Organic Agriculture 2, 127-143.
- HORAN, B., P. DILLON, P. FAVERDIN, L. DELABY, F. BUCKLEY und R. RATH, 2005: The interaction of Holstein-Friesian cows and pasture-based feed-systems on milk yield, body weight, and body condition score. J. Dairy Sci. 88, 1231-1243.
- HORAN, B., P. FAVERDIN, L. DELABY, M. RATH und P. DILLON, 2006: The effect of strain of Holstein-Friesian dairy cow and pasture-based system on grass intake and milk production. Anim. Sci. 82, 435-444.
- ICAR (International Committee for Animal Recording): <http://www.icar.org/index.php/publications-technical-materials/>
- KAUFMANN, W., 1976: Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH-regulation in the rumen and on feed intake in ruminants. Livest. Prod. Sci. 3, 103-114.

- KNAUS, W., 2009: Dairy cows trapped between performance demands and adaptability. *J. Sci. Food Agric.* 89, 1107-1114.
- KORVER, S., 1982: Feed intake and production in dairy breeds dependent on the ration. Diss. Wageningen, 139 S.
- KROGMEIER, D., 2009: Zusammenhänge zwischen Nutzungsdauer und Körpergröße unter besonderer Berücksichtigung des Stallsystemes bei Braunvieh und Fleckvieh. *Züchtungskde.* 81, 328-340.
- KRONSCHNABL, C., H. SPIEKERS, W. PREISSINGER, M. STANGASSINGER, K. MAHLKOW-MERGE, M. PRIES, T. JILG, B. LOSAND und F. SCHWARZ, 2010: Ermittlung von laktations-spezifischen Prognosebereichen zur Beurteilung der Konzentration von Blutparametern beprobter Milchkühe. 123. VDLUFA-Kongress, Speyer, 13.-16. September 2011, Kongressband 2011, 558-567.
- KÜNZI, N., 1969: Beziehungen zwischen Futtermittelverzehr und Milchleistung bei Fleckvieh-, Braunvieh- und Ayrshirekühen. Diss. 4342, ETH Zürich, 122 S.
- LEBZIEN, P., K. ROHR und H.J. OSLAGE, 1981: Untersuchungen über die Abhängigkeit der Fettsäureproduktion im Pansen von der Rationszusammensetzung. *Arch. Tierernährg.* 31, 685-696.
- LIC (Livestock Improvement Corporation Ltd.), 2021: New Zealand Dairy Statistics 2020-21, 60 S.
- LEDINEK, M., L. GRUBER, F. STEININGER, B. FUERST-WALTL, K. ZOTTL, M. ROYER, K. KRIMBERGER, M. MAYERHOFER und C. EGGER-DANNER, 2019: Analysis of lactating cows on commercial Austrian dairy farms: Influence of genotype and body weight on efficiency parameters. *Arch. Anim. Breed.* 62, 491-500.
- LEDINEK, M., L. GRUBER, G. THALLER, K.-U. GÖTZ, K.-H. SÜDEKUM und H. SPIEKERS, 2022: Effizienz-merkmale beim Milchrind: Definieren – Einordnen – Anwenden. *Züchtungskde.* 94, 81-109.
- LINNANE, M., B. HORAN, J. CONNOLLY, P. O'CONNOR, F. BUCKLEY und P. DILLON, 2004: The effect of strain of Holstein-Friesian and feeding system on grazing behaviour, herbage intake and productivity in the first lactation. *Anim. Sci.* 78, 169-178.
- LUCY, M.C., 2001: Reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end? *J. Dairy Sci.* 84, 1277-1293.
- LUSH, J.L., 1933: Linebreeding. Agricultural Experimental Station, Iowa State College of Agriculture. Bulletin No. 301.
- MACDONALD, K.A., G.A. VERKERK, B.S. THORROLD, J.E. PRYCE, J.W. PENNO, L.R. McNAUGHTON, L.J. BURTON, A.S. LANCASTER, J.H. WILLIAMSON und C.W. HOLMES, 2008: A comparison of three strains of Holstein-Friesian grazed on pasture and managed under different feed allowances. *J. Dairy Sci.* 91,1693-1707.
- MAHONEY, C.B., L.B. HANSEN, C.W. YOUNG, G.D. MARX und J.K. RENEAU, 1986: Health care of Holsteins selected for large or small body size. *J. Dairy Sci.* 69, 3131-3139.
- MARTENS, H., 2012a: Die Milchkuh – Wenn die Leistung zur Last wird! Bericht 39. *Vieh-wirtschaftliche Fachtagung, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning*, 35-42.
- MARTENS, M., 2012b: Energiestoffwechsel und Fruchtbarkeit der Kuh. *Tierärztl. Umschau* 67, 496-503.

- MARTENS, M., 2013: Erkrankungen von Milchkühen in der frühen Laktationsphase – Risikofaktor negative Energiebilanz und Hyperketonämie Tierärztl. Umschau 68, 463-476.
- MARTENS, M., 2015: Stoffwechselbelastung und Gesundheitsrisiken der Milchkühe in der frühen Laktation. Tierärztl. Umschau 70, 496-504.
- MASON, I.L., A. ROBERTSON und B. GJELSTAD, 1957: The genetic connexion between body size, milk production and efficiency in dairy cattle. J. Dairy Res. 24, 135-143.
- McCARTHY, S., B. HORAN, M. RATH, M. LINNANE, P. O'CONNOR und P. DILLON, 2007a: The influence of strain of Holstein-Friesian dairy cow and pasture-based feeding system on grazing behaviour, intake and milk production. Grass and Forage Sci. 62, 13-26.
- McCARTHY, S., D.P. BERRY, P. DILLON, M. RATH und B. HORAN, 2007b: The influence of Holstein-Friesian strain and feed system on body weight and body condition score lactation profiles. J. Dairy Sci. 90, 1859-1869.
- McCARTHY, S., B. HORAN, P. DILLON, P. O'CONNOR, M. RATH und L. SHALLOO, 2007c: Economic comparison of divergent strains of Holstein-Friesian cows in various pasture-based production systems. J. Dairy Sci. 90, 1493-1505.
- MERTENS, D.R., 1994: Regulation of forage intake. In: Forage Quality, Evaluation, and Utilization. National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization (Eds. G.C. Fahey et al.), 450-493.
- MILLER, R.H., N.W. HOOVEN und M.E. CREEGAN, 1969: Weight changes in lactating Holstein cows. J. Dairy Sci. 52, 90-94.
- MISSFELDT, F., R. MISSFELDT und K. KUWAN, 2015: Ökonomisch optimale Nutzungsdauer von Milchkühen. Züchtungskde. 87, 120-143.
- MORRIS, C.A. und J.W. WILSON, 1976: Influence of body size on the biological efficiency of cows: A review. Can. J. Anim. Sci. 56, 613-647.
- RINDERZUCHT AUSTRIA, 2022: Milchleistungsprüfung. Kuhrier 9/22, S. 4.
- OLDENBROEK, J.K., 1984a: Holstein Friesians, Dutch Friesians and Dutch Red and Whites on two complete diets with a different amount of roughage: Performance in first lactation. Livest. Prod. Sci. 11, 401-415.
- OLDENBROEK, J.K., 1984b: Holstein Friesians, Dutch Friesians and Dutch Red and Whites on two complete diets with a different amount of roughage: Differences in performance between first and second lactation. Livest. Prod. Sci. 11, 417-428.
- OLDENBROEK, J.K., 1986: The performance of Jersey heifers and heifers of larger dairy breeds on two complete diets with different roughage contents. Livest. Prod. Sci. 14, 1-14.
- OLDENBROEK, J.K., 1988: The performance of Jersey cows and cows of larger dairy breeds on two complete diets with different roughage contents. Livest. Prod. Sci. 18, 1-17.
- ORSKOV, E.R., 1986: Starch digestion and utilization in ruminants. J. Anim. Sci. 63, 1624-1633.
- PICCAND, V., E. CUTULLIC, S. MEIER, F. SCHORI, P.L. KUNZ, J.R. ROCHE und P. THOMET, 2013: Production and reproduction of Fleckvieh, Brown Swiss, and 2 strains of Holstein-Friesian cows in a pasture-based, seasonal-calving dairy system. J. Dairy Sci. 96, 5352-5363.

- ROCHE, J.R., D.P. BERRY und E.S. KOLVER, 2006: Holstein-Friesian strain and feed effects on milk production, body weight, and body condition score profiles in grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89, 3532-3543.
- SHEAHAN, A.J., E.S. KOLVER und L.R. ROCHE, 2011: Genetic strain and diet effects on grazing behavior, pasture intake, and milk production. *J. Dairy Sci.* 94, 3583-3591.
- SÖLKNER, J., 1989: Genetic relationships between level of production in different lactations, rate of maturity and longevity in a dual purpose cattle population. *Livest. Prod. Sci.* 23, 33-45.
- STEINWIDDER, A. und M. GREIMEL, 1999: Ökonomische Bewertung der Nutzungsdauer bei Milchkühen. *Die Bodenkultur* 50, 235-249.
- TERLER, G., R. HOTSCHNIG, C. FASCHING, D. EINGANG, G. HUBER, S. GAPPMAIER und W. ZOLLITSCH, 2021: Methanemissionen von österreichischen Milchkühen: Wie groß ist der Einfluss von Genotyp und Kraftfutterniveau? Bericht 48. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 23-39.
- THANNER, S., F. SCHORI, R.M. BRUCKMAIER und F. DOHME-MEIER, 2014: Grazing behaviour, physical activity and metabolic profile of two Holstein strains in an organic grazing system. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 98, 1143-1153.
- THOMET, P., 1999: Effiziente Milchproduktion vom Grünland – der neuseeländische Ansatz. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau*. 43. Jahrestagung 26.-28.08.1999, Bremen. Band 1. Kurzfassungen der Referate und Poster, 31-36.
- THOMET, P., H. RÄTZER und B. DURGIAL, 2002: Effizienz als Schlüssel für die wirtschaftliche Milchproduktion. *Agrarforschung* 9, 404-409.
- UMWELTBUNDESAMT, 2022: Klimaschutzbericht 2022, 260 S.
- VALLIMONT, J.E., C.D. DECHOW, J.M. DAUBERT, M.W. DEKLEVA, J.W. BLUM, C.M. BARLIEB, W. LIU, G.A. VARGA, A.J. HEINRICHS und C.R. BAUMRUCKER, 2011: Short communication: Heritability of gross feed efficiency and associations with yield, intake, residual intake, body weight, and body condition score in 11 commercial Pennsylvania tie stalls. *J. Dairy Sci.* 94, 2108-2113.
- VALLIMONT, J.E., C.D. DECHOW, J.M. DAUBERT, M.W. DEKLEVA, J.W. BLUM, W. LIU, G.A. VARGA, A.J. HEINRICHS und C.R. BAUMRUCKER, 2013: Short communication: Feed utilization and its associations with fertility and productive life in 11 commercial Pennsylvania tie-stall herds. *J. Dairy Sci.* 96, 1251-1254.
- VEERKAMP, R.F., 1998: Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on live weight and feed intake: A review. *J. Dairy Sci.* 81, 1109-1119.
- VAN HOUTERT, M.F.J., 1993: The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 43, 189-225.
- VAN SOEST, P.J., 1994: *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd Edition, Cornell University Press, Ithaca, New York (USA) and London (UK), 476 S.
- VELIK, M., G. TERLER, M. BERGER, R. KITZER, J. HÄUSLER, D. EINGANG, J. KAUFMANN, M. ROYER, A. ADELWÖHRER und L. GRUBER, 2023: Holstein-Genotypen und Fleckvieh in der Stiermast: Tierische Leistungen und Schlachttierwert. Bericht 50. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 87-114.

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

WEISSBACH, F. und S. KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfutter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übers. Tierernährg. 23, 189-214.

WANGSNESS, P.J. und L.D. MULLER, 1981: Maximum forage for dairy cows. J. Dairy Sci. 64, 1-13.

www.whff.info (WHFF, World Holstein Friesian Federation), Besucht am 08.02.2023.

YAN, T., C.S. MAYNE, T.W.J. KEADY und R.E. AGNEW, 2006: Effects of dairy cow genotype with two planes of nutrition on energy partitioning between milk and body tissue. J. Dairy Sci. 89, 1031-1041.

ZAUGG, U., 1976: Vergleichsversuch mit Braunvieh, Simmentaler Fleckvieh und Holstein Friesian amerikanischer Herkunft. Diss. 5671, ETH Zürich, 121 S.

ZEBELI, Q., J.R. ASCHENBACH, M. TAJAJ, J. BOGUHN, B.N. AMETAJ und W. DROCHNER, 2012: Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. J. Dairy Sci. 95, 1041-1056.

ZEDDIES, J., 1972: Ökonomische Entscheidungshilfen für die Selektion in Milchviehherden. Züchtungskde. 44, 149-171.

Tabelle A1: Kriterien der Ration (Grundfutter, Kraftfutter, Gesamtfutter) in Abhängigkeit von Genotyp und Futterniveau (in der Trockenmasse)

| Merkmal | | Genotyp | | | | Futterniveau | | | |
|---|----|------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------|-------|-------|-------|
| | | FV _{K0} | HO _{III} | HO _{NZ} | HO _{II} | Weide | KF05 | KF20 | KF35 |
| Grundfutter | | | | | | | | | |
| Rohprotein | g | 131 | 131 | 130 | 130 | 152 | 123 | 123 | 123 |
| Rohfett | g | 27 | 27 | 28 | 27 | 25 | 28 | 28 | 28 |
| Rohfaser | g | 244 | 246 | 247 | 245 | 234 | 249 | 249 | 250 |
| N-freie Extraktst. | g | 510 | 511 | 511 | 512 | 491 | 519 | 518 | 517 |
| Rohasche | g | 87 | 85 | 85 | 85 | 98 | 81 | 82 | 81 |
| Kohlenhydrate | g | 754 | 757 | 758 | 758 | 725 | 768 | 767 | 768 |
| NDF | g | 461 | 463 | 464 | 462 | 454 | 464 | 465 | 466 |
| ADF | g | 300 | 302 | 303 | 301 | 298 | 302 | 302 | 304 |
| ADL | g | 39 | 40 | 40 | 39 | 44 | 38 | 38 | 38 |
| Nichtfaser-CHO | g | 293 | 294 | 295 | 296 | 270 | 304 | 302 | 301 |
| RDP | g | 109 | 108 | 107 | 108 | 130 | 101 | 101 | 101 |
| UDP | g | 23 | 23 | 22 | 22 | 21 | 23 | 23 | 23 |
| nXP | g | 130 | 130 | 130 | 130 | 132 | 129 | 129 | 129 |
| RNB | g | 0,22 | 0,14 | -0,08 | -0,07 | 3,17 | -0,98 | -0,94 | -0,96 |
| ME | MJ | 9,92 | 9,94 | 9,95 | 9,97 | 10,01 | 9,94 | 9,91 | 9,92 |
| NEL | MJ | 5,91 | 5,92 | 5,93 | 5,94 | 5,99 | 5,91 | 5,90 | 5,90 |
| Calcium | g | 6,6 | 6,6 | 6,5 | 6,6 | 7,7 | 6,2 | 6,2 | 6,2 |
| Phosphor | g | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 3,4 | 2,6 | 2,6 | 2,6 |
| Magnesium | g | 3,0 | 2,9 | 2,9 | 3,0 | 3,3 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| Kalium | g | 18,1 | 18,4 | 18,3 | 18,2 | 19,2 | 17,9 | 17,9 | 18,0 |
| Natrium | g | 0,50 | 0,49 | 0,47 | 0,46 | 0,57 | 0,44 | 0,46 | 0,44 |
| Mangan | mg | 104 | 101 | 101 | 103 | 119 | 96 | 97 | 96 |
| Zink | mg | 35 | 35 | 34 | 35 | 41 | 33 | 33 | 33 |
| Kupfer | mg | 9,4 | 9,3 | 9,2 | 9,3 | 10,5 | 8,9 | 9,0 | 8,9 |
| Kraftfutter incl. Mineralstoff-Ergänzung | | | | | | | | | |
| Rohprotein | g | 200 | 201 | 202 | 200 | 182 | 207 | 206 | 207 |
| Rohfett | g | 24 | 24 | 24 | 24 | 21 | 25 | 25 | 25 |
| Rohfaser | g | 73 | 73 | 72 | 72 | 88 | 68 | 67 | 67 |
| N-freie Extraktst. | g | 660 | 659 | 659 | 660 | 658 | 660 | 660 | 661 |
| Rohasche | g | 44 | 44 | 43 | 43 | 51 | 41 | 41 | 40 |
| Kohlenhydrate | g | 733 | 732 | 731 | 732 | 745 | 728 | 728 | 727 |
| NDF | g | 222 | 223 | 221 | 222 | 246 | 214 | 214 | 213 |
| ADF | g | 103 | 104 | 102 | 103 | 121 | 97 | 97 | 96 |
| ADL | g | 22 | 22 | 22 | 22 | 21 | 22 | 22 | 22 |
| Nichtfaser-CHO | g | 511 | 509 | 510 | 510 | 499 | 514 | 514 | 515 |
| RDP | g | 136 | 137 | 137 | 136 | 121 | 142 | 142 | 142 |
| UDP | g | 64 | 64 | 64 | 64 | 61 | 65 | 65 | 65 |
| nXP | g | 187 | 188 | 188 | 188 | 181 | 190 | 190 | 190 |
| RNB | g | 1,94 | 2,06 | 2,14 | 2,02 | 0,12 | 2,66 | 2,66 | 2,73 |
| ME | MJ | 12,49 | 12,50 | 12,51 | 12,50 | 12,27 | 12,57 | 12,57 | 12,59 |
| NEL | MJ | 7,78 | 7,79 | 7,80 | 7,79 | 7,64 | 7,84 | 7,83 | 7,85 |
| Calcium | g | 3,0 | 3,1 | 3,0 | 3,0 | 4,0 | 2,7 | 2,7 | 2,6 |
| Phosphor | g | 5,1 | 5,2 | 5,3 | 5,2 | 4,4 | 5,5 | 5,5 | 5,5 |
| Magnesium | g | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Kalium | g | 10,1 | 10,2 | 10,0 | 10,0 | 11,0 | 9,8 | 9,9 | 9,8 |
| Natrium | g | 0,80 | 0,79 | 0,73 | 0,75 | 1,49 | 0,54 | 0,55 | 0,48 |
| Mangan | mg | 42 | 42 | 42 | 42 | 46 | 41 | 41 | 41 |
| Zink | mg | 41 | 42 | 42 | 41 | 39 | 42 | 42 | 42 |
| Kupfer | mg | 6,3 | 6,3 | 6,3 | 6,3 | 6,3 | 6,3 | 6,3 | 6,3 |
| Gesamtfutter | | | | | | | | | |
| Rohprotein | g | 142 | 141 | 141 | 142 | 152 | 127 | 140 | 146 |
| Rohfett | g | 27 | 27 | 27 | 27 | 25 | 28 | 27 | 27 |
| Rohfaser | g | 220 | 222 | 221 | 218 | 228 | 240 | 213 | 201 |
| N-freie Extraktst. | g | 530 | 530 | 532 | 534 | 499 | 526 | 546 | 556 |
| Rohasche | g | 81 | 79 | 79 | 79 | 96 | 79 | 74 | 70 |
| Kohlenhydrate | g | 750 | 752 | 753 | 752 | 727 | 766 | 759 | 756 |
| NDF | g | 427 | 430 | 428 | 424 | 445 | 451 | 415 | 398 |
| ADF | g | 272 | 275 | 273 | 271 | 290 | 292 | 262 | 248 |
| ADL | g | 37 | 38 | 37 | 37 | 43 | 37 | 35 | 34 |
| Nichtfaser-CHO | g | 323 | 322 | 326 | 328 | 282 | 315 | 344 | 358 |
| RDP | g | 114 | 113 | 112 | 113 | 129 | 103 | 109 | 112 |
| UDP | g | 28 | 28 | 28 | 29 | 23 | 25 | 31 | 34 |
| nXP | g | 138 | 138 | 138 | 139 | 134 | 132 | 141 | 145 |
| RNB | g | 0,64 | 0,56 | 0,41 | 0,46 | 2,91 | -0,80 | -0,15 | 0,15 |
| ME | MJ | 10,28 | 10,29 | 10,32 | 10,36 | 10,12 | 10,07 | 10,43 | 10,63 |
| NEL | MJ | 6,17 | 6,18 | 6,20 | 6,23 | 6,06 | 6,01 | 6,28 | 6,42 |
| Calcium | g | 6,1 | 6,1 | 6,0 | 6,1 | 7,5 | 6,1 | 5,5 | 5,2 |
| Phosphor | g | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,4 | 2,8 | 3,2 | 3,4 |
| Magnesium | g | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 3,3 | 2,8 | 2,8 | 2,7 |
| Kalium | g | 17,0 | 17,3 | 17,1 | 17,0 | 18,8 | 17,5 | 16,3 | 15,8 |
| Natrium | g | 0,52 | 0,52 | 0,49 | 0,49 | 0,61 | 0,44 | 0,49 | 0,49 |
| Mangan | mg | 96 | 93 | 92 | 94 | 116 | 94 | 86 | 81 |
| Zink | mg | 36 | 36 | 36 | 36 | 41 | 33 | 35 | 35 |
| Kupfer | mg | 9,0 | 8,9 | 8,8 | 8,9 | 10,3 | 8,8 | 8,4 | 8,2 |

Holstein-Genotypen und Fleckvieh in der Stiermast: Tierische Leistungen und Schlachttierwert

Holstein genotype and Fleckvieh in bull fattening: Fattening performance and slaughter value

Margit Velik^{1*}, Georg Terler¹, Marlene Berger^{1,2}, Roland Kitzer¹, Johann Häusler¹, Daniel Eingang¹, Josef Kaufmann¹, Martin Royer¹, Andrea Adelwöhrer¹ und Leonhard Gruber^{1,2}

Zusammenfassung

Männliche Kälber von Milchrassen werden in Österreich kaum in der Stiermast eingesetzt. Es gibt züchterische Möglichkeiten zur Verhinderung von reinrassigen Milchrassekälbern und auch die Kälbermast stellt einen Absatzkanal dar. Aus tierethischer und gesellschaftlicher Verantwortung bedarf es jedenfalls einer gemeinsamen Sicht auf Milchproduktion mit Milchrassen und eine bestmögliche Verwendung/Mast ihrer Nachkommen im Inland. In der vorliegenden Studie wurde in einem Stiermastversuch der Einsatz von 3 Holstein Friesian(-HO)-Genotypen im Vergleich zu Fleckvieh_Kombiniert (FV_{KO}) hinsichtlich tierischer Leistungen (Mast- und Schlachtleistung, Fleischqualität) beleuchtet. Neben den auf österreichischen Milchviehbetrieben oft eingesetzten HO_Hochleistung (HO_{HL}) wurden auch Stiere der Genotypen HO_Lebensleistung (HO_{LL}) und HO_Neuseeland (HO_{NZ}) bei 2 unterschiedlichen Grundfütterationen und 2 Kraftfutterniveaus gemästet.

FV_{KO}-Stiere waren in Zunahmen, Ausschachtung, Fleischigkeit und im Futteraufwand (g TM bzw. MJ ME pro kg LM-Zuwachs) den 3 HO-Genotypen deutlich überlegen. Die Futteraufnahme von FV_{KO} war nur numerisch geringfügig höher als bei HO_{HL}. HO_{NZ} und HO_{LL} zeigten bei Merkmalen, die mit der Schlachtkörperverfettung einhergehen, die höchsten Werte. Zwischen FV_{KO} und HO_{HL} waren die Unterschiede in der Fetteinlagerung nur numerisch, wobei das um 60 kg niedrigere Mastendgewicht der HO_{HL} beachtet werden muss. Trotz der deutlich besseren Fleischigkeitsklasse und der größeren Rückenmuskelfläche war bei FV_{KO} der Anteil wertvoller Teilstücke nicht höher als bei den HO-Genotypen, wohl aber der Anteil des Teilstücks Englischer. In der inneren Fleischqualität schnitt FV_{KO} etwas schlechter ab als die HO-Genotypen. Der intramuskuläre Fettgehalt im Rostbraten lag bei FV_{KO} und HO_{LL} knapp unter 2 % und bei HO_{HL} und HO_{NZ} knapp über 2,5 %.

Die Ration aus Grassilage (GS, 67 %) und Maissilage (MS, 33 %) resultierte im Vergleich zur MS-Ration in rund 80 g niedrigeren Tageszunahmen (TZ) bei höherer Futteraufnahme und ca. 0,9 Monaten höherem Schlachttalter. Dadurch schnitt die GS/MS-Ration auch im Futteraufwand signifikant schlechter ab. Auf die Schlachtleistung hatte die Grundfutterart keinen Effekt. Fleisch der GS/MS-Ration hatte eine gelbere Fettfarbe, geringere Grillsaftverluste sowie höhere Omega-(Ω)-3-Gehalte.

40 statt 20 % Kraftfutter (KF) in der Ration erhöhte Futter- und Nährstoffaufnahme sowie TZ signifikant und das Zielmastendgewicht wurde 50 Tage früher erreicht. Auf den Futteraufwand pro kg Zuwachs hatte der KF-Anteil keinen Effekt, wohl aber auf die den Futteraufwand pro kg Lebendgewicht. Das KF-

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

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

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

Niveau beeinflusste Nierenfettanteil und Rückenfettdicke signifikant, hatte aber auf alle anderen Schlachtleistungs-Merkmale keinen signifikanten Effekt. Bis auf die Fettsäuren, die bei niedrigerem KF-Anteil teilweise günstiger waren, hatte die KF-Gruppe keinen Effekt auf die innere Fleischqualität.

Schlagwörter: Milchrasse, Mastrind, Mast- und Schlachtleistung, Futtereffizienz, Grassilage, Kraftfutter, Fleischqualität

Summary

Male calves of dairy breeds are hardly used in bull fattening in Austria. There are breeding measures to prevent purebred dairy calves, and calf fattening also represents a sales channel. For reasons of animal ethics and social responsibility, there is in any case a need for a common view on milk production with dairy breeds and the highest possible use and fattening of their offspring domestically. In the present study, the use of 3 Holstein Friesian (HO) genotypes in comparison to the dual purpose breed Fleckvieh (FV_{KO}) was examined in a bull fattening trial with regard to animal performance (fattening and slaughter performance, meat quality). Besides the HO_High Performance (HO_{HL}), which is often used on Austrian dairy farms, bulls of the genotypes HO_Lifetime Performance (HO_{LL}) and HO_New Zealand (HO_{NZ}) were fattened at 2 different forage rations and 2 concentrate levels.

FV_{KO} bulls were clearly superior to the 3 HO genotypes in gains, dressing percentage, conformation and feed conversion ratio (g DM or MJ ME per kg LW gain). The feed intake of FV_{KO} was only numerically slightly higher than that of HO_{HL}. HO_{NZ} and HO_{LL} showed the highest values for traits associated with carcass fatness. Between FV_{KO} and HO_{HL}, the differences in fat conformation were only numerical, whereby the 60 kg lower final carcass weight of HO_{HL} has to be taken into account. Despite the clearly better conformation class and the larger back muscle area, the proportion of valuable cuts was not higher in FV_{KO} compared to the HO genotypes, except for the proportion of loin. Regarding meat quality, FV_{KO} performed slightly worse than the HO genotypes. The intramuscular fat content in the roast beef was below 2% in FV_{KO} and HO_{LL} and slightly above 2.5% in HO_{HL} and HO_{NZ}.

The grass silage (GS)/maize silage (MS) ration resulted in about 80g lower gains with higher feed intake and about 0.9 months higher slaughter age compared to the MS ration. As a result, the GS/MS ration also performed significantly worse in terms of feed efficiency. Forage type had no effect on slaughter performance. Meat from the GS/MS ration had a more yellow fat colour, lower grilling losses and higher omega-3 fatty acid contents.

40 instead of 20% concentrate (KF) in the ration significantly increased feed and nutrient intake as well as daily gains and the target fattening weight was reached 50 days earlier. The KF level had no effect on feed conversion ratio per kg gain, but it did have an effect on feed conversion per kg live weight. The KF level significantly influenced kidney fat proportion and back fat thickness, but had no significant effect on any other slaughter performance traits. Except for fatty acid composition, which was partly more favourable at lower KF level, the KF group had no effect on internal meat quality.

Keywords: dairy breed, beef cattle, fattening and slaughter performance, feed efficiency, grass silage, concentrates, meat quality

1. Einleitung

Die Zweinutzungsrasse Fleckvieh (FV_{KO}) ist in Österreich mit rund 75 % die häufigste Rinderrasse. Holstein Friesian (HO) ist mit 7,3 % die zweithäufigste Rasse gefolgt von Brown Swiss (BS) (ehemals Braunvieh) (5,7 %). (RINDERZUCHT AUSTRIA 2022). In Österreich hat die Stiermast große Bedeutung. Knapp 40 % aller Rinderschlachtungen (inkl. Kälber) sind Stiere, gemessen am gesamten Rindfleischanfall liegt Stierfleisch bei 44 % (AMA 2022). An der Bruttoeigenerzeugung (exkl. Kälber) (= Schlachtungen - Importe + Exporte von Lebendrindern) machen Stiere 42 % aus (BAB 2021).

Österreichische Rindermäster setzen großteils die Zweinutzungsrasse FV_{KO} aber auch FV-Gebrauchskreuzungen mit Fleischrassen ein. Maststiere stammen meist von Milchviehbetrieben. So werden laut Bundesauswertung der Arbeitskreise Stiermast aus dem Jahr 2017 nur 6 % der Maststiere als Einsteller (aus Mutterkuhhaltung) eingestallt; der Rest sind Kälber und Fresser (BMNT 2018). Fleischleistungsdaten von Schlachthöfen, die der Zuchtwertschätzung zur Verfügung stehen, zeigen, dass derzeit bei österreichischen Schlachtstieren rund 85 % FV_{KO} sind und nur 1 % Holstein Friesian (HO), 0,6 % HO-Kreuzungen mit Fleischrassen und gut 1 % Kreuzungen HO×FV oder HO×BS (FÜRST et al. 2021).

Gängige Meinung zu Milchrassen wie BS oder HO ist, dass sie in der Mast im Vergleich zu FV deutlich schlechter abschneiden (Futtermittelverwertung, Zunahmen, Schlachtkörpergewicht, Ausschlagung, Fleischigkeit, stärkere Verfettung) und somit wirtschaftlich nicht interessant sind. Hinzu kommt auch, dass bei BS zwar noch ein Fleischleistungszuchtwert berücksichtigt wird, bei der Rasse HO allerdings nicht (FÜRST et al. 2021).

Zwei wichtige Maßnahmen zur "Verhinderung" reinrassiger Milchrasse-Stierkälber sind (1) die Belegung von Kühen, deren Nachkommen nicht für die Nachzucht vorgesehen sind, mit Fleischrassen und (2) die Verwendung von gesextem Sperma (z.B. KAHLE 2022). Weiters wird seit einigen Jahren auch die Verlängerung der Zwischenkalbezeit als Maßnahme diskutiert. Auswertungen der ZuchtData über den Anteil künstlicher Besamungen nach Stierasse zeigen, dass im Jahr 2021 69 % der HO-Kühe mit HO-Stieren besamt wurden, 11 % mit einer anderen Milchrasse und 19 % mit einer Fleischrasse (ZUCHTDATA 2022). Der Anteil an Fleischrasse-Belegungen hat in den letzten Jahren zugenommen; wurden im Jahr 2015 nur 8 % der HO-Kühe mit Fleischrassen besamt, so waren es im Jahr 2018 17 % und 2021 bereits 19 % (ZUCHTDATA 2022). Zum Vergleich, im Jahr 2021 wurden 23 % der BS Kühe mit Fleischrassen belegt und bei FV 7 % der Kühe (ZUCHTDATA 2022). Bei den künstlichen Besamungen von HO-Kühen mit Fleischrassen machte Weiß Blauer Belgier im Jahr 2021 mehr als 83 % und Limousin 6 % aus. Die übrigen Fleischrassen waren jeweils mit weniger als 5 % vertreten (ZUCHTDATA 2022).

Diese Zahlen zeigen dennoch, dass auf österreichischen Milchviehbetrieben zahlreiche reinrassige, männliche Milchrasse-Kälber anfallen und es stellt sich die Frage, was mit diesen milchbetonten Stierkälbern gemacht werden kann. Ein Absatzkanal für milchbetonte Stierkälber ist die heimische Kälbermast, die jetzt in Österreich im Rahmen mehrerer bundesweiter und regionaler Initiativen wieder stärker forciert wird. Auch insbesondere die Forschung zur biologischen Landwirtschaft befasst sich mit der Mast von Milchrasse-Kälbern, wobei in der biologischen Landwirtschaft die Stiermast keine/kaum Bedeutung hat. Ein anderer Weg ist der Export von Milchrasse-Stierkälbern zur Mast ins Ausland. Laut Rinderzucht Austria werden rund 5 % der österreichischen Kälber exportiert, was knapp 40.000 Kälbern entspricht (RINDERZUCHT AUSTRIA 2022). Diese Möglichkeit wird jedoch in der heutigen Gesellschaft teilweise sehr kritisch gesehen. Eine zusätzliche Möglichkeit wäre die heimische Mast von Milchrasse-Stieren, wie sie zum Teil in Nord-Deutschland stattfindet (DAVIER et al. 2018, MEINE-SCHWENKER 2017 bis 2021).

Für die Mast von männlichen Milchrasse-Tieren in Österreich würden die günstigen Kälberpreise sowie eine zunehmende "tierethische Erwartungshaltung" von Teilen der Gesellschaft sprechen. Zusätzlich könnte damit auch dem erklärten Ziel einer nachhaltigen,

ganzheitlichen Landwirtschaft – nämlich der gemeinsamen Sicht auf Milchproduktion und Mast – Rechnung getragen werden.

Zu HO und anderen Milchrassen in der Stiermast gibt es wenig aktuelle österreichische Literatur. In den letzten 15 Jahren wurden im deutschsprachigen Raum vereinzelt Mastversuche mit milchbetonten Rassen durchgeführt (HOLLO et al. 2004, NUERNBERG et al. 2005, DANNENBERGER et al. 2006, PFUHL et al. 2007, GOLZE und WOLF 2008, HAIGER und KNAUS 2010, GEUDER et al. 2012, ETTLE et al. 2018). In anderen europäischen Ländern werden milchbetonte Rinder häufiger gemästet und auch das Thema „Mast von milchbetonten Rassen“ wird öfters wissenschaftlich bearbeitet (HUUSKONEN et al. 2013, MARTI et al. 2013, NOGALSKI et al. 2014). Diese Ergebnisse sind jedoch aufgrund anderer Futterbasis, Mastsysteme und Mastendgewichte nur sehr bedingt auf österreichische Standortbedingungen umlegbar.

Das vorliegende Projekt ist ein Teil eines großen Forschungsprojekts zur „Gesamteffizienz des Produktionssystems Rinderhaltung – Milch und Mast“, bei dem neben FV_{KO} und dem auf österreichischen Milchviehbetrieben meist eingesetzten HO Hochleistung-(HO_{HL})-Genotyp auch noch die beiden HO-Genotypen HO Lebensleistung (HO_{LL}) und HO Neuseeland (HO_{NZ}) miteinbezogen wurden (TERLER et al. 2023).

Im Rahmen des Projekts wurde zusätzlich auch noch der Einsatz von Grassilage-Maissilage-Mischrationen in der Stiermast beleuchtet. Einerseits wird aufgrund von Problemen beim Maissilage-Anbau (einseitige Fruchtfolge, Maiswurzelbohrer) sowie der Forderung nach einem reduzierten Füttern von Ackerfutter an Wiederkäuer nach Alternativen zur Maissilage gesucht. Andererseits wird auch vermehrt nach Eiweißalternativen gesucht, welche anstatt von Übersee-Soja eingesetzt werden können. In vielen Regionen Europas stellt Dauergrünland oder Feldfutter eine wertvolle Eiweißquelle für Wiederkäuer dar und es sollte daher effizient genutzt werden. Grassilage würde sich hierbei als partieller Ersatz der Maissilage in der Stiermast anbieten. Der Einsatz von Grassilage anstatt von Eiweißkraftfutter kann sich wiederum positiv auf Betriebskreisläufe und Umweltwirkungen auswirken. Zusätzlich wurde in dem Projekt auch noch der Einfluss des Kraftfutteranteils in der Ration auf die Mastleistung, Schlachtleistung und Fleischqualität von Maststieren untersucht.

2. Tiere, Material und Methoden

2.1 Haltung und Fütterung

Der Versuch wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein als $4 \times 2 \times 2$ faktorielles Design mit 63 in der Auswertung berücksichtigten Stieren in den Jahren 2015 bis 2021 durchgeführt. 4 Stiere wurden vorzeitig geschlachtet (1 FV_{KO} wegen Sprunggelenksverletzung, 1 HO_{NZ} wegen aggressivem Verhalten, je 1 HO_{HL} und 1 HO_{LL} Kümmerer).

Es wurden Stiere von FV_{KO} und 3 HO-Genotypen (HO_{HL} , HO_{LL} , HO_{NZ}) bei 2 Grundfütterationen und 2 Kraftfutter-(KF)-Niveaus gemästet. HO_{HL} sind jene stark milchbetonten HO Kühe, die auf österreichischen Milchviehbetrieben neben FV häufig eingesetzt werden. HO_{LL} ist eine auf Dr. Bakels zurückgehende HO-Linie, die auf hohe Lebensleistungen gezüchtet wurde. HO_{NZ} ist eine aus Neuseeland stammenden HO-Linie, der nachgesagt wird, sehr gut an Weidehaltung und geringen Kraftfuttereinsatz angepasst zu sein und eine hohe Grundfutteraufnahme zu haben. Die Kälber stammten aus der Milchviehherde der HBLFA und wurden bis zur 12. Lebenswoche mit Vollmilch (erste 4 Wochen *ad libitum*), KF (maximal 1,5 kg pro Tag) und Heu aufgezogen; anschließend erhielten sie zusätzlich auch Gras- und Maissilage. Im Alter von 3,5 bis 4,5 Monaten wurden sie in den Maststall überstellt. Die Mast erfolgte in einem Tretmiststall in vier Boxen zu je 5 Tieren. Die zwei äußeren Boxen, in denen stets die älteren Stiere gehalten wurden, verfügen über einen planbefestigten Auslauf.

Die Grundfütterration bestand aus 100 % Maissilage (MS) bzw. 33 % Maissilage und 67 % Grassilage (GS) (TM-Basis). Zusätzlich wurden jedem Tier pro Tag 0,5 kg Heu (Frischmasse) vorgelegt. Weiters wurden die Stiere auf 2 unterschiedliche KF-Niveaus aufgeteilt (KF_hoch: KF-Anteil von 50 auf 30 % im Mastverlauf, KF_niedrig: von 25 auf 15 % im Mastverlauf bezogen auf Gesamtfuttermittelaufnahme). Das KF setzte sich aus einem Protein- und einem Energie-KF (PKF und EKF) zusammen. Das PKF bestand aus 1/3 Sojaextraktionsschrot 44 und 2/3 Rapsextraktionsschrot, das EKF aus 40 % Mais, 20 % Weizen, 20 % Gerste und 20 % Trockenschnitzel. Der Anteil PKF und EKF am Gesamt-KF war variabel und richtete sich nach dem angestrebten XP/ME-Verhältnis der Gesamtration. Das XP/ME-Verhältnis im Mastverlauf wurde von der GfE (1995) abgeleitet und war für FV_{KO} anders als für die HO-Genotypen. Die tierindividuelle Futtermittelaufnahme wurde täglich mittels Calan-Türchen erhoben und regelmäßig mit Hilfe eines selbstprogrammierten EDV-Rationsprogramms angepasst. Die Höhe der Mineralstoffergänzung beruhte auf Bedarfsempfehlungen der GfE (1995). Die Stiere erhielten über die gesamte Mast 10 g Viehsalz pro Tag. Bis 250 kg Lebendmasse (LM) wurden zudem zusätzlich 100 g Mineralstoffmischung (Rimin Mast Profi, Garant) und 50 g Futterkalk gefüttert. Ab 250 kg LM wurde allen Stieren nur mehr 50 g Mineralstoffmischung pro Tag gefüttert. Die MS-Gruppe erhielt weiterhin 50 g Futterkalk pro Tag, die Stiere mit der GS/MS-Ration erhielt ab 250 kg LM jedoch keinen Futterkalk mehr.

Von allen Futtermitteln wurde monatlich jeweils eine gepoolte Futterprobe gezogen und auf ihre Inhaltsstoffe untersucht (VDLUFA 1976). Der Trockenmassegehalt der Futtermittel wurde 5 Mal pro Woche bestimmt. Die Energie- und Nährstoff-Zusammensetzung der eingesetzten Futtermittel ist in *Tabelle 1* ersichtlich.

Tabelle 1: Nährstoff-Zusammensetzung der Futtermittel

| Merkmal (wenn nicht anders angegeben g/kg TM) | Maissilage | Grassilage | Heu | Protein-KF | Energie-KF |
|---|------------|------------|-----|------------|------------|
| Trockenmasse (TM) g/kg FM | 306 | 378 | 898 | 903 | 890 |
| XP | 76 | 151 | 137 | 427 | 105 |
| XL | 32 | 31 | 19 | 25 | 25 |
| XF | 222 | 252 | 273 | 113 | 59 |
| XA | 44 | 109 | 78 | 74 | 33 |
| NDF | 432 | 452 | 515 | 217 | 204 |
| ADF | 257 | 311 | 331 | 179 | 77 |
| ADL | 28 | 41 | 45 | 60 | 10 |
| Energiegehalt MJ ME/kg TM | 10,9 | 9,7 | 9,4 | 12,6 | 12,8 |

Die Tiere wurden wöchentlich gewogen und die Rückenfettdicke wurde ca. alle 6 Wochen mittels Ultraschallmessung (Gerät 4Vetmini, Fa. Draminski) zwischen Hüft- und Sitzbeinhöcker in Höhe des Schwanzansatzes gemessen. Die Mastendgewichte wurden als 95 % der durchschnittlichen Milchkuhgewichte der Rassen/Genotypen festgelegt und waren für FV_{KO} 720 kg, HO_{HL} 660 kg, HO_{LL} 590 kg und HO_{NZ} 600 kg.

2.2 Schlachtung und Schlachtleistung

Die Stiere erhielten am Vorabend der Schlachtung nur mehr geringe Futtermengen, die Möglichkeit zur Wasseraufnahme blieb jedoch bestehen. Die Schlachtung erfolgte im Laufe des Vormittags im anstaltsinternen Schlachthof. Hälftenlänge, Keulenumfang und Keulenspiralmaß wurden, wie in AUGUSTINI et al. (1987) beschrieben, gemessen. Die Fleischigkeits- und Fettklasse wurde anhand des EUROP-Rinderschlachtkörper-Bewertungssystems beurteilt (EG 1981). Die Zerlegung der Schlachtkörper in Teilstücke erfolgte 7 Tage p.m. nach DLG-Schnittführung (SCHEPER und SCHOLZ 1985). Die Teilstücke

Brust/Spannrippe sowie Fehlrippe wurden in Fleisch, Fett, Knochen und Sehnen zerlegt; zusätzlich wurden von jedem der beiden Teilstücke die Knochen sowie eine Fleisch-Fett-Mischung (jeweils anteilig 1 % der Fleisch- und Fettmenge) auf ihre Hauptinhaltsstoffe analysiert. Der pH-Wert wurde mit dem Gerät testo 205 gemessen.

2.3 Fleischqualität

Im Zuge der Schlachtkörperzerlegung wurden vom Englischen (*M. longissimus*, ab 9. Rippe) und vom Weißen Scherzel (*M. semitendinosus*) Fleischproben entnommen (ca. 25 cm vom Rostbraten, ca. 10 cm vom Beiried ab 1. Lende, ca. 25 cm vom Weißes Scherzel dorsal beginnend). Die Fleischqualitätsuntersuchungen wurden – mit Ausnahme der Bestimmung von Tropf- und Kochsaft sowie der Fleisch-Inhaltsstoffe TM, Fett, Protein und Asche – an bis zur Untersuchung eingefrorenen Proben durchgeführt.

Die 7 Tage gereiften Fleischproben wurden direkt nach der Schlachtung eingefroren, die 14 Tage gereiften Fleischproben bis zum 14. Tag in Vakuumsäcken im Kühlschrank gelagert. Zur Beurteilung der Rückenmuskelgröße wurde mit der Kamera Olympus E-520 ein Foto gemacht (9. Rippe, 1. Lende, dorsalseitig Weißes Scherzel) und mit der Bildanalyse-Software PiCEd Cora (Version 9.99) planimetriert. Die Fleisch- und Fettfarbe wurde mit dem Farbmessgerät Konica Minolta 2500d (CIELAB-Farbsystem) gemessen. Die Messung erfolgte am frischen Anschnitt sowie nach 2-stündiger Lagerung im Kühlschrank (Fleisch mit Sauerstoff durchlässiger Frischhaltefolie bedeckt). Die Farbe wurde an 5 verschiedenen Stellen gemessen und die Ergebnisse gemittelt. Der Tropfsaft wurde von einer ca. 100 g schweren Fleischprobe bestimmt. Hierfür wurde die Fleischprobe (reines Muskelfleisch) auf einen Gitterrost in einen oben geschlossenen Plastikbecher gelegt und nach 48 Stunden Lagerung im Kühlschrank zurückgewogen. Anschließend wurde aus dieser Probe der Kochsaftverlust ermittelt. Zur Kochsaftbestimmung wurde die Fleischprobe in einen oben umgeschlagenen Plastiksack gegeben und für 50 Minuten in einem 70°C warmen Wasserbad gegart, anschließend 40 Minuten in einem 20°C kalten Wasserbad abgekühlt und danach rückgewogen. Von einer 5 cm dicken Probe wurde nach der gleichen Methode der Kochsaft untersucht, wobei diese Probe anschließend für die Messung der Scherkraft_{gekocht} herangezogen wurde. Für die Bestimmung von Grillsaftverlust und Scherkraft_{gegrillt} wurden die Fleischproben auf einem Doppelplattengrill (200°C Plattentemperatur; Fa. Silex) bis zum Erreichen einer Kerntemperatur von 60°C erhitzt. Die Messung der Scherkraft erfolgte mit dem Gerät Instron 3365 ausgestattet mit einem dreieckigen (gegrillte Fleischproben) bzw. quadratischen Scherblatt (gekochte Fleischproben). Die Scherkraftmessungen erfolgten jeweils an mindestens 10 Fleischkernen (gegrillte Proben 1,27 cm runder Querschnitt; gekochte Proben 1cm² quadratischer Querschnitt) und wurden jeweils gemittelt.

Zur Bestimmung der Inhaltsstoffe (Trockenmasse (TM), Rohprotein, Rohfett, Rohasche; ACKER et al. 1968), Mineralstoffe und Fettsäuren (FS) wurde eine ca. 100 g schwere Probe fein gekuttert. Zur Bestimmung der Mineralstoffe wurde das Fleisch mittels Mikrowellenaufschluss und Salpetersäure vorbereitet (Fa. CEM, Gerät Discover SP-D). Gemessen wurde mittels ICP-OES (Fa. Thermo, Gerät iCap 6300 duo).

Für die FS-Untersuchungen erfolgte die Fettextraktion nach FOLCH et al. (1957) Die Derivatisierung zu FS-Methylester (FAME) erfolgte nach DGF (2006). Die Bestimmung der Einzel-FS erfolgte mittels GC (Varian, Modell 3900) ausgestattet mit einem Flammenionisierungs-Detektor, einem automatischen Injektor, einem Split-Injektor sowie mit der Säule Supelco SPTM 2380 (100 m×0,25mm×0,2µm Filmdicke). Die Injektions- und Detektionstemperatur betragen 250 bzw. 260°C. Als Trägergas diente Helium; es wurde eine konstante Druck-Methode (Säulendruck 3,4 bar) verwendet. Die Säulentemperatur wurde zu Beginn für 1 Minute bei 60°C gehalten; dann wurde die Temperatur mit 8°C pro Minute bis auf 120°C und anschließend mit 1,5°C pro Minute bis auf 240°C erhöht. Für die Peak-Identifikation wurden ein Standardmix von 37 FAME (Supelco Inc.) sowie individuelle Standards von Supelco, Matreya und Larodan verwendet. Jede Einzel-FS

wurde als g/100 g Gesamt-FS ausgedrückt. Die Einzel-FS wurden zu folgenden FS-Gruppen zusammengefasst:

SFA: \sum (C8:0, C10:0, C11:0*, C12:0, C13:0, C14:0, C15:0, C16:0, C17:0, C18:0, C20:0, C21:0, C22:0, C23:0, C24:0);

MUFA: \sum (C14:1, C15:1*, C16:1t9, C16:1c9, C17:1, \sum C18:1t, C18:1c9, C18:1c11, C20:1, C22:1*, C24:1);

PUFA: \sum (CLA, Ω -3, Ω -6);

CLA: \sum (CLAc9t11, CLAt10c12, CLAc9c11);

Ω -3: \sum (C18:3 c9,12,15; C18:4*; C20:3c11,14,17; C20:5; C22:3; C22:5c7,10,13,16,19, C:22:6);

Ω -6: \sum (C18:2t9,12; C18:2c9,12; C18:3c6,9,12; C20:2; C20:3c8,11,14; C20:4; C22:4; C22:5c4,7,10,13,16);

(* in untersuchten Fleischproben nicht vorhanden)

Eine ca. 2 cm dicke Fleischprobe wurde für die Verkostung gezogen. Die Verkostung erfolgte von 4 bis 5 Mitarbeitern der HBLFA anhand einer 6-teiligen Bewertungsskala (Zartheit, Saftigkeit). Die Fleischproben wurden für die Verkostung auf einem Platten-griller (200°C Plattentemperatur; Fa. Silex) bis zum Erreichen einer Kerntemperatur von 70°C gegrillt.

2.4 Statistische Auswertung

Nach Datenkontrolle auf Ausreißer erfolgte die statistische Auswertung mit SAS (Version 9.4, 2013). Für die Auswertung der Tageszunahmen (TZ) sowie der Futter- und Nährstoffaufnahme wurden Daten ab dem 180. Lebenstag berücksichtigt. Das Signifikanzniveau (P-Wert) wurde bei 0,05 gesetzt (Hochbuchstaben a, b, c in den Tabellen), tendenzielle Unterschiede wurden bei P-Werten zwischen 0,05 und 0,10 definiert (Hochbuchstaben x, y). In sämtlichen Modellen (GLM und MIXED) wurden die paarweisen Mittelwert-Vergleiche mit dem Tukey-Test durchgeführt. Bei den MIXED-Modellen wurde die Kenward-Rodger-Korrektur zur Berücksichtigung der geringen Tieranzahl und zur Ermittlung der korrekten Freiheitsgrade verwendet. Die 2-fach-Wechselwirkungen der fixen Effekte wurden für jedes Merkmal getestet. Bei den wenigen Merkmalen, wo eine Wechselwirkung signifikant war, wird dies in der Fußzeile der jeweiligen Ergebnistabelle angeführt.

Die Daten der Futter- und Nährstoffaufnahme sowie der TZ wurden wochenweise gemittelt und mit einem MIXED-Modell mit der ar(1) Kovarianzstruktur mit Rasse, Grundfütterration, KF-Niveau und Lebensmonat (2-Monats-Schritte) als fixe Effekte, Lebenswoche als wiederholte Messung und Tier als kleinste experimentelle Einheit ausgewertet. Der Aufwand pro kg LM-Zuwachs und die Effizienzparameter wurden aufgrund der großen Datenvarianz auf 50 kg-Schritte und die Daten der Rückenfettdicke aufgrund der geringen Datenmenge auf 100 kg-Schritte gemittelt und mit dem oben beschriebenen MIXED-Modell, allerdings mit Gewichtsklasse statt Lebensmonat als fixen Effekt ausgewertet. Für die grafische Darstellung ausgewählter Parameter im Mastverlauf wurde in Excel pro Tier und pro Gewichtsbereich (100 kg Schritte für TZ und Rückenfettdicke, 50 kg Schritte für Futter- und Nährstoffaufnahme sowie Futteraufwand) ein Wert gemittelt. In SAS wurden anschließend die LSMeans mit der Prozedur GLM mit Rasse, Grundfütterration, KF-Niveau und Gewichtsklasse als fixe Effekte ermittelt.

Sämtliche Daten der Schlachtleistung sowie die Fleischanalysen und Fleischqualitäts-Untersuchungen am Rostbraten, die nur zu einem Reifezeitpunkt beprobt wurden, wurden mit einem GLM-Modell mit den fixen Faktoren Rasse, Grundfütterration und KF-Niveau ausgewertet. Auch die Daten zur Brust/Spannrippe und Fehlrippe wurden getrennt in GLM-Modellen mit diesen Effekten ausgewertet. Die Auswertung der wiederholt gemessenen Fleischqualitäts-Merkmale (7 und 14 Tage Fleischreifung) wurde mit einem MIXED-Modell und der cs Kovarianzstruktur mit den fixen Faktoren Rasse, Grundfütter-

ration, KF-Niveau und Reifedauer durchgeführt. Reifedauer war die wiederholte Messung und Tier die kleinste experimentelle Einheit.

Die Auswertung der Verkostung erfolgte mit der MIXED-Prozedur mit den fixen Effekten Rasse, Grundfutterration, KF-Niveau und Verkoster. Signifikante 2-fach-Wechselwirkungen wurden im Modell belassen. Zur Berechnung der P-Werte wurde zusätzlich die GENMOD-Prozedur angewendet.

3. Ergebnisse

3.1 Einfluss von Rasse/Genotyp

3.1.1 Rasse/Genotyp und Mastleistung, Effizienz

Die FV_{KO} -Stiere erreichten ein durchschnittliches Mastendgewicht von 721 kg mit 18,4 Monaten bei durchschnittlichen Zunahmen während der Mastphase von 1.370 g pro Tag (Tabelle 2). Die FV_{KO} -Stiere unterschieden sich mit zumindest 160 g höheren TZ signifikant von den 3 HO-Genotypen. Die Mastdauer und das Schlachalter unterschieden sich aufgrund der unterschiedlichen Mastendgewichte nicht signifikant zwischen den Rassen/Genotypen.

In der Futter-, Energie- und Nährstoffaufnahme zeigten sich Unterschiede zwischen FV_{KO} und den HO-Genotypen, wobei der Großteil dieser Merkmale nur zwischen FV_{KO} und HO_{LL} signifikant unterschiedlich war. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse über den gesamten Mastverlauf dargestellt; hier muss aber auch berücksichtigt werden, dass die Schlachtung bei unterschiedlichen Mastendgewichten erfolgte. Daher wurden in einer zweiten Auswertung (im Text beschrieben) nur die Daten im Gewichtsbereich 200-600 kg LM ausgewertet. Prinzipiell zeigte sich allerdings ein ähnliches Bild wie bei der Gesamtauswertung in Tabelle 2.

Aufgrund des Versuchsdesigns, abgeleitet von den GfE-Bedarfsempfehlungen (GfE 1995) für FV_{KO} und HO, hatte die Ration der FV_{KO} -Stiere einen rund 0,7 % höheren XP-Gehalt und ein um 0,7 weiteres XP/ME-Verhältnis. Die XP-Aufnahme war bei FV_{KO} ebenfalls signifikant höher als bei den HO-Genotypen (Tabelle 2).

Die HO_{LL} -Stiere hatten die geringste Grundfutteraufnahme und – da sich die KF-Vorlage anteilmäßig am Grundfutter orientierte – auch die geringste KF-Aufnahme (Tabelle 2). Verursacht durch die geringere Futteraufnahme der HO_{LL} war auch ihre Energie- und Nährstoffaufnahme signifikant niedriger als bei FV_{KO} . Betrachtet man allerdings nicht die gesamte Mastdauer, sondern nur den Gewichtsbereich 200-600 kg LM, so war der P-Wert für die Grundfutteraufnahme knapp über der Signifikanzschwelle ($P=0,109$). Wird nur der Gewichtsbereich 200-600 kg berücksichtigt, so waren zwischen FV_{KO} und HO_{LL} auch die meisten Parameter der Nährstoffaufnahme (XL, XA, XF, NDF, ADF) nur mehr tendenziell unterschiedlich. Die Gesamtfutteraufnahme von FV_{KO} blieb auch im Gewichtsbereich 200-600 kg numerisch höher als bei den HO-Genotypen (FV_{KO} 8,44^a; HO_{HL} 8,14^{ab}; HO_{LL} 7,59^b, HO_{NZ} 8,02^{ab}, $P=0,013$).

In einer dritten Auswertung wurde die Mastleistung der 3 HO-Genotypen ohne FV_{KO} im Gewichtsbereich 200-600 kg LM ausgewertet. Hier zeigte sich, dass die Zunahmen der HO_{HL} tendenziell höher waren als bei HO_{LL} . In der Grundfutteraufnahme konnten zwischen den 3 HO-Genotypen keine Unterschiede statistisch abgesichert werden ($P=0,142$). HO_{HL} hatte allerdings eine tendenziell höhere Gesamtfutteraufnahme (8,14 vs. 7,54 kg, $P=0,050$) und eine signifikant höhere KF-Aufnahme als HO_{LL} . Bedingt durch die höhere Futteraufnahme hatte HO_{HL} eine tendenziell höhere XP- und XL-Aufnahme; in den übrigen Nährstoffen fanden sich keine gesicherten Unterschiede zwischen den 3 HO-Genotypen.

Vergleicht man den auf österreichischen Milchviehbetrieben häufig eingesetzten HO-Genotyp HO_{HL} mit FV_{KO} , so fanden sich keine statistisch abgesicherten Unterschiede in der Grund- und Gesamtfutteraufnahme (8,48 kg TM Gesamtfutteraufnahme für FV_{KO} vs 8,13 kg für HO_{HL}); die tägliche KF-Aufnahme war im Versuch bei HO_{HL} um 6 % niedriger war bei FV_{KO} .

Der Futteraufwand (Input/Output) bezogen auf TZ sowie auf LM und die Futtereffizienz (Output/Input) sind in *Tabelle 3* dargestellt. Erwartungsgemäß hatten die FV_{KO} -Stiere mit durchschnittlich 6,1 kg TM und 68 MJ ME pro kg LM-Zuwachs den niedrigsten Futteraufwand. Im Gewichtsbereich 200-250 kg war der Futteraufwand bei allen Rassen/Genotypen 4,6 kg TM pro kg LM-Zuwachs. Bei FV_{KO} stieg sie auf 8,2 kg im Gewichtsbereich 650-720 kg LM; bei HO_{HL} war sie im Gewichtsbereich 600-650 kg bereits 9,2 kg (*Abbildung 1*). Im XP-Aufwand pro kg Zunahme waren HO_{NZ} (879 g XP) und HO_{HL} (865 g XP) signifikant schlechter als FV_{KO} (788 g). Berechnet man unter Einbeziehung der Ausschachtung den Futteraufwand pro kg Schlachtkörpergewicht so ergeben sich folgende Werte: 10,7 kg TM (FV_{KO}), 13,3 kg (HO_{HL}), 12,6 kg (HO_{LL}) und 13,8 kg (HO_{NZ}). Pro kg LM zeigten sich zwischen FV_{KO} und den HO-Genotypen keine statistischen Unterschiede in der TM, ME und XP-Aufnahme, wobei naturgemäß alle drei Parameter im Mastverlauf mit steigenden Gewichten sanken. Einzig bei den zwei Parametern g TM und MJ ME pro kg metabolischer LM ($LM^{0,75}$) zeigte HO_{LL} die niedrigsten Werte.

3.1.2 Rasse/Genotyp und Schlachtleistung

Erwartungsgemäß waren die FV_{KO} -Stiere den HO-Stieren in den gängigen Schlachtkörpermerkmalen (Nettotageszunahme, Fleischigkeit, Ausschachtung) deutlich überlegen (*Tabelle 4*). Bei der Interpretation der Schlachtleistung muss allerdings auch das unterschiedliche Mastendgewicht mitberücksichtigt werden. HO_{HL} hatte die geringste EUROP-Fleischigkeit ($E=5$, $P=1$) (2,0 bei HO_{HL} vs. 2,4 bei HO_{NZ} , 2,5 bei HO_{LL} und 4,0 bei FV_{KO} ; $P<0,001$); bei HO_{HL} wurden 3 Stiere mit O-R bewertet und 13 mit O). Trotz der deutlich besseren Fleischigkeitsklasse und der größeren Rückenmuskelfläche war bei FV_{KO} der Anteil wertvoller Teilstücke nicht höher als bei den HO-Genotypen. Der Englische bezogen auf das Schlachtkörpergewicht war jedoch bei HO_{HL} signifikant niedriger als bei FV_{KO} . Die Hälftenlänge war bei HO_{HL} signifikant länger als bei FV_{KO} (*Tabelle 4*). Die Schlachtkörpermaße Rumpflänge und Keulenumfang waren bei FV_{KO} und HO_{HL} signifikant länger/größer als bei den anderen 2 HO-Genotypen. Beim Keulenspiralmaß lag FV_{KO} signifikant über den HO-Genotypen (FV_{KO} 174 cm, HO_{HL} 169 cm, HO_{LL} 164 cm und HO_{NZ} 160 cm, $P<0,001$).

Bei der routinemäßig am Schlachthof erhobenen Fettklasse konnten keine Unterschiede zwischen den Rassen/Genotypen statistisch abgesichert werden ($P=0,104$) (Fettklasse war allerdings bei HO_{LL} und HO_{NZ} numerisch um rund 0,3 Punkte höher), wohl aber beim Nierenfett (kg sowie Anteil); das Nierenfett war bei HO_{NZ} und HO_{LL} trotz der niedrigeren Mastendgewichte am höchsten. Der Fettanteil in den Teilstücken Brust/Spannrippe sowie Fehlrippe war nur bei HO_{NZ} signifikant höher (*Tabelle 5*). Der chemisch analysierte Fettgehalt in den zwei Teilstücken war ebenfalls bei HO_{NZ} statistisch abgesichert am höchsten (Daten nicht dargestellt). Die im Mastverlauf gemessene Rückenfettdicke unterschied sich nicht signifikant zwischen den Rassen/Genotypen. In der grafischen Darstellung konnten jedoch numerisch höhere Rückenfettdicken bei HO_{NZ} beobachtet werden. Zwischen FV_{KO} und dem HO-Genotyp HO_{HL} konnte in keinem der genannten Verfettungsmerkmalen statistisch ein Unterschied abgesichert werden; HO_{HL} hatte allerdings ein um 60 kg niedrigeres Mastendgewicht.

Rasse/Genotyp hatte auf alle Teilstückanteile (bezogen auf das Schlachtkörpergewicht) – einzige Ausnahme war der Fehlrippenanteil – einen signifikanten Effekt (*Tabelle 4*), wobei das Ergebnis auch durch das unterschiedliche Mastendgewicht mitbeeinflusst sein dürfte. Vergleicht man die Teilstückanteile von HO_{LL} und HO_{NZ} , die bei durchschnittlich 592 kg geschlachtet wurden, so war bei HO_{LL} der Fleisch- und Knochendünnungs-Anteil

signifikant niedriger, aber der Anteil von Schlegel und wertvoller Teilstücke signifikant höher. Auch die Ausschachtung der HO_{LL}-Stiere war mit 55,7 % signifikant besser als bei HO_{NZ} und HO_{HL} und lag nur 1,3 Prozentpunkte unter FV_{KO}. Weiters waren bei HO_{LL} im Vergleich zu HO_{NZ} Ausschachtung, Schlachtkörpergewicht und auch Rückenmuskelfläche signifikant höher/größer.

3.1.3 Rasse/Genotyp und Fleischqualität

Rasse/Genotyp hatte nur auf den Rotton (a) von Fleisch und Fett einen statisch abgesicherten Effekt; dieser Unterschied dürfte praktisch aber kaum Relevanz haben (Tabelle 6, FV_{KO} etwas blasser Fleisch, aber rötlichstes Fett). Fleisch der HO_{NZ}-Stiere hatte den geringsten Tropf- Koch- und Grillsaftverlust und somit das höchste Wasserbindungsvermögen (Tabelle 6). Beim im Zuge einer Fleischverkostung (Rostbraten und Weißes Scherzel) beurteilten Merkmal Saftigkeit erreichten HO_{NZ} und HO_{LL} die besten Noten (Tabelle 7). Bei der Fleischverkostung zeigten die FV_{KO}-Stiere die geringsten Zartheitspunkte. In der Scherkraft, einem objektiven Maß für die Zartheit, konnte dieser Unterschied allerdings nur in der Scherkraft^{gegrillt} und auch nur als Tendenz bestätigt werden (Tabelle 6). Die IMF-Gehalte waren bei FV_{KO} 1,7 % signifikant niedriger als bei HO_{HL} und HO_{NZ} (2,5 und 2,7 %), lagen aber allgemein auf niedrigem bis moderatem Niveau. Die HO_{LL}-Stiere zeigten die höchsten MUFA- und gleichzeitig die geringsten Ω -6-FS-, PUFA- und CLA-Gehalte, wobei die Unterschiede nur im Vergleich zu FV_{KO} signifikant waren (Tabelle 8).

3.2 Einfluss des Grundfutters

3.2.1 Grundfutterart und Mastleistung, Effizienz

Die GS/MS-Gruppe hatte aufgrund eines signifikant niedrigeren ME-Gehalts (11,0 vs. 11,4 MJ) und des tendenziell höheren XP-Gehalts in der Ration ein weiteres XP/ME-Verhältnis (11,7 vs. 10,8). In der GS/MS-Gruppe wurden durchschnittlich 180 g PKF (entspricht 10 % der KF-Aufnahme) pro Tier und Tag gefüttert, während es in der MS-Gruppe 740 g (knapp 40 % des KF) waren. Ab 450 kg LM erhielt die GS/MS-Gruppe kein PKF mehr. Das XP/ME-Verhältnis reduzierte sich von 12,6 zu Versuchsbeginn (Gewichtsklasse 200-250 kg LM) auf 11,1 in der GS/MS-Gruppe und auf 9,3 in der MS-Gruppe. Betrachtet man nur die FV-Stiere, so sank das XP/ME-Verhältnis von 13,5 (200-250 kg LM) bis zum Mastende (650-720 g LM) auf 10,4 (GS/MS-Gruppe) bzw. 10,0 (MS-Gruppe).

Das Füttern der GS/MS-Ration resultierte in 80 g niedrigeren TZ im Vergleich zur MS-Ration ($P < 0,001$), wobei die Grundfutter-, KF- und Gesamt-Futteraufnahmen sowie die Aufnahmen an XP, XL, XA und Faserkomponenten in der GS/MS-Gruppe signifikant höher waren (0,6 kg TM höhere tägliche Gesamt-Futteraufnahme) (Tabelle 2). In der ME-Aufnahme zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Grundfuttergruppen ($P = 0,127$). Im Futteraufwand schnitt die GS/MS-Ration signifikant schlechter ab als die MS-Ration (pro kg LM-Zuwachs: 15 % höher TM-Aufwand, 10 % höherer ME- und 19 % höherer XP-Aufwand) (Tabelle 3, Abbildung 1).

3.2.2 Grundfutterart und Schlachtleistung

Die GS/MS-Ration führte zu einem rund 0,9 Monate höheren Schlachtagter ($P = 0,018$) und 40 g niedrigeren Nettotageszunahmen ($P = 0,011$) (Tabelle 4), wobei die Gesamtfutter- und XP-Aufnahme in der GS/MS-Gruppe signifikant höher war (Tabelle 2). Auf alle anderen in den Tabellen 4 und 5 angeführten Schlachtleistungs-Merkmale hatte die Grundfutterart keinen signifikanten Effekt.

3.2.3 Grundfutterart und Fleischqualität

Die GS/MS-Ration führte zu einer signifikant gelberen Fettfarbe, auf die übrigen Parameter (L, a) der Fettfarbe sowie auf die Fleischfarbe hatte das Grundfutter keinen signifikanten Effekt (*Tabelle 6*). Die GS/MS-Ration resultierte in rund 1 bzw. 2 % niedrigeren Grillsaftverlusten. Beim Tropf- und Kochsaftverlust sowie bei der Scherkraft wurden keine Unterschiede festgestellt. Das Grundfutter hatte auf die Fleischinhaltsstoffe, mit Ausnahme des Zn-, Ω -3- und CLA-FS-Gehalts, keinen Effekt (*Tabelle 8*). Mit der GS/MS-Ration war der Zn-Gehalt im Fleisch sowie erwartungsgemäß auch der Gehalt an Ω -3-FS signifikant höher. Der Fleisch-CLA-Gehalt war allerdings mit der GS/MS-Ration signifikant niedriger. Der höhere Ω -3 GS-Gehalt im Fleisch der Stiere der GS/MS-Ration hatte ein engeres und damit ernährungsphysiologisch günstigeres Ω -6: Ω -3 FS-Verhältnis zur Folge.

3.3 Einfluss des Kraftfutter(-KF)-Niveaus

3.3.1 KF-Anteil und Mastleistung, Effizienz

Der ME- und NDF-Gehalt sowie des XP/ME-Verhältnis unterschieden sich signifikant zwischen der 20 und 40 % KF-Ration (*Tabelle 2*). Ein Anteil von durchschnittlich 40 statt 20 % KF in der Ration erhöhte alle Merkmale der Futter- und Nährstoffaufnahme signifikant mit Ausnahme der XA-Aufnahmemenge und der Aufnahmemenge bestimmter Faserkomponenten (*Tabelle 2*). Während die XF-Aufnahme in der niedrigen KF-Gruppe signifikant höher war, waren bei der NDF- und ADL-Aufnahme keine Unterschiede feststellbar. Bei der ADF-Aufnahme wurde nur ein tendenziell höherer Wert bei der niedrigen KF-Gruppe beobachtet.

Die um durchschnittlich 20 % höhere KF-Aufnahme führte zu durchschnittlich 120 g höheren TZ. Der Futteraufwand pro kg LM-Zuwachs unterschied sich nicht signifikant zwischen den KF-Gruppen. Der Futteraufwand pro kg LM war allerdings in der niedrigeren KF-Gruppe günstiger (*Tabelle 3, Abbildung 1*).

3.3.2 KF-Anteil und Schlachtleistung

Bedingt durch die höheren Zunahmen erreichte die Gruppe mit dem hohen KF-Anteil ca. 50 Tage früher das Zielmastendgewicht (Schlachtalter mit 17,3 vs. 19,0 Monaten) (*Tabelle 4*). Die Schlachtkörper der 40 % KF-Gruppe hatten signifikant mehr Nierenfett (kg und Anteil vom Mastendgewicht). In der Fettklasse, aber auch im Fettanteil von Brust/Spannrippe sowie Fehlrippe (*Tabelle 5*), im Fettgehalt dieser 2 Teilstücke sowie im IMF-Gehalt des Rostbratens zeigten sich jedoch keine Unterschiede (*Tabelle 6*). Die über den gesamten Mastverlauf gemessene Rückenfettdicke war allerdings in der 40 % KF-Gruppe um durchschnittlich 0,5 mm dicker ($P < 0,001$). Auf die Teilstückanteile bezogen auf das Schlachtkörpergewicht hatte der KF-Anteil keinen signifikanten Effekt (einzig tendenzieller Effekt ($P = 0,069$) auf Rostbraten zugunsten der 20 % KF-Gruppe).

3.3.3 KF-Anteil und Fleischqualität

Auf die innere Produktqualität hatte der KF-Anteil keinen Effekt (*Tabelle 6 und 7*). Einzige Ausnahme waren die Gehalte an Ω -3-FS und CLA im Fleisch, die mit der 20 % KF-Ration signifikant höher waren. Dies wiederum resultierte in einem signifikant niedrigen Ω -6: Ω -3 Verhältnis im Fleisch der niedrigen KF-Gruppe (*Tabelle 8*).

Tabelle 2: Zunahmen, Futter- und Nährstoffaufnahme der Fleckvieh-Stiere und der 3 Holstein-Genotypen bei unterschiedlichem Grundfutter und KF-Anteil

| Merkmal | Rasse (Ra) | | | | Grundfutter (GrF) | | Krautfutter (KF) | | rSD | p-Wert | | |
|--|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|----------|------------------|-------|------|--------|-----|-----|
| | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{LL} | HO _{NZ} | MS100 | MS33GS67 | 20% | 40% | | Ra | GrF | KF |
| Mastendgewicht, kg | 721 ^a | 659 ^b | 593 ^c | 598 ^c | 640 | 645 | 643 | 642 | 12 | *** | ns | ns |
| Gewichtszuwachs Mastphase, kg | 564 ^a | 498 ^b | 439 ^c | 440 ^c | 486 | 483 | 486 | 484 | 35 | *** | ns | ns |
| Mastdauer, Monate | 14,32 | 14,33 | 13,29 | 13,50 | 13,36 | 14,36 | 14,73 | 12,98 | 1,75 | ns | * | *** |
| Tageszunahmen (TZ), g | | | | | | | | | | | | |
| Zunahmen Mastphase ¹ | 1.374 ^a | 1.170 ^b | 1.113 ^b | 1.114 ^b | 1.234 | 1.151 | 1.131 | 1.254 | 671 | *** | *** | *** |
| Zunahmen Mastphase ² | 1.323 ^a | 1.158 ^b | 1.097 ^b | 1.086 ^b | 1.212 | 1.119 | 1.090 | 1.241 | 116 | *** | ** | *** |
| Zunahmen gesamtes Leben ³ | 1.279 ^a | 1.161 ^b | 1.119 ^b | 1.096 ^b | 1.197 | 1.130 | 1.106 | 1.222 | 99 | *** | ** | *** |
| Tägliche Futteraufnahme, kg TM | | | | | | | | | | | | |
| Gesamtfutter | 8,48 ^a | 8,13 ^{ab} | 7,43 ^c | 7,88 ^{bc} | 7,68 | 8,28 | 7,45 | 8,51 | 1,38 | *** | *** | *** |
| Grundfutter (inkl. Heu) | 5,95 ^a | 5,72 ^{ab} | 5,28 ^b | 5,59 ^{ab} | 5,44 | 5,82 | 6,04 | 5,22 | 1,11 | *** | *** | *** |
| Gesamt-KF | 2,65 ^a | 2,51 ^b | 2,26 ^d | 2,40 ^c | 2,35 | 2,55 | 1,51 | 3,40 | 0,29 | *** | *** | *** |
| Energie-KF (EKf) | 2,07 ^{ab} | 2,12 ^a | 1,89 ^{cd} | 2,00 ^{bc} | 1,61 | 2,43 | 1,12 | 2,92 | 0,28 | *** | *** | *** |
| Anteil PKF am KF, % | 29,3 | 21,9 | 23,0 | 23,6 | 38,8 | 10,1 | 31,9 | 17,0 | 10,5 | ns | *** | *** |
| Tägliche Energie- und Nährstoffaufnahme | | | | | | | | | | | | |
| ME, MJ | 94,5 ^a | 90,9 ^{ab} | 82,9 ^b | 87,9 ^{ab} | 87,6 | 90,5 | 81,3 | 96,8 | 15,0 | *** | ns | *** |
| XP, g | 1.081 ^a | 983 ^b | 904 ^b | 947 ^b | 922 | 1.035 | 909 | 1.047 | 175 | *** | *** | *** |
| XL, g | 248 ^a | 237 ^{ab} | 217 ^{bc} | 230 ^{ab} | 226 | 240 | 223 | 243 | 45 | ** | ** | ** |
| XA, g | 505 ^a | 479 ^a | 426 ^b | 454 ^a | 356 | 575 | 458 | 473 | 131 | ** | *** | ns |
| XF, g | 1.555 ^a | 1.475 ^{ab} | 1.359 ^b | 1.442 ^{ab} | 1.373 | 1.543 | 1.499 | 1.416 | 304 | ** | *** | * |
| NDF, g | 3.134 ^a | 2.978 ^{ab} | 2.740 ^b | 2.897 ^{ab} | 2.796 | 3.079 | 2.930 | 2.944 | 585 | ** | *** | ns |
| ADF, g | 1.897 ^a | 1.801 ^{ab} | 1.660 ^b | 1.757 ^{ab} | 1.658 | 1.900 | 1.822 | 1.735 | 366 | ** | *** | " |
| ADL, g | 250 ^a | 232 ^{ab} | 212 ^b | 226 ^{ab} | 216 | 244 | 231 | 229 | 51 | ** | *** | ns |
| Rationskriterien, pro kg TM | | | | | | | | | | | | |
| ME, MJ | 11,2 | 11,2 | 11,2 | 11,2 | 11,4 | 11,0 | 10,9 | 11,4 | 0,2 | ns | *** | *** |
| XP, g | 132 | 124 | 126 | 124 | 124 | 129 | 126 | 127 | 13 | ** | " | ns |
| NDF, g | 370 | 365 | 368 | 366 | 364 | 370 | 391 | 342 | 21 | ns | * | *** |
| XP/ME-Verhältnis | 11,8 ^a | 11,1 ^b | 11,2 ^b | 11,0 ^b | 10,8 | 11,7 | 11,5 | 11,1 | 1,2 | * | *** | * |

P-Werte: ***P<0,001, **P<0,01, *P<0,05; *P<0,10; Alterseffekt (2-Monats-Klassen) für alle Merkmale signifikant, rSD...Residualstandardabweichung

¹anhand wöchentlicher Einzelwiegungen, ²(Mastendgewicht - Einstallgewicht) / Mastdauer, ³Mastendgewicht / Schlachtlalter

⁴Tukey Test zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen, obwohl P-Wert aus MIXED-Modell unter 0,05 war

Signifikante Wechselwirkungen: Ra*KF für Gesamt-KF u. EKf; GrF*KF für Anteil PKF u. MJ ME/kg TM

Tabelle 3: Futtermaterialeinsatz und Effizienz der Fleckvieh-Stiere und der 3 Holstein-Genotypen bei unterschiedlichem Grundfutter und KF-Anteil

| Merkmal | Rasse (Ra) | | | Grundfutter (GrF) | | Kraftfutter (KF) | | rSD | p-Wert | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|------------------|------|------|--------|-----|-----|------|
| | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{LL} | HO _{NZ} | MS100 | MS33GS67 | 20% | | 40% | Ra | GrF | KF |
| Futtermaterialeinsatz (Input/Output), pro kg LM-Zuwachs (TZ)¹ | | | | | | | | | | | | |
| TM, kg | 6,10 ^b | 7,16 ^a | 7,00 ^a | 7,38 ^a | 6,44 | 7,38 | 6,93 | 6,89 | 1,7 | *** | *** | ns |
| ME, MJ | 68,0 ^b | 79,9 ^a | 78,0 ^a | 82,1 ^a | 73,4 | 80,6 | 75,7 | 78,4 | 19,5 | *** | *** | " |
| XP, g | 788 ^b | 865 ^a | 847 ^{ab} | 879 ^a | 773 | 917 | 842 | 847 | 208 | ** | *** | ns |
| Futtermaterialeffizienz (Output=TZ/Input) | | | | | | | | | | | | |
| TZ/ kg Futter-TM | 178 ^a | 155 ^b | 158 ^b | 150 ^b | 171 | 149 | 160 | 160 | 34,0 | *** | *** | ns |
| TZ/ MJ ME | 15,9 ^a | 13,8 ^b | 14,2 ^b | 13,4 ^b | 15 | 13,6 | 14,2 | 14 | 3,0 | *** | *** | * |
| TZ/ 10 g XP | 13,5 | 12,6 | 12,8 | 12,3 | 13,8 | 11,8 | 12,9 | 12,7 | 2,7 | ** | *** | n.s. |
| Futtermaterialeinnahme, pro kg Lebendmasse (LM) bzw. LM^{0,75} | | | | | | | | | | | | |
| g TM/ kg LM | 19,2 | 19,2 | 18,1 | 19,8 | 18,2 | 19,9 | 18,2 | 19,9 | 0,12 | ns | ** | ** |
| g TM/ kg LM ^{0,75} | 86 ^a | 85 ^a | 80 ^b | 86 ^a | 80 | 88 | 80 | 88 | 0,37 | ** | *** | *** |
| MJ ME/ kg LM | 0,22 | 0,22 | 0,2 | 0,22 | 0,21 | 0,22 | 0,2 | 0,23 | 0,05 | ns | ns | *** |
| MJ ME/ kg LM ^{0,75} | 0,96 ^a | 0,96 ^a | 0,89 ^b | 0,97 ^a | 0,92 | 0,97 | 0,88 | 1,01 | 0,14 | ** | ** | *** |
| g XP/ kg LM | 2,73 | 2,51 | 2,37 | 2,56 | 2,42 | 2,68 | 2,35 | 2,74 | 0,95 | ns | ns | " |
| g XP/ kg LM ^{0,75} | 11,5 | 10,7 | 10,1 | 10,8 | 10,2 | 11,4 | 10,1 | 11,5 | 2,50 | ns | ** | ** |

P-Werte: ***p<0,001, **p<0,01; *p<0,05; *p<0,10; nsP>0,10; Alterseffekt (2-Monats-Klassen) für alle Merkmale signifikant; rSD...Residualstandardabweichung

¹anhand wöchentlicher Einzelwiegungen

Signifikante Wechselwirkungen: GrF*KF für XP/kg LZ, TZ/kg Futter-TM, TZ/10 g XP und TM/kgLM^{0,75}; Rasse*GrF für TZ/kg Futter-TM, TZ/MJ ME und TZ/10 g XP

Tabelle 4: Schlachtleistung der Fleckvieh-Stiere und der 3 Holstein-Genotypen bei unterschiedlichem Grundfutter und KF-Anteil

| Merkmal | Rasse (Ra) | | | Grundfutter (GrF) | | Krautfutter (KF) | | P-Wert | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|----------|------------------|-------|--------|-----|-----|
| | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{LL} | MS | MS33GS67 | 20% | 40% | Ra | GrF | KF |
| Schlachalter, Monate | 18,38 ^{xy} | 18,69 ^x | 17,46 ^y | 17,69 | 18,56 | 18,95 | 17,30 | " | * | *** |
| Lebendgewicht bei Schlachtung, kg | 715 ^a | 655 ^b | 591 ^c | 639 | 638 | 639 | 638 | *** | ns | ns |
| Schlachtkörpergewichtwarm, kg | 414 ^a | 359 ^b | 335 ^c | 359 | 356 | 357 | 358 | *** | ns | ns |
| Nettotageszunahme, g | 736 ^a | 636 ^b | 633 ^b | 670 | 630 | 618 | 682 | *** | * | *** |
| Ausschlachtungskalt, % | 57,0 ^a | 54,0 ^c | 55,7 ^b | 55,1 | 54,9 | 54,9 | 55,1 | *** | ns | ns |
| Fleischigkeit (5=E, 1=P) | 4,00 ^a | 2,03 ^c | 2,53 ^b | 2,79 | 2,70 | 2,75 | 2,75 | *** | ns | ns |
| Fettklasse (1=mager, 5=fett) | 2,50 | 2,53 | 2,78 | 2,57 | 2,78 | 2,60 | 2,75 | ns | ns | ns |
| pH_48h_Rückenmuskel | 5,80 ^{xy} | 5,71 ^y | 5,71 ^{xy} | 5,77 | 5,77 | 5,76 | 5,77 | " | ns | ns |
| Nierenfett, kg | 11,97 ^b | 12,62 ^b | 14,32 ^{ab} | 13,07 | 14,33 | 12,42 | 14,97 | ** | ns | ** |
| Rückenfettdicke (Ø Mastverlauf), mm | 10,1 | 9,9 | 10,0 | 10,1 | 10,0 | 9,8 | 10,2 | ns | ns | ** |
| Schlachtkörpermaße, cm | | | | | | | | | | |
| Hälftenlänge | 181 ^b | 188 ^a | 179 ^b | 181 | 183 | 182 | 182 | *** | ns | ns |
| Keulenumfang | 127 ^a | 128 ^a | 122 ^b | 124 | 124 | 124 | 124 | *** | ns | ns |
| % v. Mastendgewicht | | | | | | | | | | |
| Haut | 9,50 ^a | 8,33 ^b | 7,73 ^c | 8,48 | 8,24 | 8,47 | 8,25 | *** | ns | ns |
| Nierenfett | 1,68 ^b | 1,92 ^b | 2,42 ^a | 2,08 | 2,27 | 1,97 | 2,38 | *** | ns | ** |
| % v. Schlachtkörpergewicht | | | | | | | | | | |
| Kamm (Hals) | 9,46 ^a | 8,56 ^b | 8,55 ^b | 8,92 | 8,84 | 8,84 | 8,92 | ** | ns | ns |
| Fehlrippe | 9,40 | 9,19 | 9,69 | 9,43 | 9,50 | 9,49 | 9,45 | ns | ns | ns |
| Bug (Schulter) | 13,81 ^{xy} | 14,38 ^x | 13,95 ^{xy} | 14,05 | 13,89 | 13,98 | 13,95 | *z | ns | ns |
| Brust u. Spannrippe | 11,54 ^b | 12,00 ^{ab} | 12,09 ^{ab} | 11,98 | 12,10 | 11,94 | 12,14 | ** | ns | ns |
| Fleisch- u. Knochendünnung | 10,29 ^b | 9,97 ^b | 9,87 ^b | 10,19 | 10,38 | 10,21 | 10,36 | *** | ns | ns |
| Schlegel | 27,67 ^a | 28,35 ^a | 27,77 ^a | 27,55 | 27,66 | 27,50 | 27,70 | *** | ns | ns |
| Englischer | 7,53 ^a | 7,04 ^b | 7,57 ^a | 7,52 | 7,37 | 7,54 | 7,34 | *** | ns | " |
| Wertvolle Teilstückel | 41,60 ^{ab} | 42,17 ^a | 42,33 ^a | 41,75 | 41,82 | 41,77 | 41,80 | ** | ns | ns |
| Wertvolle Teilstückel, kg | 83,9 ^a | 73,3 ^b | 69,0 ^c | 72,8 | 72,5 | 72,7 | 72,6 | *** | ns | ns |
| Muskelfläche 9. Rippe, cm ² | 113 ^a | 91 ^{bc} | 97 ^b | 96 | 96 | 97 | 96 | *** | ns | ns |

P-Werte: ***p<0,001, **p<0,01; *p<0,05; "p<0,10; rSD...Residualstandardabweichung;

^zTukey Test zeigte nur tendenzielle (^{xy}) Unterschiede zwischen den Gruppen, obwohl P-Wert aus GLM-Modell unter 0,05 war

Signifikante Wechselwirkungen: Ra*KF für Engländer; GrF*KF für Rückenmuskelgröße Rostbraten

Tabelle 5: Gewebeanteile von 2 Schlachtkörper-Teilstücken in Anhängigkeit von Rasse, Grundfutter und Kraftfutteranteil

| Merkmal | Rasse (Ra) | | | Grundfutter (GrF) | | Kraftfutter (KF) | | P-Wert | | | |
|---------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|------------------|------|--------|-----|-----|----|
| | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{LL} | HO _{NZ} | MS | MS33GS67 | 20% | 40% | Ra | Grf | KF |
| Brust u. Spannrippe, %-Anteile | | | | | | | | | | | |
| Fleisch | 53,2 ^a | 47,6 ^{bc} | 49,2 ^b | 45,7 ^c | 48,6 | 49,2 | 49,4 | 48,5 | *** | ns | ns |
| Fett | 31,0 ^b | 31,9 ^b | 33,0 ^b | 36,8 ^a | 32,9 | 33,4 | 32,5 | 33,8 | *** | ns | ns |
| Knochen | 15,9 ^c | 19,8 ^a | 17,8 ^b | 16,8 ^{bc} | 17,7 | 17,4 | 17,8 | 17,4 | *** | ns | ns |
| Sehnen | | nicht vorhanden | | | | | | | | | |
| Fehlrippe, %-Anteile | | | | | | | | | | | |
| Fleisch | 66,9 ^a | 61,3 ^b | 63,4 ^{ab} | 60,7 ^b | 62,8 | 63,4 | 63,2 | 62,9 | *** | ns | ns |
| Fett | 14,9 ^b | 16,2 ^{ab} | 15,9 ^b | 18,0 ^a | 16,4 | 16,0 | 16,0 | 16,4 | ** | ns | ns |
| Knochen | 17,7 | 20,6 | 19,3 | 19,4 | 19,2 | 19,2 | 19,2 | 19,2 | ns | ns | ns |
| Sehnen | 1,1 ^y | 1,3 ^{xy} | 1,5 ^x | 1,3 ^{xy} | 1,2 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | “ | ns | ns |

P-Werte: ***P<0,001, **P<0,05; *P<0,10; nsP>0,10; rSD...Residualstandardabweichung

Tabelle 6: Fleischqualität (Rostbraten) der Fleckvieh-Stiere und der 3 Holstein-Genotypen bei unterschiedlichem Grundfutter und Kraftfutteranteil

| Merkmal | Rasse (Ra) | | | Grundfutter (GrF) | | Kraftfutter (KF) | | Reifung, Tage (Ta) | | rSD | P-Wert | | | | |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|------|------------------|------|--------------------|--------------------|------|--------|--------------|-----|----|---------|
| | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{LL} | HO _{NZ} | MS | MS33GS67 | 20% | 40% | 7 | | 14 | Ra | GrF | KF | Reifung |
| Fleischfarbe, 2 h Oxid. | | | | | | | | | | | | | | | |
| L_ox | 39,2 | 37,8 | 39,1 | 38,1 | 38,4 | 38,8 | 38,2 | 38,9 | 38,1 | 39,0 | 1,3 | ns | ns | ns | *** |
| a_ox | 16,7 ^y | 18,0 ^x | 17,54 ^{xy} | 18,0 ^x | 17,4 | 17,7 | 17,9 | 17,2 | 17,2 | 17,9 | 1,1 | *z | ns | " | ** |
| b_ox | 15,0 | 14,9 | 15,3 | 15,0 | 14,9 | 15,2 | 15,0 | 15,1 | 14,6 | 15,5 | 1,0 | ns | ns | ns | *** |
| Fettfarbe, 2 h Oxid. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fett-L_ox | 72,2 | 73,4 | 71,2 | 73,1 | 72,5 | 72,4 | 72,6 | 72,3 | 72,6 | 72,3 | 3,6 | ns | ns | ns | ns |
| Fett-a_ox | 4,9 ^a | 3,5 ^b | 4,4 ^{ab} | 3,9 ^{ab} | 3,9 | 4,5 | 4,1 | 4,3 | 3,1 | 5,3 | 2,0 | ^v | ns | ns | *** |
| Fett-b_ox | 17,7 | 17,4 | 17,6 | 17,9 | 16,9 | 18,4 | 17,8 | 17,5 | 17,1 | 18,1 | 1,8 | ns | *** | ns | ** |
| Safthalteverluste, % | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tropfsaft (TSV) | 1,73 ^a | 1,55 ^{ab} | 1,70 ^a | 1,22 ^b | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | nur 7 Tage gereift | 0,42 | 0,42 | ** | ns | ns | ns |
| Kochsaftkalt | 20,6 ^{ab} | 21,8 ^a | 20,4 ^{ab} | 19,2 ^b | 20,6 | 20,4 | 20,7 | 20,3 | 20,6 | 20,4 | 2,2 | * | ns | ns | ns |
| Grillsaftwarm | 23,1 ^a | 23,2 ^a | 21,6 ^{ab} | 20,9 ^b | 23,1 | 21,3 | 22,0 | 22,4 | 22,3 | 22,1 | 2,2 | * | ** | ns | ns |
| Grillsaftkalt | 30,6 ^{ab} | 31,1 ^a | 30,0 ^{ab} | 28,7 ^b | 30,7 | 29,5 | 30,0 | 30,2 | 30,0 | 30,2 | 2,2 | " | * | ns | ns |
| Zartheit, kg | | | | | | | | | | | | | | | |
| Scherkraft gegrillt ▲ | 3,44 ^x | 3,06 ^{xy} | 2,94 ^y | 3,01 ^{xy} | 3,10 | 3,12 | 3,02 | 3,20 | 3,44 | 2,78 | 0,55 | ^v | ns | ns | *** |
| Scherkraft gekocht ■ | 5,02 | 4,95 | 4,22 | 4,77 | 4,88 | 4,60 | 4,82 | 4,66 | 5,08 | 4,40 | 0,82 | ns | ns | ns | *** |

P-Werte: ***P<0,001, **P<0,01; *P<0,05; ^yP<0,10; ^zP<0,10; rSD...Residualstandardabweichung

^xTukey Test zeigte tendenzielle Unterschiede (^x) zwischen den Gruppen, obwohl P-Wert aus MIXED-Modell unter 0,05 war, ^yTukey Test zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen, obwohl P-Wert aus MIXED-Modell nur tendenziell (P<0,10) war

Signifikante Wechselwirkungen: Ra*Reifung für a_ox u. b_ox; GrF*Reifung für Fett-L_ox u. Fett-a_ox; KF*Reifung für Kochsaft; Ra*GrF für Grillsaft_{warm}

Tabelle 7: Verkostungs-Ergebnisse der Fleckvieh-Stiere und der 3 Holstein-Genotypen bei unterschiedlichem Grundfutter und Kraffutteranteil

| Merkmal | Rasse (Ra) | | | Grundfutter (GrF) | | Kraffutter (KF) | | P-Wert | | | | |
|---|------------------|------------------|------------------|-------------------|-----|-----------------|-----|--------|-----|-----|----|-----------|
| | FV _{KO} | HO _{HL} | HO _{LL} | HO _{NZ} | MS | MS33GS67 | 20% | 40% | Ra | GrF | KF | Verkoster |
| Rostbraten (6=beste, 1=schlechteste) | | | | | | | | | | | | |
| Saftigkeit | 3,7 ^b | 4,0 ^b | 4,4 ^a | 4,4 ^a | 4,1 | 4,2 | 4,2 | 4,1 | *** | ns | ns | ns |
| Zartheit | 3,7 ^b | 4,0 ^b | 4,5 ^a | 4,4 ^a | 4,1 | 4,2 | 4,2 | 4,1 | *** | * | " | ** |
| Weißes Scherzel | | | | | | | | | | | | |
| Saftigkeit | 3,4 ^b | 3,6 ^a | 3,8 ^a | 3,8 ^a | 3,6 | 3,7 | 3,6 | 3,7 | *** | " | ns | * |
| Zartheit | 3,3 ^b | 3,7 ^a | 3,9 ^a | 3,8 ^a | 3,6 | 3,7 | 3,6 | 3,7 | *** | " | ns | *** |

P-Werte: ***P<0,001, **P<0,01; *P<0,05; "P<0,10; nsP>0,10;

Signifikante Wechselwirkungen: Ra*KF für Zartheit_Rostbraten; Ra*GrF für Zartheit_WeißesScherzel

Tabelle 8: Fleischanalysen-Ergebnisse (Rostbraten) der Fleckvieh-Stiere und der 3 Holstein-Genotypen bei unterschiedlichem Grundfutter und Kraftfutteranteil

| Merkmal | FV _{KO} | Rasse (Ra) | | | Grundfutter (GrF) | | Kraftfutter (KF) | | rSD | P-Wert | | |
|---------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|----------|------------------|------|------|--------------|--------------|--------------|
| | | HO _{HL} | HO _{LL} | HO _{NZ} | MS | MS33GS67 | 20% | 40% | | Ra | Grf | KF |
| Hauptnährstoffe, g/kg FM | | | | | | | | | | | | |
| Trockenmasse | 247 ^b | 252 ^{ab} | 249 ^b | 258 ^a | 251 | 252 | 251 | 252 | 7,97 | ** | ns | ns |
| Rohprotein | 218 | 214 | 214 | 218 | 216 | 216 | 214 | 218 | 7,67 | ns | ns | ^u |
| Rohfett (IMF) | 17 ^b | 25 ^a | 19 ^{ab} | 27 ^a | 21 | 23 | 21 | 22 | 8,33 | ** | ns | ns |
| Rohasche | 11 | 11 | 11 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 0,51 | ns | ns | ns |
| Mengenelemente, g/kg FM | | | | | | | | | | | | |
| K | 3,93 | 3,87 | 3,87 | 3,84 | 3,87 | 3,89 | 3,88 | 3,87 | 0,20 | ns | ns | ns |
| P | 1,72 ^x | 1,64 ^y | 1,72 ^x | 1,66 ^{xy} | 1,68 | 1,69 | 1,67 | 1,70 | 0,09 | ^z | ns | ns |
| Spurenelemente, mg/kg FM | | | | | | | | | | | | |
| Zn | 41,1 | 41,8 | 41,0 | 42,8 | 43,0 | 40,3 | 40,9 | 42,5 | 4,1 | ns | * | ns |
| Cu | 0,52 ^b | 0,57 ^{ab} | 0,62 ^a | 0,55 ^{ab} | 0,57 | 0,56 | 0,57 | 0,56 | 0,10 | * | ns | ns |
| Fe | 18,5 ^b | 22,4 ^a | 20,1 ^{ab} | 20,1 ^{ab} | 20,0 | 20,6 | 20,8 | 19,8 | 3,3 | * | ns | ns |
| Fettsäuren g/100 g FAME | | | | | | | | | | | | |
| ∑ SFA | 43,4 | 44,9 | 44,1 | 43,8 | 43,5 | 44,6 | 44,4 | 43,7 | 2,6 | ns | ^u | ns |
| ∑ MUFA | 45,9 ^b | 46,9 ^{ab} | 47,2 ^{ab} | 49,7 ^a | 47,7 | 47,1 | 46,9 | 47,9 | 3,0 | ** | ns | ns |
| ∑ Ω6-FS | 7,57 ^a | 5,56 ^{ab} | 6,81 ^{ab} | 5,06 ^b | 6,71 | 5,79 | 6,41 | 6,09 | 2,32 | * | ns | ns |
| ∑ Ω3-FS | 1,64 | 1,26 | 1,51 | 1,18 | 1,10 | 1,69 | 1,57 | 1,22 | 0,59 | ns | *** | * |
| ∑ CLA | 0,44 ^a | 0,41 ^{ab} | 0,41 ^{ab} | 0,37 ^b | 0,43 | 0,39 | 0,44 | 0,37 | 0,06 | * | * | *** |
| ∑ PUFA | 9,58 ^a | 7,23 ^{ab} | 8,74 ^{ab} | 6,61 ^b | 8,21 | 7,87 | 8,44 | 7,64 | 2,80 | * | ns | ns |
| Ω6 / Ω3 | 5,36 | 5,08 | 4,99 | 4,82 | 6,57 | 3,55 | 4,51 | 5,62 | 1,02 | ns | *** | *** |
| PUFA / SFA | 0,22 ^x | 0,16 ^y | 0,20 ^{xy} | 0,15 ^y | 0,19 | 0,18 | 0,19 | 0,17 | 0,07 | ^z | ns | ns |

P-Werte: ***P<0,001, **P<0,05, *P<0,10; nsP>0,10; rSD...Residualstandardabweichung

^uTukey Test zeigte nur tendenzielle Unterschiede (^{xy}) zwischen den Gruppen, obwohl P-Wert aus GLM-Modell unter 0,05 war

Signifikante Wechselwirkungen: Ra*KF für Rohprotein

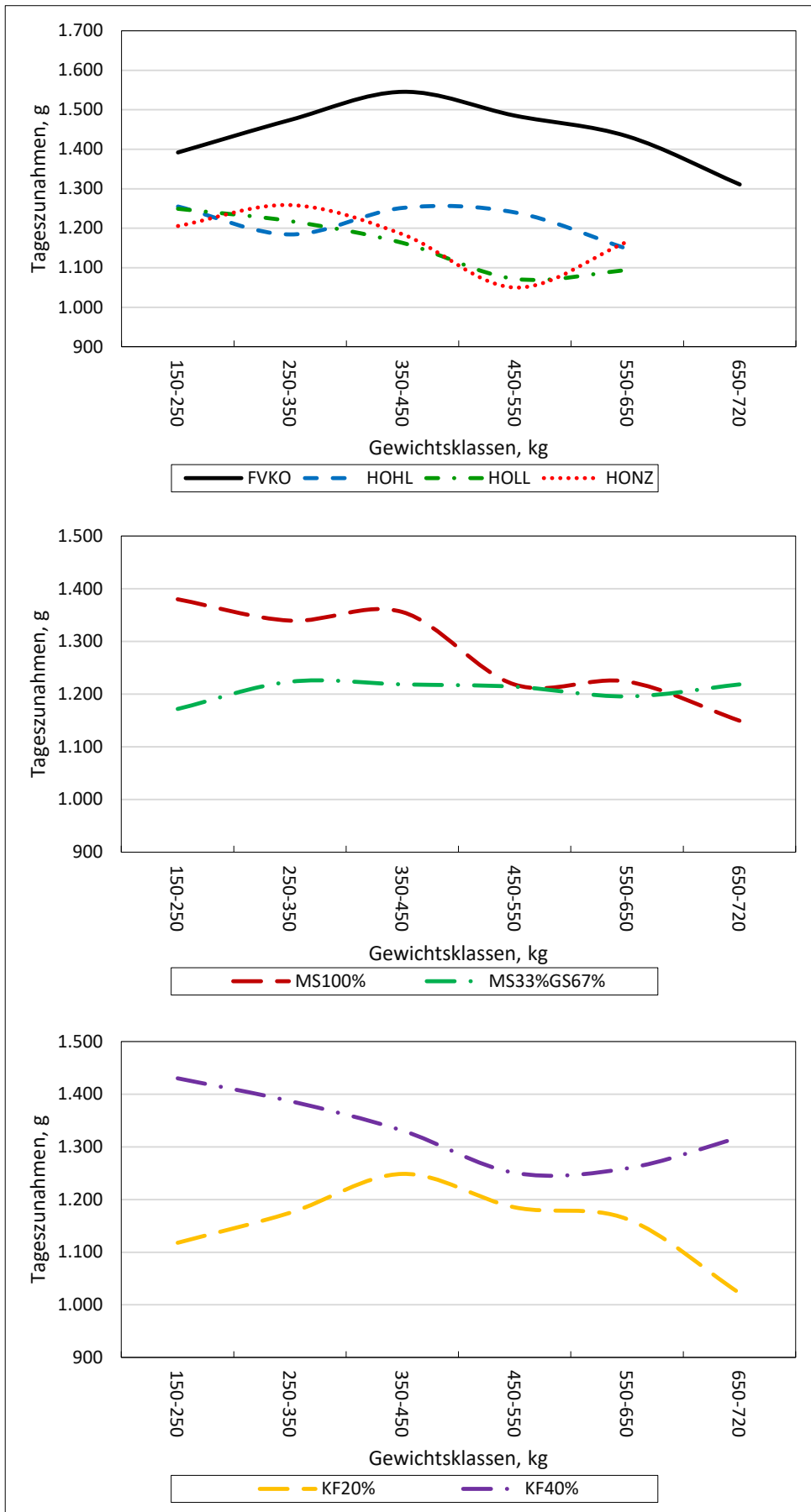
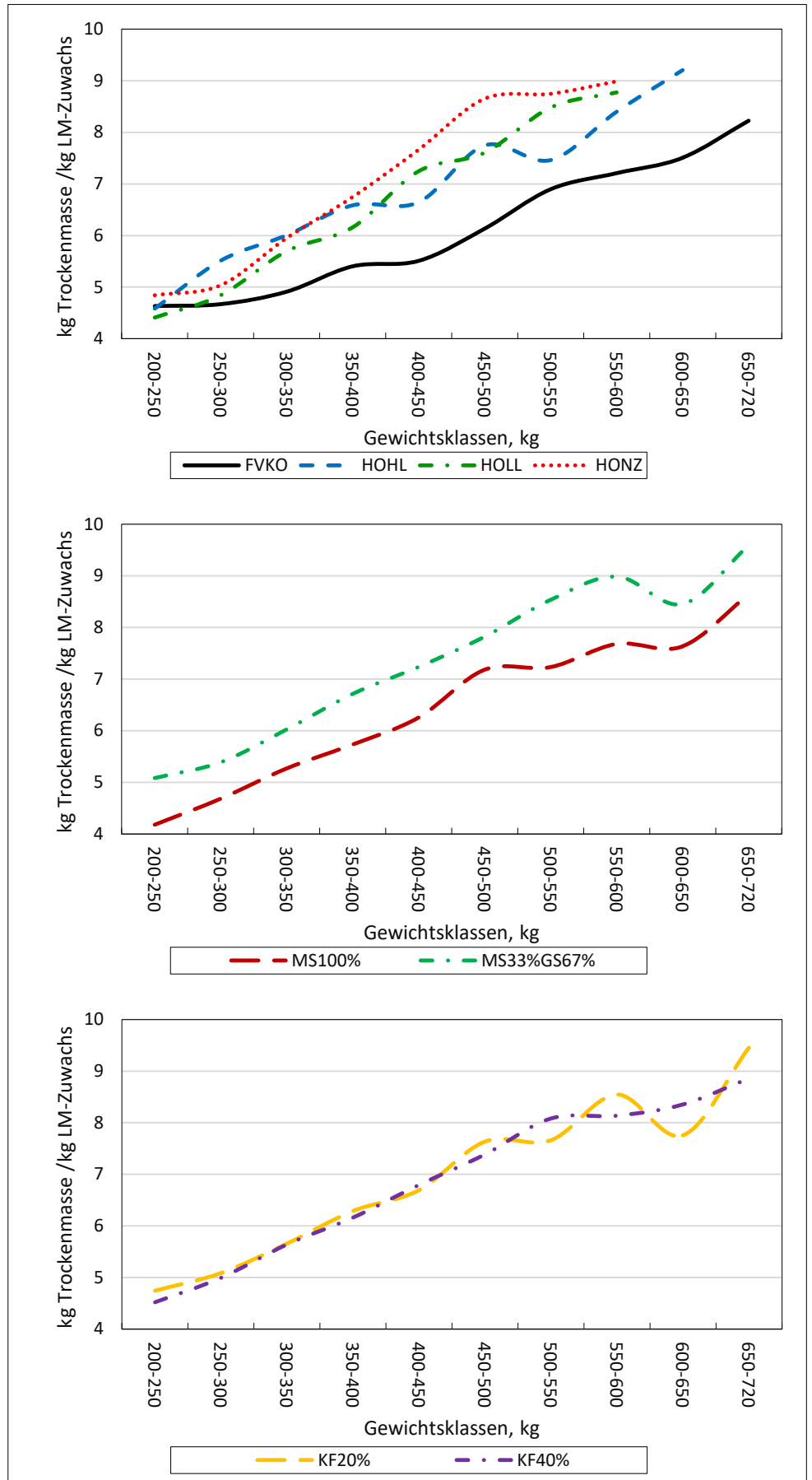


Abbildung 1a: Tageszunahmen (TZ) im Mastverlauf in Abhängigkeit von Rasse/Genotyp, Grundfutterart und Kraftfutterniveau

Abbildung 1b: kg Trockenmasse Aufnahme pro kg LM-Zuwachs im Mastverlauf in Abhängigkeit von Rasse/ Genotyp, Grundfutterart und Kraftfutterniveau



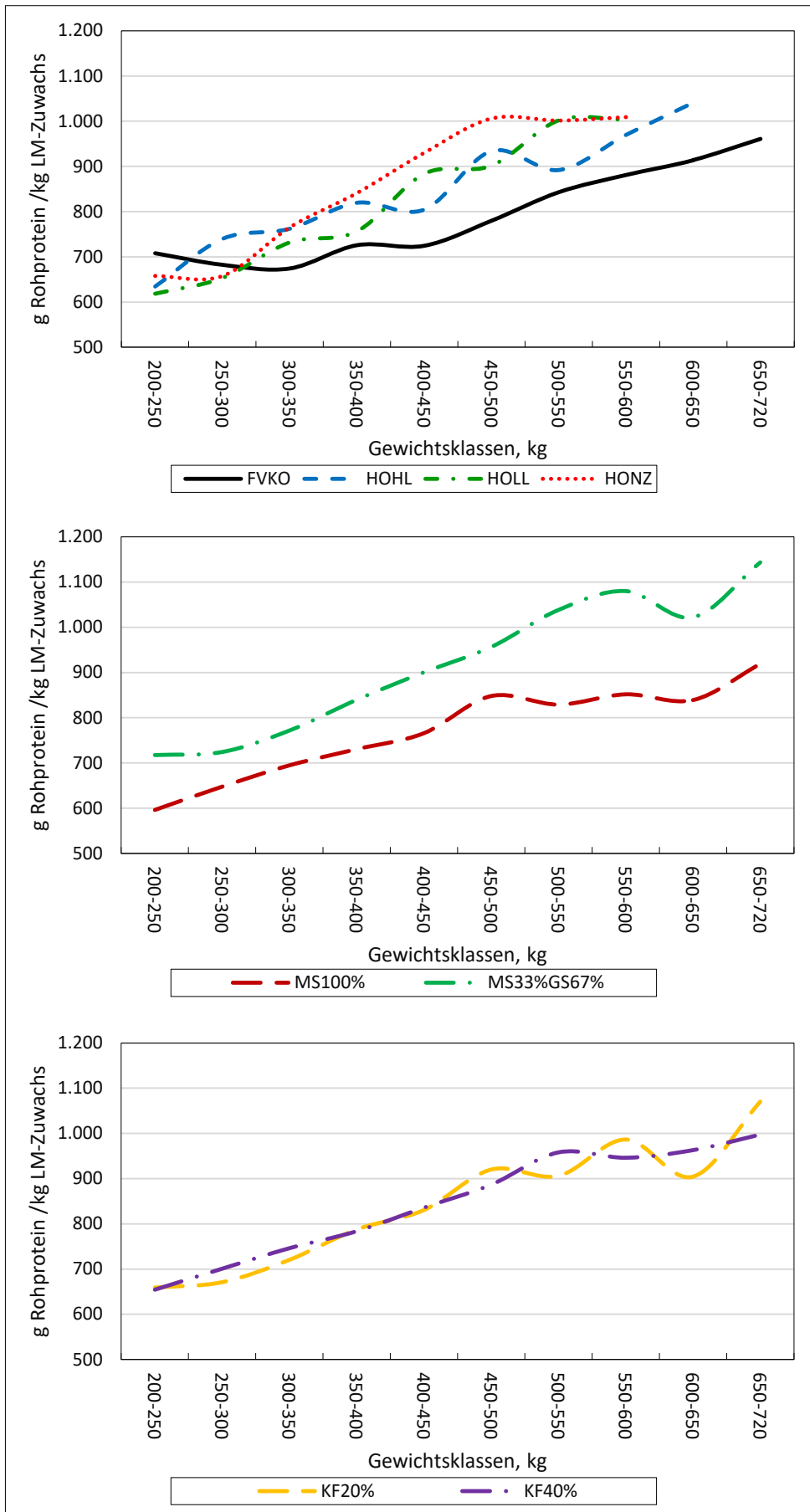


Abbildung 1c: g Rohprotein-Aufnahme pro kg LM-Zuwachs im Mastverlauf in Abhängigkeit von Rasse/ Genotyp, Grundfutterart und Kraftfutterniveau

4. Diskussion

4.1 Einfluss von Rasse/Genotyp

Dem vorliegenden Versuchsdesign liegen die Bedarfsnormen der GfE aus dem Jahr 1995 (GfE 1995) zu Grunde, die für FV_{KO} und HO unterschiedliche ME- und XP-Bedarfszahlen ausweisen. Daraus resultierten im vorliegenden Versuch in den Rationen für FV_{KO} und HO geringfügig unterschiedliche XP-Gehalte und XP/ME-Verhältnissen (Tabelle 2). Dies hat im Versuch eine teilweise Vermischung des Rasseneffekts mit dem Effekt der Proteinversorgung zur Folge. Weiters soll hier darauf hingewiesen sein, dass neue Erkenntnisse hinsichtlich Bedarfszahlen (MEYER et al. 2004, STEINWIDDER et al. 2006, ETTLE et al. 2014, LfL 2021), die sich aus der heutigen Genetik, den höheren Mastendgewichten und höheren Zunahmen ergeben, nicht im Versuchsdesign berücksichtigt wurden. Die im Versuch gewählten unterschiedlichen Mastendgewichte müssen ebenfalls bei der Ergebnisinterpretation berücksichtigt werden.

FV_{KO} -Stiere hatten eine höhere Gesamtfuttermittelaufnahme, die allerdings nur im Vergleich zu HO_{LL} signifikant höher war. Durch die höheren TZ war FV_{KO} den HO-Genotypen im Futteraufwand deutlich überlegen. Der ungünstigere Futteraufwand von Milchrasse-Stieren im Vergleich zu Zweinutzungs- und Mastrassen ist in der Literatur mehrfach beschrieben und wird unter anderem mit dem unterschiedlichen Fett- und Muskelansatz in Verbindung gebracht. Nach KENNY et al. (2018) gibt es auf Tierebene unterschiedliche Definitionen von Effizienz. Traditionell dominiert in Mastversuchen der Futteraufwand (z.B. Futteraufnahme/Zuwachs; feed conversion ratio) bzw. die mathematische Umkehrung Futtereffizienz (Output/Input; feed conversion efficiency) .

Generell wird Milchrasse ein stärkerer Fettansatz nachgesagt (SZÜCS et al. 2001a und 2001b, PFUHL et al. 2007), welcher der Milchkuh als Energiedepot während der Laktation dient. In unseren Auswertungen waren Merkmale der Fetteinlagerung bei HO_{NZ} aber auch bei HO_{LL} , trotz der niedrigeren Mastendgewichte, deutlich stärker ausgeprägt als bei HO_{HL} und FV_{KO} . FV_{KO} hatte im Vergleich zu HO_{HL} und HO_{NZ} einen signifikant niedrigeren IMF-Gehalt im Rostbraten (1,7 % vs 2,5 bzw. 2,7 %), aber einen ähnlichen IMF-Gehalt wie HO_{LL} (1,9 %). NÜRNBERG et al. (2005) konnten beim Vergleich von Deutschen FV - mit Deutschen HO-Stieren, die bei 620 kg LM geschlachtet wurden, keinen Unterschied im IMF-Gehalt feststellen. GEUDER et al. (2012) wiederum fanden beim Vergleich von FV mit Schwarzbunten Stieren einen signifikanten Rasseneffekt auf IMF-Gehalt und Fettklasse. In unserer Studie konnten zwischen FV_{KO} und HF_{HL} in den übrigen Merkmalen der Fetteinlagerung und bei der Fettklassen-Klassifizierung nur geringe numerische Unterschiede beobachtet werden. Auch wenn es mit den vorliegenden Daten nicht belegt werden kann, ist davon auszugehen, dass HO_{HL} bei einem ähnlichen Mastendgewicht wie FV_{KO} eine stärkere Schlachtkörper-Fetteinlagerung als FV_{KO} gezeigt hätte. Der Einfluss eines höheren Mastendgewichts auf die Schlachtkörper-Verfettung wurde beispielsweise auch von TERLER et al. (2016) und HONIG et al. (2020) für FV_{KO} oder von MARTI et al. (2013) für HF belegt. Es ist auch denkbar, dass bei FV_{KO} - und HO-Ochsen, die im Vergleich zu Stieren früher und stärker Fett einlagern, Unterschiede in der Schlachtkörper-Fetteinlagerung deutlicher ausgefallen wären. Der bei Milchrasse häufig gefundene höhere Fettanteil im Schlachtkörper wird teilweise mit einer besseren Fleischqualität in Verbindung gebracht (SZÜCS 2001b, PFUHL et al. 2007, ETTLE et al. 2018, VELIK et al. 2021). Dies wird auch in der vorliegenden Studie, insbesondere für HO_{NZ} und HO_{LL} , für mehrere Fleischqualitätsmerkmale bestätigt.

4.2 Einfluss der Fütterung

Die Futtermittelaufnahme von Rindern wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst und physiologisch und physikalisch reguliert (GRUBER et al. 2007). In älteren Futtermittel-Schätzformeln für Mastrinder aus dem deutschsprachigen Raum wurden neben dem Lebendgewicht beispielsweise die TZ (HEINDL et al. 1996) oder KF-Anteil und Grundfutter-TM-Gehalt (SCHWARZ et al. 1988) berücksichtigt. In der vorliegenden Studie war in der GS/MS-Gruppe die Grundfutteraufnahme um rund 7 % höher als in der MS-Gruppe. Dies steht im Widerspruch zu ETTLE et al. (2011), die in isoenergetischen Maststier-Rationen 30 bzw. 60 % der MS durch GS ersetzen und dabei bei 30 % GS in der Ration numerisch eine etwas höhere Futtermittelaufnahme feststellen konnten, nicht aber bei 60 %. Auch KELLER et al. (2022) fanden bei Maststier-Rationen, in denen 30 bzw. 50 % der MS durch GS ersetzt wurden, keinen Unterschied in der Gesamtfuttermittelaufnahme, wobei bei KELLER et al. (2022) KF-Menge, XP-Konzentration im KF und Gesamt-XP-Aufnahme in der 100 % MS Ration signifikant höher waren. JUNIPER et al. (2005), die in Ochsen-Mastrationen 2/3 der MS durch GS ersetzen, konnten mit der GS/MS-Ration eine signifikant niedrigere Futtermittelaufnahme feststellen, wobei TM-Gehalt und ME-Gehalt der GS/MS Ration niedriger waren als in der MS Ration. Niedrigere Futtermittelnahmen bei 50 % GS und 50 % MS in Ochsenrationen im Vergleich zu 100 % MS beobachteten auch KEADY et al. (2013). Der Effekt von Grassilage auf die Futtermittelaufnahme bei Maststieren dürfte demnach auch mit anderen Rationskriterien in Verbindung stehen.

Im Widerspruch zu ETTLE et al. (2011), aber in Übereinstimmung mit JUNIPER et al. (2005), KEADY et al. (2013) und KELLER et al. (2022) wurden in unserem Versuch die Zunahmen deutlich von der Grundfutterart beeinflusst, d.h. in den 100 % MS-Rationen waren die Zunahmen signifikant höher. Unterschiedliche TZ bei unterschiedlicher Grundfütterung können teilweise mit einer geringeren ME- bzw. Stärke-Versorgung in Verbindung stehen. Im vorliegenden Versuch hatte die MS/GS-Ration zwar einen um 0,4 MJ ME geringeren Energiegehalt, die ME-Aufnahme unterschied sich aber nicht signifikant zwischen den 2 Grundfuttergruppen, sondern war sogar in der GS/MS-Ration numerisch geringfügig höher. Aufgrund der höheren Futtermittelaufnahme und der geringeren TZ war der Futteraufwand in der GS/MS-Gruppe um rund 10 % höher. Auch JUNIPER et al. (2005) und KELLER et al. (2022) fanden bei 100% MS als Grundfutter eine signifikant niedrigere Futtermittelaufnahme pro kg LM-Zuwachs, was einer besseren Futterverwertung entspricht. In unserem Versuch war auch in den Aufwandparametern bezogen auf die LM die MS-Ration deutlich überlegen. In der Studie von JUNIPER et al. (2005) führte allerdings die 2/3 GS/MS-Ration zu einer niedrigeren Futtermittelaufnahme pro kg LM.

Die von ETTLE et al. (2011), JUNIPER (2005), KEADY et al. (2013) und KELLER et al. (2022) angeführte zumindest numerisch höhere Fettklasse der partiell mit GS gefütterten Stiere konnte auch in der vorliegenden Arbeit beobachtet werden. Numerisch höhere Nierenfettwerte ($P=0,103$) konnten in Übereinstimmung mit unserer Studie auch KELLER et al. (2022) feststellen. Bei Ausschachtung und Fleischigkeitsklasse wurden in allen Studien, in Übereinstimmung mit unserem Versuch, keine wesentlichen Unterschiede festgestellt.

In JUNIPER et al. (2005) und ETTLE et al. (2011) wurde ein ähnlicher Effekt der Grundfutterart auf die Fleischqualität festgestellt wie in unserer Studie (kein Effekt auf Tropf- und Kochsaftverlust, Scherkraft, Fettgehalt, Fleischfarbe; gelbere Fettfarbe, günstigeres Ω -6: Ω -3-FS-Verhältnis bei GS in der Ration). Einzig beim Grillsaftverlust konnten ETTLE et al. (2011) keinen gerichteten Einfluss feststellen, was im Widerspruch zu unseren Ergebnissen steht. Ein günstigeres Ω -6: Ω -3-FS-Verhältnis sowie tendenziell höhere Gehalte an SFA und tendenziell niedrigere CLA-Gehalte bei GS in der Mastration fanden auch KELLER et al. (2022). Ein höherer Fleisch-CLA-Gehalt mit MS-Ration entspricht nicht dem Erwarteten, könnte aber eventuell auf den höheren Anteil an PKF in der MS-Gruppe und/oder auch auf Unterschiede in der Biohydrierung von Fettsäuren im Pansen zurückzuführen sein. Im Widerspruch zu unserem Ergebnis war in KELLER et al. (2022) die Scherkraft bei GS/MS Rationen niedriger und der IMF-Gehalt tendenziell höher.

Die zwei gewählten Kraftfutterlevels lagen leicht unter bzw. leicht über den in der Praxis meist eingesetzten Kraftfuttermengen in Maststierationen. Durchschnittlich 3,4 kg TM Kraftfutter in der Ration erhöht gegenüber nur 1,5 kg KF die TZ um 120 g (+11 %), die Nettotageszunahme um 65 g (+10 %) und die Gesamtfuttermengeaufnahme um 14 %. Auf den Futteraufwand (TM, ME, XP) pro kg LM-Zuwachs hatte der KF-Anteil keinen Effekt. HUUSKONEN et al. (2007) wiederum mästeten Stiere mit 30, 50 bzw. 70 % KF und stellten bei höheren KF-Gaben eine signifikant bessere Futtermengeverwertung (kg TM pro kg LM-Zuwachs) fest, wobei bei HUUSKONEN et al. (2007) kein Unterschied in der Gesamtfuttermengeaufnahme feststellbar war. STEINWIDDER et al. (2007) fanden bei GS-Maststierationen mit 3,3 vs. 4,9 kg TM KF keinen Unterschied beim TM- und XP-Aufwand pro kg LM-Zuwachs, allerdings war der ME-Aufwand pro kg LM-Zuwachs mit dem niedrigeren KF-Anteil günstiger. Bei der Gesamtfuttermengeaufnahme pro kg LM^{0,75} ergab sowohl unsere Studie als auch die Untersuchung von STEINWIDDER et al. (2006) bei weniger Kraftfutter einen niedrigeren Futteraufwand. Auf den Futteraufwand haben neben der KF-Menge auch noch andere Fütterungs-Parameter (Gesamtfuttermengeaufnahme, Grundfuttermengeverdrängung, Strukturversorgung etc.) Einfluss.

Bei mit der Fetteinlagerung und Schlachtkörperverfettung in Verbindung stehenden Merkmalen wurde ein signifikanter Effekt des KF-Niveaus auf Nierenfettanteil und Rückenfettdicke gefunden, nicht aber auf Fettklasse, Fettanteil in 2 Teilstücken und auf den IMF-Gehalt im Rostbraten. Zum Einfluss des KF-Anteils auf die Fetteinlagerung zeigt die Literatur kein einheitliches Bild (STEINWIDDER et al. 2006, HUUSKONEN et al. 2007, VELIK et al. 2008), da in den Versuchen meist eine Vermischung mit der Energie- und Protein-Aufnahme besteht. Weiters beeinflusst auch der Größenunterschied zwischen Versuchsgruppen das Ergebnis.

Durchschnittlich 1,5 vs 3,4 kg TM KF in der Ration hatte auf die Fleischqualität – mit Ausnahme einzelner Fettsäuren – keinen signifikanten Effekt. Dies deckt sich mit Ergebnissen von KEADY et al. (2007), wo Ochsen 3 bzw. 5 kg KF erhielten sowie mit VELIK et al. (2008), wo Maststiere 3,3 bzw. 4,9 kg TM KF erhielten.

5. Schlussfolgerungen

- Die Zweinutzungsrasse FV_{KO} ist in den routinemäßig erhobenen Mast- und Schlachtleistungsmerkmalen sowie in Futteraufwand und Futtermengeeffizienz allen 3 HO-Genotypen deutlich überlegen. HO_{HL} hat im Vergleich zu den anderen 2 HO-Genotypen eine geringere Schlachtkörper-Fetteinlagerung, wobei bei den gewählten Mastendgewichten kein HO-Genotyp eine übermäßige Schlachtkörper-Verfettung aufweist. In der Fleischqualität schneiden die HO-Genotypen, und hier insbesondere HO_{LL} und HO_{NZ}, etwas besser als FV_{KO} ab.
- Mit 2/3 GS statt MS in der Ration lässt sich Proteinkraftfutter einsparen, allerdings mit negativen Effekten auf Zunahmen, Futteraufwand und Futtermengeeffizienz. Der niedrigere Energiegehalt der GS muss durch Energiekraftfutter ausgeglichen werden. Der Effekt eines partiellen Ersatzes von MS durch GS auf die tierischen Leistungen dürfte allerdings auch von anderen Rationskriterien abhängen. Bei hohen GS-Mengen zeigt sich eine Tendenz zu einer stärkeren Schlachtkörper-Fetteinlagerung und eine zu starke Gelbfärbung des Fettes ist im Auge zu behalten. Auf alle anderen Merkmale der Schlachtkörper- und Fleischqualität haben auch hohe GS-Anteile keinen negativen Effekt.
- Der gewählte KF-Anteil von durchschnittlich 40 % liegt über den in der Praxis üblichen KF-Mengen in der Stiermast. 40 statt 20 % KF in der Ration wirken sich günstig auf TZ und Mastdauer auf; auf die Schlachtkörper- und Fleischqualität haben die hier gewählten KF-Mengen – mit Ausnahme einiger Fetteinlagerungs-Merkmale – allerdings keinen Effekt.

6. Literatur

ACKER, L., K.G. BERGNER, W. DIEMAIR, W. HEIMANN, F. KIERMAIER, J. SCHORMÜLLER und S.W. SOURCI (eds.), 1968: Handbuch der Lebensmittelchemie: Tierische Lebensmittel Eier, Fleisch, Fisch, Buttermilch. Band III, 2. Teil, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

AMA, 2022: Lebend- und Schlachtgewichte, Schlachtausbeute, Schlachtungen sowie Fleischanfall. Daten und Fakten der AgrarMarkt Austria (AMA) für den Bereich Vieh und Fleisch K-Ö. Quelle: Statistik Austria.

AUGUSTINI, C., 1987: Einfluss produktionstechnischer Faktoren auf die Schlachtkörper- und Fleischqualität beim Rind. In: Rindfleisch – Schlachtkörperwert und Fleischqualität. Kulmbacher Reihe Band 7, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 152-179.

BAB, 2021: Rinder: Bruttoeigenerzeugung (in 1.000 Stück) – Excel-Tabelle. Berechnungen der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen (BAB) auf Basis von Daten der Statistik Austria.

BMNT (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus), 2018: Ergebnisse und Konsequenzen der Arbeitskreise Rindermast 2017.

DANNENBERGER, D., K. NÜRNBERG, G. NÜRNBERG und K. ENDER, 2006: Carcass and meat quality of pasture vs concentrate fed German Simmental and German Hostein bulls. Arch. Tierz. Dummerdorf 49, 315-328.

DAVIER, Z., J. SCHÜTTE und J. EFKEN, 2018: Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Mastrinder. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Braunschweig.

DGF – Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft (eds.), 2006: Methode C-VI 11 (98) – Fettsäurenmethylester (TMSH-Methode). In: DGF-Einheitmethoden: Deutsche Einheitmethoden zur Untersuchung von Fetten, Fettprodukten, Tensiden und verwandten Stoffen. 2. Auflage, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, Stuttgart.

EG, 1981: Council Regulation (EEC) No 1208/81 determining the Community scale for the classification of carcasses of adult bovine animals. Official Journal of the European Communities, L123:3-6.

ETTLE, T., A. OBERMAIER und S. WEINFURTNER, 2011: Untersuchungen zum Einsatz von Grassilage in der Bullenmast. Endbericht, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan.

ETTLE, T., A. OBERMAIER, M. HEIM, M. PICKL, M. SCHUSTER und D. BRÜGGEMANN, 2018: Vergleichende Untersuchungen zur Mast- und Schlachtleistung von Braunvieh- und Fleckviehbullen. Bericht 45. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 31-36.

FOLCH, J., M. LEES und G.H. SLOANE STANLEY, 1957: A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226, 497-509.

FÜRST, C., J. DODENHOFF, C. EGGER-DANNER, R. EMMERLING, H. HAMANN, D. KROGMEIER und H. SCHWARZENBACHER, 2021: Zuchtwertschätzung beim Rind - Grundlagen, Methoden und Interpretation. <http://zar/download/ZWS/ZWS.pdf>.

GEUDER, U., M. PICKL, M. SCHEIDLER, M. SCHUSTER und K.U. GÖTZ, 2012: Mast-, Schlachtleistung und Fleischqualität bayerischer Rinderrassen. Züchtungskunde 84, 485-499.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie), 1995: Energie und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr 6. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Mastrindern. DLG Verlag, Frankfurt/Main.

GOLZE, M. und G. WOLF, 2008: Ergebnisse von Jungmastbullen aus der Kreuzung Fleckvieh (Milch) mal Schwarzbunt im Vergleich – Schlachtkörperwert und Fleischqualität (Teil II). Fleckvieh Welt 3/2008, 15-17.

GRUBER, L., H. SPIEKERS, T. GUGGENBERGER und F. SCHWARZ, 2007: Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen. ÖAG-Info 9/2007.

HAIGER, A. und W. KNAUS, 2010: Vergleich von Fleckvieh und Holstein Friesian in der Milch- und Fleischleistung – 2. Mitteilung: Fleischleistung mit inländischen Eiweißfuttermitteln. Züchtungskunde 82, 447-454.

HEINDL, U., F.J. SCHWARZ und M. KIRCHGESSNER, 1996: Zur Schätzung der Futteraufnahme von Mastrindern. Züchtungskunde 68, 357-368.

HOLLO, G., K. NÜRNBERG, J. SEREGI, I. HOLLO, I. REPA und K. ENDER, 2004: Der Einfluss der Fütterung auf die Mast- und Schlachtleistung bei Jungbullen der Rassen Ungarisches Grauvieh und Holstein Friesian. Arch. Tierz. Dummerstorf 47, 313-323.

HONIG, A.C., V. INHBUBER, H.SPIEKERS, W. WINDISCH, K.U. GÖTZ und T. ETTLE, 2020: Influence of dietary energy concentration and body weight at slaughter on carcass tissue composition and beef cuts of modern type Fleckvieh (German Simmental) bulls. Meat Sci. 169, 108209.

HUUSKONEN, A., H. KHALILI und E. JOKI-TOKOLA, 2007: Effects of three different concentrate proportions and rapeseed meal supplement to grass silage on animal performance of dairy-breed bulls with TMR feeding. Livest. Sci. 110, 154-165.

HUUSKONEN, A.K., M. PESONEN, H. KÄMÄRÄINEN und R. KAUPPINEN, 2013: A comparison of purebred Holstein-Friesian and Holstein-Friesian x beef breed bulls for beef production and carcass traits. Agric. Food Sci. 22, 262-271.

JUNIPER, D.T., E.M. BROWNE, A.V. FISHER, M.J. BRYANT, G.R. NUTE und D.E. BEEVER, 2005: Intake, growth and meat quality of steers given diets based on varying proportions of maize silage and grass silage. Anim. Sci. 81, 159-170.

KAHLE, H. 2022: Milchrasse mit Kreuzung. Züchtungskunde 94, 299-305.

KEADY, T.W.J., F.O. LIVELY, D.J. KILPATRICK und B.W. MOSS, 2007: Effects of replacing grass silage with either maize or whole-crop wheat silages on the performance and meat quality of beef cattle offered two levels of concentrates. Anim. 1, 613-623.

KEADY, T.W.J., A.W. GORDON und B.W. MOSS, 2013: Effects of replacing grass silage with maize silages differing in inclusion level and maturity on the performance, meat quality and concentrate-sparing effect of beef cattle. Anim. 7, 768-777.

KEADY, D.A., C. FITZSIMONS, S.M. WATERS und M. McGEE, 2018: Invited review: Improving feed efficiency of beef cattle – the current state of the art and future challenges. Anim. 12, 1815-1826.

KELLER, M., M. KREUZER, B. REIDY, A. SCHEURER, B. GUGGENBÜHL, M. LUDER, J. FRANK und K. GILLER, 2022: Effects on performance, carcass and meat quality of replacing maize silage and concentrate by grass silage and corn-cob mix in the diet of growing bulls. Meat Sci. 188, 108795.

LfL, 2021: Gruber Tabelle zur Fütterung in der Rindermast (Fresser, Bullen, Mastfärsen, Mastkühe, Ochsen). Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan.

MARTI, S., C.E. REALINI, A. BACH, M. PEREZ-JUAN und M. DEVANT, 2013: Effect of castration and slaughter age on performance, carcass and meat quality traits of Holstein calves fed a high-concentrate diet. *J. Anim. Sci.* 91, 1129-1140.

MEINE-SCHWENKER, H., 2017, 2018, 2019, 2020 und 2021: Betriebszweigauswertung Bullenmast in Niedersachsen 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019 und 2019/2020, Landwirtschaftskammer Niedersachsen.

MEYER, U., R. DAENICKE, E. STROBEL und G. FLACHOWSKY, 2003: On the energy intake of high-performing fattening bulls of the German Holstein breed. *Landbauforschung Völkenrode*, 53, 33-36.

NOGALSKI, Z., Z. WIELGOSZ-GROTH, C. PURWIN, A. NOGALSKA, M. SOBCZUK-SZUL, R. WINARSKI und P. POGORZELSKA, 2014: The effect of slaughter weight and fattening intensity on changes in carcass fatness in young Holstein-Friesian bulls. *Ital. J. Anim. Sci.* 13, 66-72.

NÜRNBERG, K., D. DANNENBERGER, G. NÜRNBERG, K. ENDER, J. VOIGT, N.D. SCOLAN, J.D. WOOD, G.R. NUTE und R.I. RICHARDSON, 2005: Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of *longissimus muscle* in different cattle breeds. *Livest. Prod. Sci.* 94, 137-147.

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. *Arch. Tierz. Dummerstorf* 50, 59-70.

RINDERZUCHT AUSTRIA, 2022: JAHRESBERICHT 2021.

SCHEPER, J. und W. SCHOLZ, 1985: DLG-Schnittführung für die Zerlegung der Schlachtkörper von Rind, Kalb, Schwein und Schaf: eine Standardmethode zur Bezeichnung und Abgrenzung der Teilstücke mit vergleichender Gegenüberstellung. Arbeitsunterlagen DLG, Frankfurt/Main, DLG-Verlag.

SCHWARZ, F.J., M. KIRCHGESSNER und R. CARMANNS, 1988: Zur Schätzung der Futtermittelaufnahme von Fleckviehbullen bei Mastverfahren mit Maissilage. *Züchtungskunde* 60, 135-142.

STEINWIDDER, A., L. GRUBER, T. GUGGENBERGER, G. MAIERHOFER, A. SCHAUER, J. HÄUSLER, J. FRICKH und J. GASTEINER, 2006: Einfluss der Rohprotein- und Energieversorgung auf die Mast- und Schlachtleistung, Fleischqualität sowie ökonomische und ökologische Parameter in der Fleckvieh-Stiermast. Bericht 33. *Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning*, 63-93.

STEINWIDDER, A., T. GUGGENBERGER, A. SCHAUER, A. RÖMER, G. IBI und J. FRICKH, 2007: Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Genetik auf die Mastleistung von Jungrindern aus der Mutterkuhhaltung. *Züchtungskunde* 79, 128-141.

SZÜCS, E., B. ENDER, H.J. PAPSTEIN, G. NÜRNBERG und K. ENDER 2001: Vergleich des Schlacht- und Nährwertes sowie der Fleischbeschaffenheit von Jungbullen der Rassen Deutsches Fleckvieh und Deutsches Holsteins (Schwarzbunte) im Verlauf des Wachstums - 1. Mitteilung: Wachstum und Schlachtkörperzusammensetzung *Züchtungskunde* 73, 33-44.

SZÜCS, E., B. ENDER, H.J. PAPSTEIN, G. NÜRNBERG und K. ENDER 2001: Vergleich des Schlacht- und Nährwertes sowie der Fleischbeschaffenheit von Jungbullen der Rassen Deutsches Fleckvieh und Deutsches Holsteins (Schwarzbunte) im Verlauf des Wachstums - 2. Mitteilung: Nährwert und Fleischbeschaffenheit. *Züchtungskunde* 73, 45-53.

TERLER, G., L. GRUBER, M. VELIK und T. GUGGENBERGER, 2023: Effizienz als Forschungsschwerpunkt an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Bericht 50. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 23-27.

VELIK, M., A. STEINWIDDER, J.J. FRICKH, G. IBI und A. KOLBE-RÖMER, 2008: Einfluss von Rationsgestaltung, Geschlecht und Genetik auf Schlachtleistung und Fleischqualität von Jungrindern aus Mutterkuhhaltung. Züchtungskunde 80, 378-388.

VELIK, M. und E. BEYERL, 2021: Rindfleisch-Marmorierung: Gibt es einen Zusammenhang mit Merkmalen der Schlachtleistung und Fleischqualität? Bericht 48. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 94-106.

ZUCHTDATA, 2022: Daten wurden zur Verfügung gestellt.

Aktuelle Entwicklungen in der Energie- und Proteinbewertung für Wiederkäuer

Current progress of energy and protein evaluation for ruminants

Karl-Heinz Südekum^{1*}

Zusammenfassung

Neuere Untersuchungen zum Energieumsatz von Milchkühen sowie Auswertungen älterer Daten zeigen, dass die von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) im Jahre 2001 gegebenen Empfehlungen zur Energieversorgung auf Basis der Nettoenergie Laktation (NEL) nicht mehr dem heutigen Kenntnisstand entsprechen. Zukünftig werden das Energielieferungsvermögen von Futtermitteln und der Bedarf der Milchkühe auf der Stufe der Umsetzbaren Energie (ME, metabolisable energy) angegeben. Verbunden damit sind wesentliche Änderungen in der Ermittlung der ME von Futtermitteln, die im Beitrag skizziert werden. Ein neues Proteinbewertungssystem wird ebenfalls 2023 eingeführt mit der zentralen Kenngröße „dünnarmverdauliches Protein“, ausgedrückt als Gesamt-Aminosäuren (AA, amino acids) multipliziert mit 6,25. Das neue System erlaubt die Berücksichtigung erstlimitierender AA ähnlich wie bei Schweinen und Geflügel. Weitere Variablen im System betreffen die Kinetik des ruminalen Abbaus von Rohprotein und AA, das AA-Muster des in den Dünndarm fließenden mikrobiellen Proteins und die Dünndarmverdaulichkeit sowohl der mikrobiellen AA als auch der AA im pansenstabilen Futterprotein. Das neue System erlaubt eine präzisere Rationsgestaltung, verbessert die Passfähigkeit von AA-Versorgung und -Bedarf und letztendlich auch die Stickstoffnutzungseffizienz.

Schlagwörter: Aminosäuren, Bedarf, Kinetik, Milchkühe, Versorgung

Summary

Recent progress and re-evaluation of previous data were major reasons for the Committee for Requirement Standards (AfBN) of the Society of Nutrition Physiology (GfE) to change the net energy for lactation (NEL) system for dairy cattle to a metabolisable energy (ME) system. Significant changes in the process of estimating ME values of feedstuffs will be addressed in this contribution. Based on extended data and knowledge a new protein evaluation system will be introduced in 2023 with the key variable small intestinally digestible protein, expressed as total amino acids (AA) multiplied with 6.25. The new system also allows accounting for first-limiting AA similar to the approaches used in pig and poultry nutrition. Ruminal degradation kinetics of feed crude protein and AA, the AA composition of microbial protein flowing to the duodenum and small intestinal digestibility of ruminally undegraded and microbial AA are variables of the new system, which will be briefly addressed. The new system helps to improve ration calculation, allows a better match of amino acid supply with requirements and will also improve nitrogen use efficiency.

Keywords: Amino acids, requirements, kinetics, dairy cattle, supply

¹ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Institut für Tierwissenschaften, Endenicher Allee 15, D-53115 Bonn

* Ansprechpartner: Univ.-Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum, email: ksue@itw.uni-bonn.de

1. Einleitung

Die aktuellen Versionen von Futterbewertungssystemen für landwirtschaftliche Nutztierarten und die damit zusammenhängenden Energie- und Nährstoffbedarfsangaben geben in der Regel den Stand des Wissens wieder, der von den Verfassern der Systeme als experimentell soweit gesichert angesehen wird, dass er als tragfähige Basis für verallgemeinerungsfähige Empfehlungen zur Rationsgestaltung dienen kann. Dies bedeutet implizit, dass zum einen grundsätzlich alle Futterbewertungssysteme Veränderungen und Weiterentwicklungen offenstehen und zum anderen, dass in besonderen Einzelfällen – etwa bei Rationen mit sehr hohen Anteilen einzelner Futtermittel – die Empfehlungen die realen Anforderungen nicht adäquat abzudecken vermögen. Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass seit dem Erscheinen der „blauen Broschüre“ für Milchkühe und Aufzuchttrinder (GfE 2001) vielfach diskutiert wurde, ob die dort abgeleiteten Versorgungsempfehlungen noch hinreichend genau für die Versorgung von Milchkühen sind. Der Ausschuss für Bedarfsnormen (AfBN) der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) hat in den vergangenen Jahren sowohl die Bedarfsableitung als auch die Versorgungsempfehlungen für Energie und Nährstoffe und weitere Themen grundlegend überarbeitet, so dass das oben zitierte Werk von 2001 im Jahr 2023 durch eine neue, wesentlich erweiterte Ausgabe ersetzt wird.

Nachfolgend werden wesentliche neue Kenngrößen der Energie- und Proteinbewertung für Milchkühe in knapper Form vorgestellt und kurz erläutert, die im AfBN der GfE erarbeitet und kürzlich auf der 77. Jahrestagung der GfE in Göttingen (07.-09.03.2023) im Rahmen eines Workshops erstmals in einem Überblick vorgestellt wurden. Der Schwerpunkt des vorliegenden Beitrags liegt auf den Neuerungen in der Futtermittelbewertung, vor allem für das Protein. Veränderungen im Bedarf und dessen Ableitung, die es ebenfalls geben wird, sind nicht Inhalt dieses Beitrags. Die GfE wird die vollständig überarbeiteten Ableitungen zu Bedarf und Versorgungsempfehlungen für Energie und Nährstoffe in diesem Jahr veröffentlichen und im Herbst in einer Veranstaltung ausführlich vorstellen und mit allen Interessierten diskutieren. Der exakte Termin und der Veranstaltungsort werden rechtzeitig kommuniziert.

2. Energiebewertung

Das Energielieferungsvermögen der Futtermittel für Milchkühe wird zukünftig auf der Stufe der Umsetzbaren Energie (ME, metabolisable energy) abgebildet. Damit gilt zukünftig nicht nur für alle Wiederkäuerspezies unter den Nutztieren, sondern für alle Nutztierarten, einschließlich der Pferde, die Bewertungsstufe ME für die Futtermittelbewertung und entsprechend auch für die Angabe des Energiebedarfs. Das hat auch für den Vergleich relativer Vorzüglichkeiten der Verwendung von Futtermitteln für verschiedene Tierarten erhebliche Vorteile. Durch die Verwendung der ME wird auch sichergestellt, dass zukünftig neue Erkenntnisse zum Bedarf auf der einen und zur Futtermittelbewertung auf der anderen Seite unabhängig voneinander und in einfacher Weise berücksichtigt werden können, da mit der ME eine klare Trennung von Futtermittelbewertung und Bedarfsableitung vorgenommen wird. Die Umstellung vom bisherigen System der Nettoenergie Laktation (NEL) auf die ME ist relativ unproblematisch, da auch die NEL die ME als Grundlage hat und standardisierte, etablierte Verfahren zur routinemäßigen Bestimmung des Futterwertes ihre Gültigkeit behalten.

Neben der Verlagerung der Bewertungsstufe von NEL auf ME wird die Vorgehensweise zur Ermittlung der ME-Konzentrationen von Futtermitteln verändert, die bisher auf der Basis der Konzentration an verdaulichen Rohnährstoffen berechnet wurde. Zukünftig wird ein dreistufiges Verfahren angewendet. Zentraler Ausgangspunkt ist die Verdaulichkeit der Organischen Masse (OMD, organic matter digestibility). Da sich die Verdaulichkeit der Energie (ED, energy digestibility) durch eine konstante Differenz von der OMD unterscheidet, lässt sich die Konzentration an Verdaulicher Energie (DE, digestible energy)

auch aus dem Brennwert bestimmen. Um von der DE zur ME zu gelangen, wird der Verlust an Harnenergie aus der Konzentration des Futters an Rohprotein (CP, crude protein) abgeleitet und die Verluste an Methanenergie aus der OMD. Die ME-Konzentration einer Ration ist damit allein auf Basis der Bestimmung des Brennwertes, der OMD und der CP-Konzentration ableitbar. Dieser ME-Wert repräsentiert den standardisierten, d.h. bei einem Futteraufnahmeniveau nahe dem energetischen Erhaltungsbedarf, beim Rind oder Schaf ermittelten energetischen Futterwert.

3. Proteinbewertung

Von der GfE (2001) wurde das nutzbare Rohprotein am Duodenum (nXP) als zentrale Größe des Proteinbewertungssystems für Milchkühe und Aufzuchtrinder festgelegt, d.h. sowohl der Bedarf der Tiere als auch die durch eine gegebene Ration maßgebliche Versorgung werden in der Größe nXP angegeben. Zur Schätzung des nXP aus Rationskenngrößen wurden von Lebzién et al. (1996) Gleichungen publiziert, die als wichtigste Einflussfaktoren die Aufnahme an ME oder verdaulicher OM und an Futter-CP enthalten. Eine moderate Verbesserung der Schätzgenauigkeit ergab sich bei Einbeziehung des im Pansen nicht abgebauten Futter-CP (UDP, ruminally undegraded crude protein) als Anteil am CP.

Bei den Ableitungen zum nXP-System der GfE (2001) wurde nicht berücksichtigt, dass sowohl die nXP- als auch die UDP-Werte von der Geschwindigkeit des Nährstoffumsatzes in den Vormägen und der Passage des Chymus in den Dünndarm verändert werden. Die Versuche, die zur Ableitung des Systems verwendet wurden, wiesen eine Variation dieser Faktoren auf – z.B. bedingt durch stark unterschiedliche Trockenmasse-(TM)-Aufnahmen –, die jedoch nur selten gezielt als Faktor verwendet wurde. Darüber hinaus beinhaltet das nXP-System, dass Eigenschaften des Futtermittels, die Bestandteile der Futtermittelbewertung sein sollten, bisher als Konstanten bei der Schätzung des Bedarfs an nXP berücksichtigt werden. So werden im nXP-System der Aminosäuren- (AA, amino acid) -N-(AAN)-Anteil am Duodenal-Nicht-Ammoniak-N (NAN) und dessen Absorbierbarkeit im Dünndarm – im Wesentlichen durch Eigenschaften des Futters bedingte Größen – als Komponente des Bedarfs angegeben. Nach der Erweiterung des Kenntnisstandes hinsichtlich futtermittelspezifischer oder durch technische Bearbeitung verursachter Unterschiede (z.B. Verfahren des Proteinschutzes) in der Dünndarmverdaulichkeit der AA aus dem UDP erwies sich dieses Vorgehen als ungünstig, weil dadurch keine flexible Anpassung der Vorgehensweise an neue Daten möglich ist. Gleiches gilt für das AA-Muster im Duodenalchymus, das im nXP-System als konstant angesehen wird. Dies ist jedoch angesichts variabler UDP-Anteile und AA-Gehalte im CP von Futtermitteln nicht schlüssig, weil sich diese Variation auch auf die Zusammensetzung der pansenstabilen AA (UDAA) und das gesamte AA-Muster im Duodenalchymus auswirkt.

3.1 Neue Merkmale

Der AfBN hat sich aus den oben geschilderten Gründen dafür entschieden, zukünftig die Summe der dünndarmverdaulichen AA zur Angabe des Bedarfs der Tiere und des Lieferungsvermögens von Futtermitteln zu verwenden. Ausgedrückt wird dies als dünndarmverdauliches Protein (sidP, small intestinally digestible protein) und kalkuliert als AAN multipliziert mit 6,25. Zusätzlich wird der Bedarf und das Lieferungsvermögen für einzelne dünndarmverdauliche AA (sidAA) kalkuliert, wodurch es möglich ist, die limitierende Wirkung einzelner essenzieller AA für die Proteinsynthese des Tieres zu berücksichtigen. Diese Vorgehensweise lässt eine präzisere, besser dem Bedarf der Tiere entsprechende Versorgung der Milchkühe mit AA erwarten, wodurch vermeidbare N-Ausscheidungen vermindert und die N-Nutzungseffizienz verbessert werden kann.

3.2 Ruminaler Rohprotein- und Aminosäurenabbau

Der Fluss an CP am Duodenum bei Fütterung einer bestimmten Ration ist nicht konstant, sondern hängt wesentlich von der Passagerate bzw. Verweildauer der Ingesta im Pansen ab. Eine Änderung der Passagerate bewirkt entsprechend der Abbaukinetik des CP eine Änderung im UDP und in den UDAA und somit auch im Fluss an CP und AA am Duodenum. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, auch für das UDP und die UDAA Werte für bestimmte Passageraten anzugeben. Der AfBN geht für den Zweck dieser Ableitung generell davon aus, dass das UDP vollständig aus AA besteht. Eine Schätzung des UDP *in situ* ist bereits integraler Bestandteil des Vorgehens (GfE 2022) und lässt sich auch mit laborbasierten Verfahren wie dem erweiterten Hohenheimer Futterwerttest (eHFT), der chemischen CP-Fraktionierung oder dem enzymatischen CP-Abbau vornehmen (siehe dazu STEINGASS und SÜDEKUM 2013).

Bezüglich der Schätzung des UDAA-Flusses am Duodenum erfolgte eine meta-analytische Auswertung von Daten aus 61 *in situ*-Studien mit 329 Beobachtungsmittelwerten, die sowohl Daten zur ruminale CP- als auch AA-Abbaubarkeit enthielten. Die ruminale Abbaubarkeit der essenziellen AA wurde aus der CP-Abbaubarkeit für den gesamten Datensatz und separat für proteinreiche Futtermittel (Rapsextraktionsschrote (n = 48) Sojaextraktionsschrote (n = 47), Getreideschlempen (n = 43) und andere Futtermittel mit mehr als 10 % UDP in der TM (n = 62)) geschätzt (WILD et al. 2022). Die sich ergebenden linearen Regressionsgleichungen ermöglichten eine Schätzung der ruminale AA-Abbaubarkeit mit hoher Genauigkeit. Bei Anwendung der Schätzgleichungen betragen die geschätzten AA-Abbaubarkeiten – unter Annahme einer mittleren ruminale CP-Abbaubarkeit von 60 % – 58 % (Isoleucin, Leucin) bis 63 % (Histidin). Die Differenzierung zwischen den proteinreichen Futtermitteln ergab eine ähnliche Schätzgenauigkeit und bei Anwendung der ermittelten Gleichungen nur eine geringe Variation der geschätzten AA-Abbaubarkeiten in der Größenordnung des Schätzfehlers. Differenzen zwischen der ruminale CP- und AA-Abbaubarkeit sind also überwiegend sehr gering und scheinen in erster Linie methodenbedingt zu sein. Der AfBN hat sich daher entschieden, in diesen Empfehlungen nicht zwischen einzelnen AA zu differenzieren, sondern den für die CP-Abbaubarkeit ermittelten Wert für alle AA derselben Proteinquelle zu verwenden. Eine differenzierte Vorgehensweise für verschiedene Futtermittelgruppen lässt sich aus den vorhandenen Daten nicht begründen und erfolgt deshalb nicht.

Eine bedeutende Herausforderung bei der Bestimmung des UDP ist die Festlegung realistischer Passageraten in Abhängigkeit vom Futteraufnahme- und Leistungsniveau, um einen konsistenten Bewertungsrahmen zu erhalten. Dabei erscheint eine Differenzierung zwischen dem Grobfutter und dem Fluss kleiner Partikel (hauptsächlich Konzentrate) notwendig. Für Grobfutter dürften Passageraten auch im Hochleistungsbereich weniger als 5 %/h betragen (ZEBELI et al. 2007), während bei kleinen Partikeln eine raschere Passage angenommen werden kann. Dass diese jedoch, wie vom AFRC (1993) unterstellt, bis über 10 %/h betragen kann, erscheint aufgrund der vorliegenden experimentellen Befunde allerdings eine deutliche Überschätzung zu sein (siehe dazu etwa zahlreiche Quellenangaben bei ROTHFUSS et al. 1997).

Die Ableitung der Passagerate erfolgt zukünftig auf Basis der Schätzgleichungen von SAUVANT und NOZIÈRE (2016), in welchen die Höhe der Futteraufnahme sowie der Konzentratanteil als Haupteinflussgrößen auf die Passagerate ermittelt wurden. Der AfBN sieht jedoch von der Berücksichtigung des Konzentratanteils in der Ration bei der Ermittlung der Passagerate ab, da in Anbetracht der zugrundeliegenden Streuung der Schätzung der Einfluss des Konzentratanteils von untergeordneter Bedeutung zu sein scheint. Es erfolgt eine Differenzierung zwischen Grobfuttermitteln, Konzentraten und Rationen in Abhängigkeit von der Futteraufnahme, wobei ein mittlerer Konzentratanteil von 30 % unterstellt wird. Für Futtermittel, bei denen eine eindeutige Zuordnung zu Grobfuttermitteln oder Konzentraten nicht möglich ist (z.B. Saftfuttermittel), wird mit den Werten für Rationen gerechnet.

3.3 Fluss an mikrobiellen Aminosäuren aus dem Pansen

Grundsätzlich sind das mikrobielle CP (MCP) und darin gebundene AA am Duodenum in jedem Proteinbewertungssystem aufgrund ihres Beitrages zum duodenalen Proteinfluss die wichtigste, zugleich aber die am schwierigsten zu quantifizierende und mit der größten Unsicherheit behaftete Größe. Alle anderen mit der Proteinbewertung zusammenhängenden Aspekte wie der Fluss an UDP und die Verdaulichkeit der UDAA sowie der mikrobiellen AA sind demgegenüber als nachrangig zu erachten.

Neben dem UDP und den UDAA ist auch die Masse des MCP von der Passagerate betroffen. Eine höhere Passagerate verringert die Masse der gesamten in den Vormägen abgebauten OM, entsprechend wie es zuvor für den CP-Abbau beschrieben wurde. Da die mikrobielle Biomasse- und somit auch CP-Synthese von der Masse der im Pansen fermentierten OM abhängt, geht das MCP mit steigender Passagerate theoretisch zunächst zurück. Allerdings kann bei Erhöhung der Passagerate die Effizienz des mikrobiellen Wachstums, definiert als gebildetes MCP je Einheit fermentierter OM (g/kg; z.B. BRODERICK et al. 2010), verbessert sein, da unter diesen Bedingungen weniger mikrobielle Lysis sowie ein geringerer Anteil Erhaltungsbedarf am Energiebedarf der Mikroben zu Buche schlagen. Zumindest teilweise scheint dieser Effekt zu überwiegen, so dass es bei sehr hohen TM-Aufnahmen sogar zu einer höheren Effizienz mit größeren Mengen an MCP bzw. mikrobiellen AA am Duodenum kommen kann (zahlreiche Studien, erstmals ROBINSON et al. 1985).

In verschiedenen Proteinbewertungssystemen werden außerdem differenzierte Aussagen zum Umfang der gebildeten Mikrobenmasse in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der OM bzw. der Kohlenhydrate getroffen (VAN DUINKERKEN et al. 2011, SAUVANT und NOZIÈRE 2016). Dabei besteht für die gebildete MCP-Masse eine weitgehende Additivität der Werte der Einzelfuttermittel in der Ration (RUPP et al. 2021).

Eine umfangreiche Auswertung der Literatur zeigte zunächst, dass der MCP-Fluss mit Hilfe der DOM präziser vorherzusagen war als mit der im Pansen fermentierten OM, bereinigt um mikrobielle Masse (FOM, fermented organic matter; N. GRESNER, K. WILD, M. RODEHUTSCORD und K.-H. SÜDEKUM, unveröffentlicht). Allerdings wurde gleichzeitig deutlich, dass es sich bei dem Quotienten aus MCP und DOM um einen Wert mit großer Streuung handelt, die auch unter Zuhilfenahme zahlreicher Rationscharakteristika nicht systematisch vermindert werden konnte.

3.4 Dünndarmverdaulichkeit der mikrobiellen Aminosäuren und der Aminosäuren des im Pansen nicht abgebauten Futterrohproteins

Im nXP-System wird die Absorbierbarkeit des AAN aus MCP und UDP im Dünndarm einheitlich mit 85 % angenommen (GfE 2001). Für die AA im MCP erscheint die Annahme einer konstanten Dünndarmverdaulichkeit auch unter Berücksichtigung neuerer Befunde gerechtfertigt. Die absolute Höhe der Dünndarmverdaulichkeit der mikrobiellen AA wurde unter Einbeziehung weiterer Literaturdaten (STORM et al. 1983, HVELPLUND und HESSELHOLT 1987, FESSENDEN et al. 2017) überprüft, wobei Daten, die mit caecotomierten Hähnen modellhaft für Rinder erhoben wurden (FONSECA et al. 2014), unberücksichtigt blieben. Demnach beträgt die mittlere Dünndarmverdaulichkeit des AAN von Pansenbakterien 85 %. Für einige mikrobielle AA wie beispielsweise Arginin, Isoleucin, Leucin und Methionin wurden höhere Werte für die Dünndarmverdaulichkeit angegeben. Die Unterschiede in der Dünndarmverdaulichkeit zwischen den AA ist jedoch relativ gering und der Datenumfang sehr begrenzt, so dass derzeit keine Differenzierung in der Dünndarmverdaulichkeit bakterieller AA vorgenommen wird. Die Verdaulichkeit einzelner protozoärer AA ist zwar niedriger als die der bakteriellen AA (FESSENDEN et al. 2017), dies ist jedoch auf Grund des mit 15 % geringen Beitrags der Protozoen zum MCP (N. GRESNER, K. WILD, M. RODEHUTSCORD und K.-H. SÜDEKUM, unveröffentlicht) von untergeordneter Bedeutung. Auch ist die Variation zwischen den Datensätzen

für Bakterien und Protozoen nicht größer als innerhalb der einzelnen Gruppen, sofern mehrere Messungen zu Grunde lagen (HVELPLUND und HESSELHOLT 1987, FESSENDEN et al. 2017). Eine Differenzierung der Dünndarmverdaulichkeit zwischen AA bakteriellen und protozoären Ursprungs wird daher nicht vorgenommen.

Bei der Schätzung der Dünndarmverdaulichkeit des UDP und der UDAA gibt es eine größere Variation. Die in der Literatur angegebenen Daten zur Dünndarmverdaulichkeit reichen von unter 40 % bei einzelnen UDAA im UDP von Kleien bis hin zu über 95 % bei Sojaextraktionsschrot. Folglich werden Angaben zur Dünndarmverdaulichkeit nicht nur für einzelne Futtermittel, sondern idealerweise auch für einzelne AA benötigt. Hierzu wurde bereits eine Übersicht erstellt, die bisher 25 Studien zu insgesamt 51 Futtermitteln enthält und kontinuierlich um neue Erkenntnisse ergänzt werden wird.

4. Schlussfolgerungen

Das nXP-System für Milchkühe und Aufzuchtrinder, hat sich mehr als 20 Jahre in vielen praktischen Anwendungen bewährt und auch im internationalen Vergleich gut abgeschnitten. Im vorliegenden Beitrag wurde vorgestellt, wie im neuen, kürzlich erstmals vorgestellten Proteinbewertungssystem mit dem dünndarmverdaulichen Protein als zentralem Merkmal bisherige Schwachstellen abgestellt, neue Variablen zur detaillierteren Charakterisierung des Protein- und Aminosäurenlieferungsvermögens von Futtermitteln gründlich geprüft und eingeführt wurden. Mit dem neuen System kann flexibel auf Herausforderungen reagiert werden, so dass es auch bei weiter verändernden Leistungen und Rationen leistungsfähig bleibt und zu einer Verbesserung der N-Nutzungseffizienz bei der Erzeugung von Milch als Lebensmittel tierischer Herkunft beitragen kann.

5. Literatur

AFRC (Agricultural and Food Research Council), 1993: Energy and Protein Requirements of Ruminants. CAB International, Wallingford, UK.

BRODERICK, G.A., P. HUHTANEN, S. AHVENJÄRVI, S.M. REYNAL und K.J. SHINGFIELD, 2010: Quantifying ruminal nitrogen metabolism using the omasal sampling technique in cattle—a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 93, 3216-3230.

FESSENDEN, S.W., T.J. HACKMANN, D.A. ROSS, A. FOSKOLOS und M.E. VAN AMBURGH, 2017: Ruminal bacteria and protozoa composition, digestibility, and amino acid profile determined by multiple hydrolysis times. *J. Dairy Sci.* 100: 7211-7226.

FONSECA, A.C., S.M. FREDIN, L.F. FERRARETTO, C.M. PARSONS, P.L. UTTERBACK und R.D. SHAVER, 2014: Short communication: Intestinal digestibility of amino acids in fluid- and particle-associated rumen bacteria determined using a precision-fed cecectomized rooster bioassay. *J. Dairy Sci.* 97: 3855-3859.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie), 2001: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) 2022: Recommended protocol for the determination of nutrient disappearance in situ for estimation of ruminal degradation. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 31, 177-189.

HVELPLUND, T. und M. HESSELHOLT, 1987: Digestibility of individual amino acids in rumen microbial protein and undegraded dietary protein in the small intestine of sheep. *Acta Agric. Scand.* 37, 469-477.

- LEBZIEN, P., J. VOIGT, M. GABEL und D. GÄDEKEN, 1996: Zur Schätzung der Menge an nutzbarem Rohprotein am Duodenum von Milchkühen. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 76, 218-223.
- ROBINSON, P.H., C.J. SNIFFEN und P.J. VAN SOEST, 1985: Influence of level of feed intake on digestion and bacterial yield in the forestomachs of dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 65, 437-444.
- ROTHFUSS, H., K.-H. SÜDEKUM und M. STANGASSINGER, 1997: Ermittlung der Passage eines Markers im Verdauungstrakt von Milchkühen mit Hilfe unterschiedlicher Schätzverfahren: Einfluss von Laktationsstadium, Fütterungsniveau und Rationszusammensetzung. *Arch. Anim. Nutr.* 50, 43-61.
- RUPP, C., E. WESTREICHER-KRISTEN und A. SUSENBETH, 2021: *In situ* and *in vitro* determination of the protein value of feeds for ruminants. *Arch. Anim. Nutr.* 75, 329-344.
- 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. SÜDEKUM, 2013: Proteinbewertung beim Wiederkäuer – Grundlagen, analytische Entwicklungen und Ausblick. *Übers. Tierernährg.* 41, 51-73.
- STORM, E., D.S. BROWN und E.R. ØRSKOV, 1983: The nutritive value of rumen microorganisms in ruminants. 3. The digestion of microbial amino and nucleic acids in, and losses of endogenous nitrogen from, the small intestine of sheep. *Br. J. Nutr.* 50, 479-485.
- VAN DUINKERKEN, G., M. BLOK, A. BANNINK, J. CONE, J. DIJKSTRA, A. VAN VUUREN und S. TAMMINGA, 2011: Update of the Dutch protein evaluation system for ruminants: The DVE/OEB₂₀₁₀ system. *J. Agric. Sci.* 149, 351-367.
- WILD, K.J., K.-H. SÜDEKUM und M. RODEHUTSCORD, 2022: Meta-analysis on the estimation of ruminal amino acid degradability from crude protein degradability. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 31, 91.
- ZEBELI, Q., M. TAJAJ, I. WEBER, J. DIJKSTRA, H. STEINGASS und W. DROCHNER, 2007: Effects of varying dietary forage particle size in two concentrate levels on chewing activity, ruminal mat characteristics, and passage in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90, 1929-1942.

LK-Grundfutterprojekte als Basis für die Qualitätsentwicklung von Gärfutter und Heu in Österreich

Nationwide forage projects as a basis for quality development of grass silage and hay in Austria

Reinhard Resch^{1*} und Gerald Stögmüller²

Zusammenfassung

Graskonserven machen in Österreich meistens den Löwenanteil in Futtermischungen für Wiederkäuer aus, daher ist die Qualität von Silagen und Raufutter aus strukturreichen Futterpflanzen sehr wichtig für den Betriebserfolg. Seit 2003 werden bundesweite LK-Grundfutterprojekte, abwechselnd zu Gärfutter und Heu, durchgeführt, um aus einer breiten Datenbasis heraus Beispiele für „Best Practice in Qualität und Management“ und vor allem für qualitative Potenziale (Schwachstellen) des Futters und deren Ursachen herausfiltern zu können. Erkenntnisse aus der Laboranalyse in Kombination mit dem abgefragten Management dienen in der Folge der Beratung und Lehre dazu, den LandwirtInnen zielorientierte Lösungsansätze zur Qualitätsverbesserung zu vermitteln.

LK-Grundfutterprojekte greifen aktuelle Schwerpunkte, wie z.B. Gerüstsubstanzen, Mineralstoffe, Gärqualität, Mikrobiologie etc., auf, damit über das erweiterte Wissen einerseits die Rationsgestaltung verbessert werden und andererseits Fehler in der Futterwirtschaft vom Feld über die Konservierung bis zum Futtertisch vermieden werden können. So gesehen sind diese Projekte ein Instrument, welches hilft das Qualitätsmanagement im Bereich Grundfutter der viehhaltenden Betriebe auf ein höheres, professionelleres Niveau anzuheben. Trendanalysen über 20 Jahre zeigen hier durchaus eine qualitativ positive Entwicklung in der Grundfutterqualität.

Als wichtige Beispiele für qualitätsverstärkende Faktoren, die nicht mit einer Routineanalyse (Weender Analyse) abgedeckt werden können, gelten Eisengehalt und Lagerverpilzung. Gegenüber der traditionellen Rohfaser ermöglichen ADF und ADL eine deutlich exaktere Bewertung der schwer- bzw. nichtverdaulichen Zellwandbestandteile, womit Mängel in punkto Pflanzenbestand und Blattverluste bei der Ernte besser identifiziert werden können. Der Eisengehalt lässt eine deutlich bessere Einstufung des Futterschmutzungsgrades mit Erde zu. Mit dem aktuellen LK-Heuprojekt 2022 konnten diverse Zusammenhänge zwischen Heuqualität und Management bestätigt werden. Von allen Heuproben wiesen 32 % Eisengehalte über 600 mg/kg TM auf, davon konnten 18 % als leichte und 14 % als mäßige bis starke Erdverschmutzung eingestuft werden. Mehr als 90 % der untersuchten Heuproben waren nach den VDLUFA-Orientierungswerten futterhygienisch einwandfrei. Durch die 456 Heuproben aus dem Jahr 2022 konnten folgende Eigenschaften für tendenziell höhere Keimzahlen bei verderb- anzeigenden Lagerpilzen bestätigt werden: erster Aufwuchs, höhere Lagen, höhere Stängelanteile, Futterschmutzung, Bodentrocknung, höhere Schütthöhe am Heustock, Belüftungsdauer über 72 Stunden. Die Lagerverpilzung mit Schimmelpilzen kann auch in Belüftungsheu mit besten Inhaltsstoffen vorkommen, daher ist die mikrobiologische Befundung ein wesentliches Kriterium der Qualität von Futterkonserven.

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

² LK Niederösterreich, Futtermittellabor Rosenau, Gewerbepark Haag 3, A-3250 Wieselburg-Land

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

Mit dem neuen Schwerpunkt Schwefelgehalt konnte gezeigt werden, dass eine positive Korrelation zwischen Rohprotein und Schwefel besteht. Ein Stickstoff-/ Schwefelverhältnis über 12:1 stellte sich allerdings als sehr unsicherer Indikator für Empfehlungen zur Schwefel-Ergänzungsdüngung heraus. Somit muss eine wahrscheinlich gängige Praxis zur S-Düngungsempfehlung kritisch in Frage gestellt werden.

Die erarbeiteten Daten zur Heuqualität sind in ihrer Vielfalt wahrscheinlich weltweit einzigartig. Die Erkenntnisse daraus dienen in erster Linie dem Wissenstransfer zu den rund 7.000 Heumilchbetrieben in Österreich, um deren Entwicklung hinsichtlich Heuqualität zu fördern. Darüber hinaus sind sie Inspiration für angelegte Forschungsprojekte mit Exaktversuchen.

Schlagwörter: Lagerverpilzung, Schwefelgehalt, Heubelüftungstrocknung, Schimmelpilze, Heumanagement, Grundfutterqualität

Summary

For ruminant feed rations in Austria, conserved forage usually provides a large share. Therefore, quality of silage and roughage from structurally rich forage plants is very important for farmers success. Since 2003, nationwide forage projects of agricultural chambers (LK) have been carried out. Filtration of examples of „best practice in quality and management“ and especially qualitative potentials in the forage and their causes from a broad data basis are the main tasks. The findings from the laboratory analysis, in combination with the questioned management, are subsequently used in advisory services and teaching to provide farmers with target-oriented solutions for improving forage quality. LK forage projects take up current focus on points, such as cell wall substances, minerals, microbiology etc. However, on the one hand, ration design can be improved through the expanded knowledge and on the other hand, errors in feed management can be avoided from the field over preservation to the stable. These projects are an instrument that helps to raise quality management on livestock farms to a higher, more professional level. Trend analyses over 20 years show a positive development in the quality of grass silages and roughage in Austria. Important examples of quality-enhancing factors that cannot be covered by a routine analysis (Weender analysis) are cell wall substances, iron content and germ count of fungi. Compared to traditional crude fibre, ADF and ADL allow a much more accurate assessment of the indigestible or non-digestible cell wall components, which makes it easier to identify deficiencies in terms of plant communities and leaf loss at harvest. The iron content allows a significantly better classification of the degree of contamination with soil.

With the current LK hay project 2022, various correlations between hay quality and management could be confirmed. After all, 32% of the hay samples had iron contents above 600 mg/kg DM, of which 18% could be classified as marginally and 14% as moderately to highly contaminated with soil. More than 90% of the hay samples analysed were top in terms of feed hygiene according to the VDLUFA orientation values. Hay samples of 2022 confirmed the following characteristics for a tendency towards higher germ counts of spoilage-indicating storage fungi: first growth, higher altitudes, higher stem content, forage contamination by soil, drying without ventilation, higher bulk height on the haystack, drying time over 72 hours. Storage fungus with moulds can also occur in ventilated hay with the best ingredients. Therefore, microbiological detection is an essential criterion for the quality of conserved forage.

With the new focus on sulphur content, it could be shown that there is a positive correlation between crude protein and sulphur. However, a nitrogen/sulphur

ratio above 12:1 is a very uncertain indicator for recommendations on sulphur supplementation fertilisation. Thus, a probably common practice for S fertilisation recommendation has to be questioned critically.

The data compiled on hay quality are probably unique worldwide in their diversity. The findings primarily serve to transfer knowledge to the approximately 7,000 hay-milk farms in Austria in order to promote their development with regard to hay quality. Furthermore, they are an inspiration for related research projects with exact trials.

Keywords: storage fungus, sulphur content, hay-ventilation-drying, moulds, hay-management, forage quality

1. Einleitung

Die dominierende Kultur der landwirtschaftlichen Nutzflächen Österreichs stellt nach BML (2022) mit ca. 53 % das Dauergrünland inkl. Futterbau dar. Die auf diesen Flächen produzierte, für Menschen als Nahrung ungeeignete, strukturreiche Biomasse, wird größtenteils von Wiederkäuern in Form von Grünfutter, Grassilage und Heu zu Milch und Fleisch veredelt. Unter Einbeziehung von Silomais zum Grundfutter nahmen nach RESCH (2022a) die Grassilagen 56 %, Silomais 24 % und Heu 20 % des Nettoertrages an den Futterkonserven ein. Das österreichische Grundfutter sichert nach BMLRT (2021) zu 91 % den Eigenversorgungsanteil an Rohprotein für die Rinder.

In den vergangenen Jahrzehnten trugen verbessernde Entwicklungen im Bereich Grünland- und Erntemanagement, Futterkonservierung und Qualitätsbewusstsein, sowie zum Teil der Klimawandel durch die Temperaturerhöhung zur Steigerung der Grundfutterqualität bei, die sich nach GUGGENBERGER et al. (2022) insbesondere an der tendenziellen Verringerung der schwerer und nicht verdaulichen Zellwandbestandteile erkennen lässt.

1.1 LK-Grundfutterprojekte

Im Jahr 2003 wurde von den LK-Fütterungsreferenten der Bundesländer mit Unterstützung des BMLF sowie der HBLFA Raumberg-Gumpenstein und des Futtermittel-labors Rosenau unter Einbindung der Arbeitskreisberatung Milchproduktion und anderer Projektpartner (LKV, Maschinenring, ARGE Heumilch) eine Initiative zur regelmäßigen Grundfutteruntersuchung und -auswertung gestartet. Die Futteranalyse von Silagen und Heu in Kombination mit Ergebnisbesprechungen und Rationsberechnungen zeigte vielen PraktikerInnen Schwachstellen/Potenziale in ihrer Futterwirtschaft auf und öffnete gleichzeitig das Bewusstsein für gezielte Entwicklungen und Verbesserungen.

Innerhalb von 20 Jahren wurden bundesweit insgesamt 5 LK-Silageprojekte und 6 LK-Heuprojekte mit unterschiedlichen fachlichen Schwerpunkten erfolgreich durchgeführt. Diese Schwerpunkte dienen unter anderem dazu, neue Bewertungsparameter der Futterqualität einer breiten Anwenderschaft zugänglich zu machen und um nationale Faustzahlen für die Futterbewertung und Verbesserungsempfehlungen für Praxis, Beratung und Lehre erstellen zu können. Einzigartig ist bei diesen LK-Projekten die Erfassung des Grundfuttermanagements durch Fragebögen in jedem Projektjahr und die verknüpfende Auswertung der Futteranalysen mit den Managementparametern. Das Interesse der viehhaltenden LandwirtInnen an derartigen Projekten teilzunehmen ist hoch, da bisher mehr als 5.000 Silageproben und mehr als 3.500 Heuproben mit Laborbefunden und Daten zum Management vorliegen. Eine breite Datenbasis ermöglicht die Analyse der IST-Situation von Silagen, Heu und Grummet und öffnet durch Wissenserweiterung eine gemeinsame Entwicklung der Grundfutterqualitäten in Österreich.

Die praxisgerechte Aufbereitung von aktuellen Erkenntnissen und der Wissenstransfer hin zu den Viehhaltern sind für die fachliche Weiterbildung essentiell. Dazu braucht es

eine effektive Vernetzung von LandwirtInnen, Fachberatung der Landwirtschaftskammern, Arbeitskreisberatung Milchproduktion, Landwirtschaftliches Bildungswesen, Forschung und Untersuchungslaboren.

Unter Berücksichtigung der betrieblichen Gegebenheiten (Standort, Ausstattung, Arbeitskräfte etc.) ist die Qualitätskontrolle durch eine Futterbewertung (Laboruntersuchung, Sinnenprüfung) ein erster Schritt, um eigene Schwachstellen/Potentiale kennenzulernen. Auf dieser Basis können Ursachen für Probleme ergründet und Maßnahmen zur Verbesserung festgelegt werden.

Das aktuelle LK-Heuprojekt 2022 hat in der Futtermittelanalyse durch die Einbindung der mikrobiologischen Untersuchung in Form der Verpilzung (Feld- und Lagerpilze), der Gerüstsubstanz- sowie der Schwefelanalyse eine neue Dimension zur ganzheitlicheren Qualitätsbewertung von Heu beschrritten. Mit 456 untersuchten Heuproben setzt dieses Projektjahr wiederum neue Maßstäbe für Heumilchbauern. Insbesondere die neuen Daten zur Futterhygiene und zum Schwefelgehalt von Heu können dabei helfen die Welt des Heus besser zu verstehen. Anlässlich der 50. Viehwirtschaftlichen Fachtagung der HBLFA Raumberg-Gumpenstein werden Ergebnisse aus den LK-Grundfutterprojekten, speziell vom aktuellen Heuprojekt, vorgestellt und diskutiert.

1.2 Heuproduktion in Österreich

Der überwiegende Teil des Raufutters stammt in Österreich aus Dauergrünlandflächen, die je nach Bewirtschaftungsintensität zwei- bis fünfmal (max. 6-mal im Voralberger Rheintal) jährlich gemäht werden. Heu wird vom Niederungsgrünland auf 300 m bis zum alpinen Grünland der Bergmäher auf über 2.000 m Seehöhe erzeugt. Im aktuellen Förderprogramm werden 13.400 viehhaltende Betriebe, davon ca. 7.000 Milchkuhbetriebe, auf den Einsatz von fermentierten Futtermitteln verzichten (ÖPUL-Maßnahme 2023: UBB-Topup „Heuwirtschaft“, früher Silageverzicht). d.h. diese Landwirte haben als Grundfutterbasis ausschließlich Grünfutter bzw. Heu und Grummet zur Verfügung. Das ist eine Zunahme gegenüber 2022 um 34 %. Österreichische Projektstudien der letzten 15 Jahre ergaben, dass sich die Flächen der Silageproduzenten im Durchschnitt auf rund 630 m und jene der Heuproduzenten auf rund 880 m Seehöhe befanden, d.h. Heu wird tendenziell stärker im benachteiligten Berggebiet auf hängigeren Flächen gewonnen.

Die Produktion von hochwertigem Raufutter ist für viele Betriebe eine Herausforderung im Bereich Pflanzenbestand, Düngung, Konservierungsmanagement und Trocknungstechnik. Problemfelder sind, neben dem Ertrag, meist lückige oder verkrautete Wiesen bzw. die Ausbreitung der Gemeinen Rispe (*Poa trivialis*), erdige Futtermittelverschmutzung und zu hohe Feldverluste durch Abbröckelung.

Die traditionelle Bodentrocknung von Grünlandfutter nutzt ausschließlich die Sonnenenergie zur Futtertrocknung. Dieses Verfahren braucht die längste Feldphase für die Vortrocknung und trägt daher das größte Wetterrisiko. Trockenmassegehalte von ca. 800 g/kg FM bei der Ernte erhöhen einerseits die Wahrscheinlichkeit von Qualitätsverlusten durch Abbröckelung der Blattmasse (RESCH 2022b) und andererseits das Risiko einer massiven Vermehrung der vorhandenen epiphytischen Mikroflora (ADLER et al. 2014) im feuchten Erntegut. Pilze werden nach UNDI et al. (1997) unter jenen Umweltbedingungen in größerer Zahl nachgewiesen, unter denen sie am besten überleben oder konkurrieren können. Abgesehen vom betreffenden Substrat sind der verfügbare Wassergehalt und die Temperatur die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Vermehrung der Mikroflora im gelagerten Heu (KASPERSSON et al. 1984). Die meisten Pilzarten treten in einem Temperaturbereich von 10 bis 40 °C auf (ADLER 2002). Höhere Feuchtigkeit bei der Einlagerung führt zu einem stärkeren Temperaturanstieg im Erntegut, sodass bei Temperaturen über 40 °C die wenig thermotoleranten Arten aus der produkttypischen Feldflora rasch zurückgehen (WITTENBERG 1997) und häufig von einer Lagerflora abgelöst werden.

Physikalische Eigenschaften des Futters und anlagentechnische Auslegungen erfordern von LandwirtInnen technisches Verständnis und Feingefühl in der Anlagenbedienung,

ansonsten verursacht die Trocknung hohe Kosten und bringt nicht den optimalen Erfolg. Kaltbelüftungen haben einen eingeschränkten Trocknungseffekt. Insbesondere bei kühlen Temperaturen oder hohen Luftfeuchtigkeiten ist die Wasseraufnahme der Luft sehr gering und das reduziert die Effektivität der Heutrocknung. Belüftung mit Kaltluft hat somit Grenzen im Hinblick auf den Wassergehalt des Ernteguts (WIRLEITNER et al. 2014). Trocknungsverfahren mit Luftanwärmung oder Luftentfeuchtung können auch bei ungünstigen Lufttemperaturen bzw. -feuchtigkeiten entsprechende Wassermengen aus dem Futter abführen. Mit entsprechendem Energieeinsatz könnte mit derartigen Verfahren prinzipiell auch leicht angewelktes Grünfutter getrocknet werden, allerdings steigen hier die Kosten stark über ein wirtschaftliches Maß hinaus (FRITZ 2018). Die aktuelle Teuerung von Energie mindert den wirtschaftlichen Erfolg der Unterdachttrocknung, daher spielt die Energieeffizienz der Belüftungstrocknung eine entscheidende Rolle in punkto Wirtschaftlichkeit.

2. Material und Methoden

2.1 Probenziehung

Um eine fundierte Aussage zur Qualität eines beprobten Futterstockes treffen zu können, ist die repräsentative Probenziehung Grundvoraussetzung. Bei den österreichischen LK-Grundfutterprojekten wurden die Proben bei Silagen zu 100 % und bei Heu zu ~65 % mit standardisierten Edelstahlbohrern aus dem Silo-/Heustock bzw. den Silage-/Heuballen gestochen. Die Ziehung der Futterproben wurde größtenteils durch geschulte Probenzieher (Landwirtschaftskammer, Maschinenring, LKV) durchgeführt. Von der Gesamtprobe wurden ca. 500-1.500 g in Vakuumbuteln (Silagen) bzw. Papierbuteln bzw. Pappschachteln (Heu) für die chemische Analyse an das Futtermittellabor Rosenau der LK Niederösterreich geschickt. Ein Teil der Probe wurde für die Auswertungsseminare (Arbeitskreisbetriebe) aufbewahrt.

2.2 Fragebogen zum Management

Die Verschneidung zwischen chemischen Untersuchungsparametern und dem Management des Betriebes wurde erst durch die Erhebung verschiedener Informationen über Betrieb, Wirtschaftsweise, Düngung, Ausgangsmaterial, Heuernte, Trocknungsart und eigene Einstufung der Qualität mittels Fragebogen möglich. Der Heuprojekt-Fragebogen 2022 enthielt zusätzlich Fragen zur Düngung mit Wirtschafts- und Schwefeldüngern. Außerdem wurden den LandwirtInnen teilweise Fragen zur eigenen Einstufung von Futtermittelschmutzung, Futterqualität, Futterhygiene und zur künftigen Entwicklung der Heutrocknung gestellt.

2.3 Laboruntersuchungen

Die chemische Analyse der Heu- und Grummetproben erfolgte im Futtermittellabor Rosenau (LK Niederösterreich in Wieselburg; www.futtermittellabor.at) anhand von Standardmethoden (VDLUFA 1976). Vom Organisationskomitee der LK-Grundfutterprojekte wurde im Vorfeld jeweils ein Mindestumfang für die Futtermittelanalyse festgelegt: Weender-Rohnährstoffe, Gerüstsubstanzen, Zucker. Bei Silagen wurde zusätzlich die Gärqualität und bei Heu seit 2018 die Verpilzung (Feld- und Lagerpilzflora) von allen Heuproben untersucht (VDLUFA 2012a). Bei der Einstufung der Faserstoffe wurde seit 2015 in der Analyse dem Zeitgeist Rechnung getragen, indem die Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) von sämtlichen Proben untersucht wurden. Die Rohfaser als auslaufender Parameter wird in den Darstellungen nur mehr als Beifügung für Vergleiche gezeigt. Berechnet wurden das nutzbare Protein (nXP) und die ruminale Stickstoffbilanz (RNB). Die Verdaulichkeit der organischen Masse (dOM), metabolische Energie (ME) und Nettoenergie-Laktation (NEL) wurden mittels Regressionskoeffizienten nach GRUBER et al. (1997) geschätzt.

2.4 Datenbasis

Für die vergleichenden Untersuchungen wurden Daten aus den LK-Silageprojekten seit 2003 bzw. LK-Heuprojekten seit 2007 herangezogen. Insgesamt standen bei Grassilagen 6.505 und bei Heu 3.720 Datensätze mit chemischen Analysen zur Verfügung. Von den meisten Futterproben waren auch auswertbare Fragebogendaten zum Management vorhanden. Bei den ProjektteilnehmerInnen gab es bei Grassilagen und Heu ein deutliches West-Ost Gefälle. Während im östlichen Alpenvorland (Oberösterreich, Niederösterreich, Steiermark und Burgenland) und in Kärnten die Silagen dominieren, war das Heu in den westlichen Bundesländern, Vorarlberg, Tirol und Salzburg vorherrschend. Fast die Hälfte der Grundfutterproben war vom 1. Aufwuchs, der ertraglich besonders bedeutsam ist. Im Erhebungsbogen wurde die Futterzusammensetzung der eingesendeten Heuprobe abgefragt. 98 % der Proben stammen aus Dauergrünlandflächen bzw. Dauergrünland mit Feldfutter gemischt, der Rest teilte sich auf Feldfutter (Rotklee, Luzerne, Klee gras, Luzernegras) auf. Die geringe Probenanzahl bei reinen Feldfutter war statistisch nicht auswertbar, daher wurde auf eine Darstellung verzichtet.

Die Fragebogendaten wurden in den Landwirtschaftskammern der Bundesländer über eine einheitliche MS-Access-Eingabemaske erfasst und kontrolliert. Die Analysendaten von Rosenau wurden in Gumpenstein in die Datenbank importiert. Nach Sammlung der gesamten Daten an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein erfolgte eine Plausibilitätsprüfung und Validierung der Daten.

2.5 Statistische Auswertung

Die statistischen Berechnungen wurden an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein mit der Software Statgraphics Centurion (Version XVII) und mit IBM SPSS Statistics (Version 28) durchgeführt. Für die mehrfaktoriellen Analysen wurde das GLM-Verfahren (Allgemeine lineare Modellierung) herangezogen. Die Mittelwertvergleiche wurden mit der Methode TUKEY-HSD (**H**onestly **S**ignificant **D**ifference) durchgeführt. Die berechneten P-Werte beziehen sich auf ein Konfidenzniveau von 95 %. Signifikante P-Werte sind in den Tabellen mit fatter Schrift dargestellt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertung von Daten aus den LK-Grundfutterprojekten verfolgt das Ziel Futterqualitäten aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten, um Erkenntnisse im Sinne einer qualitativ positiven Entwicklung zu erarbeiten und diese zwischen Forschung, Lehre, Beratung und Praxis diskutieren zu können. Außerdem können aus den Ergebnissen zielgerichtete Empfehlungen zum besseren Management oder aktualisierte Orientierungswerte für Parameter abgeleitet werden. In diesem Beitrag werden insbesondere Einflussfaktoren und deren Wirkung auf die chemische und mikrobiologische Qualität von Heuproben aus Österreich besprochen.

3.1 Erntezeitpunkt

Ein maßgeblicher Einflussfaktor auf die Futterqualität ist das Datum der Futterernte, welches in Verbindung mit dem Wettergeschehen meist in unmittelbarem Zusammenhang mit dem pflanzlichen Vegetationsstadium steht (GRUBER et al. 2011). In den LK-Silage- und Heuprojekten wurden die Einflüsse auf den Erntezeitpunkt im 1. Aufwuchs unter Verwendung von kategorialen Variablen und der Seehöhe als Covariate mit einem linearen Modell für Grassilage und Heu untersucht (*Tabelle 1*).

Die Streuung der Erntezeitpunkte konnte mit dem linearen Modell zu ~60 % (R^2) erklärt werden. Die Seehöhe übte den stärksten Einfluss auf den Erntezeitpunkt und in der Folge auf die Nutzungshäufigkeit aus. Grassilagen wurden auf einer mittleren Seehöhe von 629 m im Mittel am 14. Mai und Heu auf durchschnittlich 880 m am 9. Juni geerntet. Eine Zunahme von 100 m Seehöhe bewirkte eine Verzögerung des Erntetermines bei

Tabelle 1: Einflussfaktoren auf das Erntedatum im 1. Aufwuchs (LK-Silage- und Heuprojekte 2007 bis 2022)

| Faktor | P-Wert | Futter | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------------------------|--------|--------|---------------------|-------------------------------------|---------------------|----------|------------|--------|------------|
| Projektjahr | < 0,01 | | 2007-2010 | 2012 | 2015 | 2016 | 2018 | 2020 | 2022 |
| | | Silage | | | | 13.Mai | | 15.Mai | |
| Bundesland | < 0,01 | Heu | 11.Jun | 10.Jun | 08.Jun | | 02.Jun | | 04.Jun |
| | | | Kärnten | Nieder- österreich | Oberöster- reich | Salzburg | Steiermark | Tirol | Vorarlberg |
| Wirtschaftsweise | < 0,01 | Silage | 17.Mai | 18.Mai | 12.Mai | 11.Mai | 15.Mai | 17.Mai | 10.Mai |
| | | Heu | 14.Jun | 27.Jun | 08.Jun | 06.Jun | 04.Jun | 08.Jun | 31.Mai |
| Trocknungsverfahren | < 0,01 | | Boden- trocknung | Kalt- belüftung | Warm- belüftung | | | | |
| | | Heu | 17.Jun | 10.Jun | 06.Jun | | | | |
| Seehöhe (Mittelwert 783m) | < 0,01 | Silage | 629 | + 2,6 Tage je 100 m Seehöhenzunahme | | | | | |
| | | Heu | 880 | + 3,7 Tage je 100 m Seehöhenzunahme | | | | | |

Grassilagen um 2,6 und bei Heu um 3,7 Tage. Zweischnittflächen lagen im Durchschnitt auf einer Seehöhe von ca. 1.200 bis 1.300 m, Dreischnittflächen auf 900 m, Vierschnittflächen auf ca. 720 m und Flächen mit fünf Nutzungen auf unter 700 m. Rund 42 % der Proben aus dem LK-Heuprojekten stammen von Grünlandflächen mit jährlich vier Nutzungen, 26 % mit dreimaliger und 7 % mit Zweischnittnutzung. Auf intensive Gunstlagenflächen mit fünf Nutzungen entfielen 23 % bzw. 1 % der Proben mit sechs Nutzungen. Rund 1 % wurde nur einmal gemäht. Diese Flächen lagen mit ca. 1.400 m Seehöhe am höchsten.

Auf Basis gleicher Seehöhe konnten zwischen den Bundesländern signifikante Unterschiede im Erntedatum des 1. Aufwuchses festgestellt werden. Vorarlberger ernteten im Durchschnitt schon am 31. Mai und Niederösterreicher erst am 27. Juni. Das kommt wahrscheinlich davon, dass die Betriebe im Alpenvorland tendenziell mehr kombinierte Rationen mit junger Grassilage füttern und das Heu eher als Strukturkomponente verwenden. Mit einer Warmbelüftung ausgestattete Betriebe ernteten das Heu auf gleicher Seehöhe um 11 Tage früher als Betriebe mit Bodentrocknung ohne Heubelüftung. Seit Beginn der LK-Heuprojekte im Jahr 2007 zeichnet sich ein Trend hin zu früheren Erntezeitpunkten ab, der sich in den letzten Jahren einpendelte. Die Ernte des 1. Aufwuchses im Jahr 2022 erfolgte im Durchschnitt am 4. Juni, also um 7 Tage früher als vor 15 Jahren (Tabelle 1).

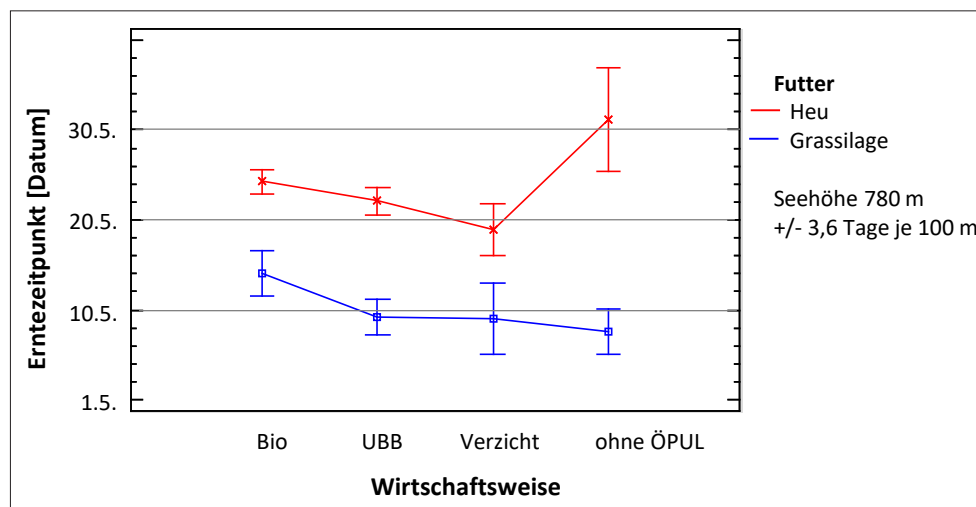


Abbildung 1: Erntezeitpunkt 1. Aufwuchs von Grassilage und Heu in Abhängigkeit der Wirtschaftsweise (LK-Grundfutterprojekte 2007-2022)

Schließlich hatte auch die Wirtschaftsweise einen signifikanten Effekt auf das Erntedatum. Während bei Grassilagen die Betriebe ohne ÖPUL-Teilnahme am 7. Mai mähten, waren die Biobetriebe mit der Mahd um 7 Tage später dran. Auf der anderen Seite war die Heumahd bei den ÖPUL-Betrieben auf gleicher Seehöhe um ca. 10 Tage gegenüber den Silagebetrieben verzögert (Abbildung 1).

3.2 Erklärung der Grundfutterqualität über chemische Parameter

Für die Beschreibung von Futterqualitäten haben sich Parameter aus der chemischen Laboranalyse, ermittelt mit standardisierten Methoden (VDLUF 1976), bewährt. Nachstehend wurden einige Parameter tabellarisch dargestellt, um Silage- und Heuqualitäten in Österreich anhand einer deskriptiven Auswertung einstufen zu können. Tabellen, die zusätzlich auf das Vegetationsstadium der Pflanzenbestände Rücksicht nehmen, bieten die „Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum“ (RESCH et al. 2006) bzw. die „DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer (DLG 1997) für Deutschland.

Aufgrund der erheblichen Qualitätsunterschiede bei Dauerwiesenfutter im Verlauf der Vegetationsperiode, wurden die einzelnen Aufwüchse separat ausgewertet und die Folgeaufwüchse im Anhang angeführt (Tabellen 8 bis 10).

Die TM-Gehalte von Heuproben waren zum Zeitpunkt der Probenziehung zu 99 % im Empfehlungsbereich über 870 g/kg FM, weil die Probenahme meistens erst mehrere Wochen nach der Einlagerung erfolgte. Nach RESCH (2014) erreichten unter exakten

Tabelle 2: Übersicht Silage- und Heuqualität 1. Aufwuchs Österreich (LK-Projekte 2003 bis 2022)

| Parameter | Einheit | Grassilagen | | | | | | Raufutter (Heu) | | | | | | |
|-----------------------------|----------|-------------|-------|-------|------------|-----------|--------------|-----------------|------|------|------|------------|-----------|--------------|
| | | 2003-2009 | 2016 | 2020 | Mittelwert | Std.-abw. | Probenanzahl | 2012 | 2015 | 2018 | 2022 | Mittelwert | Std.-abw. | Probenanzahl |
| Trockenmasse (TM) | g/kg FM | 369 | 354 | 364 | 366,2 | 71,0 | 3.114 | 914 | 920 | 921 | 916 | 915,7 | 11,7 | 1.682 |
| Rohprotein (XP) | g/kg TM | 147 | 153 | 145 | 147,6 | 20,2 | 3.114 | 112 | 111 | 118 | 117 | 110,6 | 22,4 | 1.680 |
| Nutzbares Protein (nXP) | g/kg TM | 133 | 136 | 135 | 133,8 | 6,9 | 3.107 | 126 | 121 | 126 | 125 | 123,5 | 9,3 | 1.654 |
| Ruminale N-Bilanz (RNB) | g/kg TM | 2,3 | 2,8 | 1,6 | 2,2 | 2,5 | 3.107 | -2,4 | -1,6 | -1,1 | -1,1 | -2,0 | 2,4 | 1.654 |
| Strukturkohlenhydrate (NDF) | g/kg TM | 506* | 439 | 442 | 449,4 | 50,0 | 1.089 | 479 | 527 | 517 | 506 | 517,6 | 56,5 | 651 |
| Zellulose und Lignin (ADF) | g/kg TM | 342* | 291 | 287 | 297,8 | 37,8 | 1.137 | 329 | 313 | 329 | 322 | 324,9 | 34,7 | 618 |
| Lignin (ADL) | g/kg TM | 52* | 38 | 35 | 38,4 | 10,9 | 1.089 | 57 | 44 | 49 | 39 | 46,1 | 11,3 | 617 |
| Zucker (XZ) | g/kg TM | 68 | 72 | 73 | 71,8 | 42,2 | 1.202 | 138 | 135 | 137 | 136 | 137,2 | 31,5 | 1.129 |
| Rohfaser (XF) | g/kg TM | 265 | 253 | 258 | 261,9 | 26,9 | 3.114 | 264 | 291 | 279 | 283 | 281,4 | 33,6 | 1.680 |
| Rohfett (XL) | g/kg TM | 31 | 32 | 32 | 31,1 | 3,0 | 3.114 | 30 | 26 | 28 | 30 | 28,2 | 3,8 | 1.646 |
| Rohasche (XA) | g/kg TM | 101 | 102 | 93 | 99,8 | 19,6 | 3.114 | 88 | 89 | 85 | 86 | 86,5 | 20,5 | 1.678 |
| OM-Verdaulichkeit (DOM) | % | 72,9 | 74,1 | 73,9 | 73,3 | 2,7 | 2.660 | 71,5 | 67,8 | 69,5 | 69,1 | 69,1 | 4,4 | 1.650 |
| Umsetzbare Energie (ME) | MJ/kg TM | 10,10 | 10,29 | 10,34 | 10,17 | 0,45 | 3.114 | 9,89 | 9,32 | 9,63 | 9,60 | 9,55 | 0,65 | 1.672 |
| Nettoenergie (NEL) | MJ/kg TM | 6,04 | 6,17 | 6,20 | 6,08 | 0,32 | 3.113 | 5,89 | 5,48 | 5,70 | 5,67 | 5,64 | 0,47 | 1.655 |
| Kalzium (Ca) | g/kg TM | 7,3 | 6,4 | 6,6 | 7,0 | 1,7 | 2.843 | 7,3 | 6,5 | 7,4 | 6,4 | 6,8 | 2,0 | 1.558 |
| Phosphor (P) | g/kg TM | 3,0 | 3,3 | 3,2 | 3,1 | 0,5 | 2.843 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,7 | 2,4 | 0,6 | 1.558 |
| Magnesium (Mg) | g/kg TM | 2,4 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 0,5 | 2.843 | 2,5 | 2,4 | 2,5 | 2,2 | 2,4 | 0,9 | 1.558 |
| Kalium (K) | g/kg TM | 29,7 | 28,8 | 28,1 | 29,3 | 4,6 | 2.843 | 20,7 | 22,4 | 22,6 | 24,7 | 22,0 | 5,2 | 1.557 |
| Natrium (Na) | g/kg TM | 0,49 | 0,52 | 0,67 | 0,5 | 0,5 | 2.843 | 0,40 | 0,29 | 0,30 | 0,31 | 0,31 | 0,32 | 1.558 |
| Eisen (Fe) | mg/kg TM | 736 | 717 | 626 | 668 | 544 | 903 | 544 | 717 | 501 | 526 | 542 | 505 | 613 |
| Mangan (Mn) | mg/kg TM | 85,5 | 76,1 | 79,8 | 81,6 | 30,9 | 903 | 90,2 | 94,0 | 94,9 | 91,7 | 93,1 | 48,1 | 613 |
| Zink (Zn) | mg/kg TM | 32,7 | 30,1 | 30,2 | 31,1 | 8,8 | 903 | 31,4 | 32,1 | 32,4 | 26,4 | 30,5 | 11,9 | 613 |
| Kupfer (Cu) | mg/kg TM | 7,8 | 7,8 | 8,0 | 7,9 | 1,3 | 903 | 6,0 | 8,0 | 6,7 | 6,8 | 6,8 | 1,5 | 613 |
| Schwefel (S) | g/kg TM | | | | | | | | | | 1,5 | 1,5 | 0,4 | 203 |

* Datenbasis für Gerüstsubstanzen vor 2010 mit geringer Probenanzahl

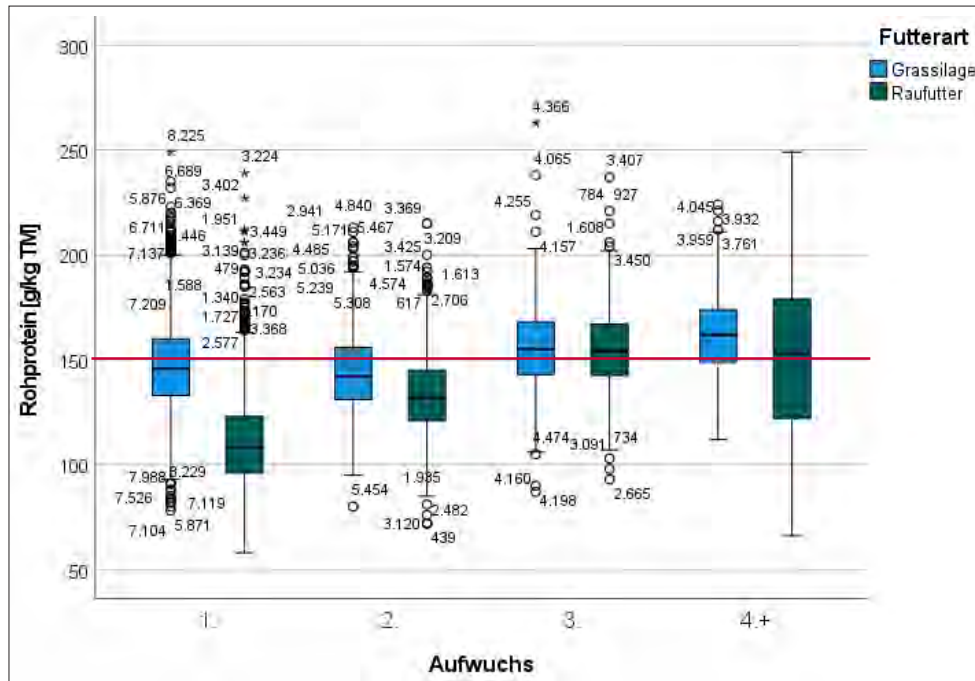


Abbildung 2: Rohprotein-gehalte in Grassilagen und Heu in Abhängigkeit der Aufwüchse (Boxplots der LK-Projekte 2012 bis 2022). Die Boxenlänge umfasst 50 % der Proben. Werte (o) außerhalb der Spannen werden als Extremwerte und jene mit (*) als Ausreißer bezeichnet.

Versuchsbedingungen viele Heupartien innerhalb von 7 Tagen nach der Einfuhr des Erntegutes den TM-Gehalt von mehr als 870 g/kg FM, allerdings kann sich bei bodengetrocknetem Heu und ungünstigen Wetterbedingungen dieser Zeitraum noch wesentlich länger hinauszögern.

Die großen Qualitätsunterschiede in der österreichischen Grundfutterqualität von Dauerwiesenfutter zeigen sich beispielsweise in der Spannweite der Rohproteingehalte (Abbildung 2). Ziel wäre es, den Proteinbedarf von Milchkühen in der Laktation (lt. GfE 2001) zwischen 140 bis 160 g XP/kg TM) durch das wirtschaftseigene Grundfutter abzudecken. Die Rohproteingehalte lagen bei Heu zwischen 58 und 249 g/kg TM und bei Grassilagen zwischen 77 und 263 g/kg TM. Der mittlere Rohproteingehalt von Heu im 1. Aufwuchs war mit 111 g/kg TM im Vergleich zu 147 g XP/kg TM bei Grassilagen deutlich geringer. Der Proteingehalt steigt in den Folgeaufwüchsen an, wobei sich im 3. Aufwuchs das XP-Niveau bei Grassilagen und Raufutter auf 155 g/kg TM gleich hoch zeigte. Der Jahreseinfluss auf den Proteingehalt kann erheblich sein, das zeigen die Tabellen der einzelnen Aufwüchse. Die Varianz von Rohproteingehalten bei gleichen NDF-Gehalten ist nach RESCH et al. (2015) auf den Pflanzenbestand, aber auch auf Verlust an Blattmasse durch Abbröckelung im Zuge der Heuwerbung zurückzuführen.

3.2.1 Schwefelgehalte von Heuproben

In den letzten Jahren wurde in der Praxis die Behauptung laut, dass das österreichische Grünland beim Schwefel nicht ganz bedarfsgerecht versorgt wird und dadurch auch die Rohproteingehalte im Futter unter den Erwartungen bleiben. Untersuchungen aus Bayern (DIEPOLDER und RASCHBACHER 2013) zeigten, dass diese Hypothese dort nicht zutrifft, weil nur 2 % der analysierten Futterproben ein zu hohes Stickstoff-/Schwefel-Verhältnis (N/S) von mehr als 12:1 aufwiesen. Von den 32 % Futterproben mit Rohproteingehalten unter 150 g/kg TM könnten aus diesem Gesichtspunkt nur 6 % auf latenten Schwefelmangel zurückgeführt werden. Folglich wären zu geringe Rohproteingehalte in Bayern kaum durch Schwefelmangel erklärbar. In den Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland (BMLRT 2022) wird davon ausgegangen, dass bei bedarfsgerechter, ertragsbezogener Grünlanddüngung mit Wirtschaftsdüngern, kein Ergänzungsbedarf für Schwefel besteht.

Im LK-Heuprojekt 2022 wurden erstmals bundesweite Schwefelanalysen an Futterproben aus der Praxis durchgeführt. Der mittlere Schwefelgehalt betrug 1,81 g/kg TM und schwankte von 0,76 bis 3,29 g/kg TM. Schwefel ist ein Baustein der essentiellen Aminosäuren Cystein und Methionin. Die Regressionsanalyse in *Abbildung 3* zeigt, dass rund 50 % der Datenvarianz der Rohproteingehalte durch den Schwefelgehalt erklärt werden können. Mit steigenden Rohproteingehalten stiegen in der Tendenz auch die Schwefelgehalte im Heu an. Es ist jedenfalls auch ersichtlich, dass bei konstanten Rohproteingehalten die Schwefelgehalte um ca. 0,5 bis 1,5 g/kg TM schwankten.

Wenn man Heuproben als Grundlage für die Schwefelversorgung des Grünlandfutters hernimmt, dann würde in Österreich aufgrund des N/S-Verhältnisses bei 43 % eine latente und bei 8 % eine ertragswirksame Schwefelunterversorgung bestehen (*Abbildung 4*). Diese Interpretation verliert allerdings an Aussagekraft, wenn berücksichtigt

Abbildung 3: Beziehung zwischen Rohprotein- und Schwefelgehalt in Raufutterproben (LK-Heuprojekt 2022)

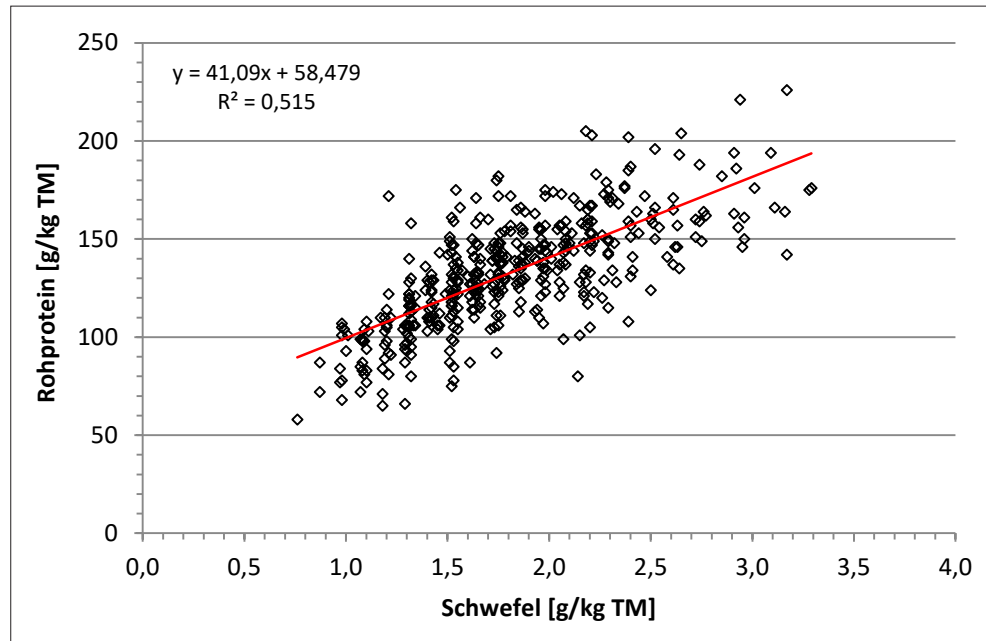
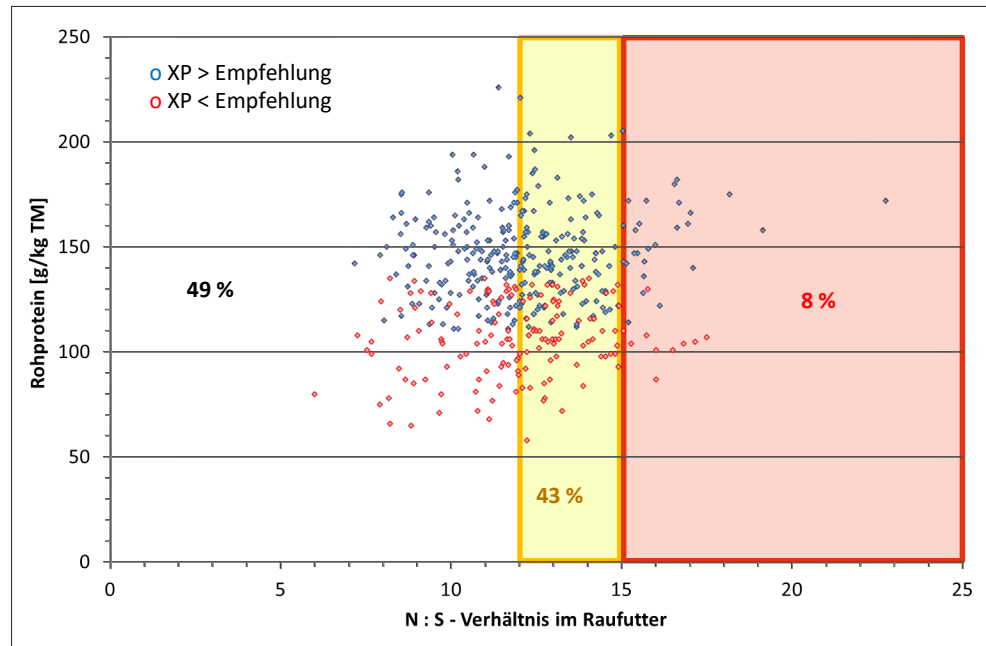


Abbildung 4: Rohprotein-gehalt und N/S-Verhältnis von Heuproben aus der Praxis (LK-Heuprojekt 2022)



wird, dass Proben mit möglichem S-Mangel dennoch höhere Rohproteingehalte als der Orientierungswert (OW) enthielten. In diesem Fall würden aufgrund des hohen N/S-Verhältnisses nur mehr 15 % einen latenten und 2 % einen ertragswirksamen S-Mangel aufweisen. Darüber hinaus besteht das Problem, dass 49 % der Proben mit niedrigem N/S-Verhältnis unterhalb 12:1 zwar als frei von S-Mangel interpretiert werden, allerdings geringere Rohproteingehalte als empfohlen aufweisen. Würde das N/S-Verhältnis in der Praxis Anwendung für eine S-Düngungsempfehlung am Grünland finden, dann wäre die Fehlerquote der Empfehlungen wahrscheinlich relativ hoch, daher muss diese Methode bei der S-Düngung von Grünlandflächen stark in Frage gestellt werden.

Da bei der Heuwerbung teils nicht unerhebliche Bröckelverluste entstehen (PÖLLINGER 2014), wäre es möglich, dass die Ergebnisse aus dem LK-Heuprojekt hinsichtlich N/S-Verhältnis gegenüber Grünfutter eine gewisse Verschiebung der Verhältnisse aufweisen. Eine Überprüfung der N/S-Verhältnisse von Grünfutterproben wäre sinnvoll, um die Erkenntnisse aus dem LK-Heuprojekt 2022 zu validieren. Im aktuellen DaFNE-Forschungsprojekt „SATGRASS“ (Projektleitung Dr. Schaumberger, HBLFA Raumberg-Gumpenstein) werden Grünfutterproben von mehr als 170 Grünlandflächen aus dem gesamten Bundesgebiet über die gesamte Vegetationsperiode 2021 bis 2023 gesammelt und auf den Rohprotein- und Schwefelgehalt sowie auf die Artengruppenzusammensetzung an Gräsern, Leguminosen und Kräutern untersucht.

Im Fragebogen 2022 wurde die Schwefeldüngung abgefragt. Insgesamt wurden zu 11,5 % der untersuchten Heupartien zusätzlich betriebsfremde schwefelhaltige Düngemittel verabreicht. Zwei Drittel der Schwefelanwender waren Biobetriebe, der Rest verteilte sich auf ÖPUL-Betriebe mit UBB oder Verzicht. Die Mengen an schwefelhaltigen Düngern pro Hektar schwankten sehr stark von 20 bis 3.000 kg/ha. Eine differenzierte Auswertung der Art der Schwefeldünger war nicht möglich, da nur wenige Teilnehmer Angaben dazu machten.

Die multifaktorielle Auswertung des Schwefelgehaltes von Heuproben mit einem linearen Modell (GLM) zeigte, dass die Covariaten Rohprotein- und NDF-Gehalt sowie die Schwefeldüngung und der Aufwuchs einen hoch signifikanten Einfluss ausübten ($P < 0,01$). Mit dem GLM konnten 61 % der Datenvarianz erklärt werden. Ausgehend von einem adjustierten S-Mittelwert von 1,95 g/kg TM bewirkte die Rohprotein-Zunahme um 10 g (Mittelwert 134 g XP/kg TM) eine Erhöhung des S-Gehaltes um 0,13 g/kg TM. Im Vergleich dazu war der hoch signifikante Effekt der NDF-Zunahme um 10 g (Mittelwert 474 g NDF/kg TM) nur bei + 0,017 g S/kg TM.

Unter konstantem Rohproteingehalt lag der erste Aufwuchs mit durchschnittlich 1,78 g S/kg TM signifikant tiefer im S-Gehalt als der 3. Aufwuchs mit 2,01 g S/kg TM. Die Bewertung des Aspektes der Schwefeldüngung zeigte eine hoch signifikante Wirkung

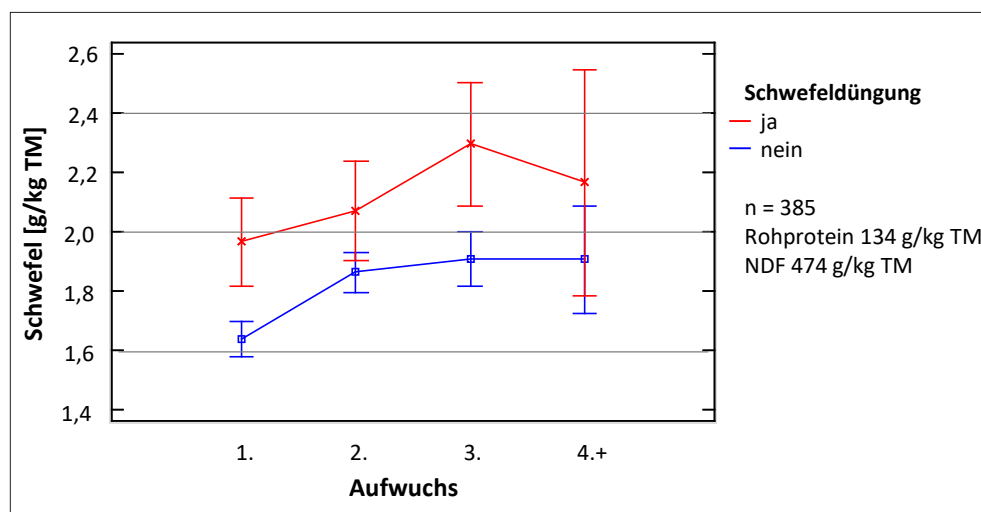


Abbildung 5: Einfluss der Schwefeldüngung auf den Schwefelgehalt im Heu in Abhängigkeit des Aufwuchses (LK-Heuprojekt 2022)

($P < 0,01$), nämlich, dass mit einer zusätzlichen Schwefelgabe der S-Gehalt im Heu gegenüber keiner S-Düngung um durchschnittlich $0,24 \text{ g S/kg TM}$ zunahm (Abbildung 5). Die Wechselwirkung zwischen Aufwuchs und Schwefeldüngung war nicht signifikant ($P = 0,412$), daher zeigen sich in *Abbildung 5* die verhältnismäßig homogenen Differenzen der S-Gehalte über den S-Düngungseffekt.

Eine GLM-Analyse des Rohproteingehaltes (XP) von Raufutter unter Integration des Faktors Schwefeldüngung brachte keine signifikante Verbesserung ($P = 0,769$) des XP-Gehaltes durch eine S-Düngung. Der Rohproteingehalt ohne S-Düngung betrug 141 g/kg TM und mit S-Düngung 145 g/kg TM , die Differenz ist statistisch gesehen zufällig.

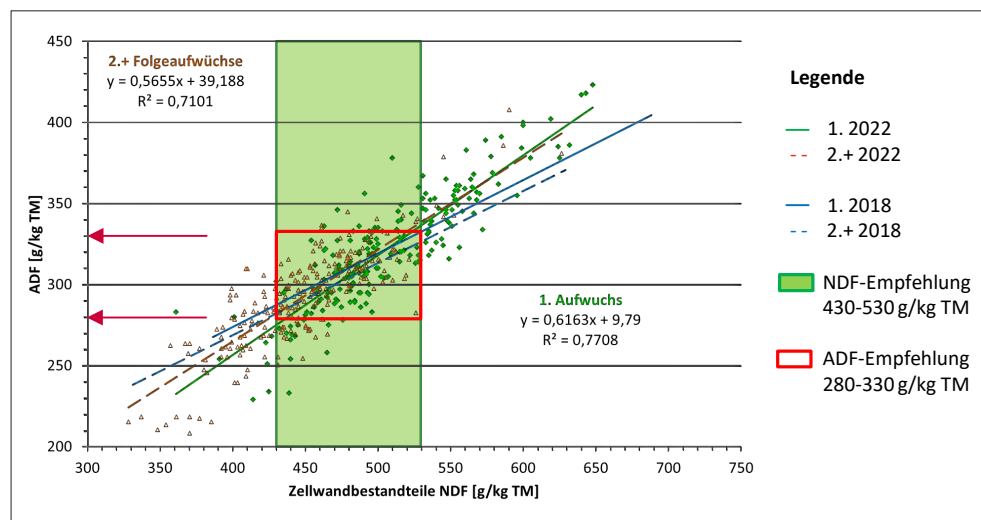
Zwei Drittel der Heuproben hatten einen Gesamtgehalt an Zellwandbestandteilen (NDF), der nach STÖGMÜLLER und RESCH (2017) im Orientierungsbereich für gute Heuqualität, also zwischen 430 und 530 g/kg TM lag (Abbildung 6). Rund 20% der untersuchten Proben wurden aus qualitativer Sicht zu spät geerntet. Zwischen Stängelanteil und ADF-Gehalt (Zellulose + Lignin) besteht eine positive Beziehung, d.h. höhere ADF-Werte weisen prinzipiell auf höhere Stängelanteile hin. Der 1. Aufwuchs und die Folgeaufwüchse unterschieden sich in der Beziehung NDF zu ADF nur geringfügig, das zeigen die linearen Trendlinien (Abbildung 6).

Aus Sicht einer günstigen Verdaulichkeit wären ADF-Gehalte unter 300 g/kg TM erstrebenswert. In der Praxis schafften das im Jahr 2022 43% , im Jahr 2018 waren es 33% der Probeneinsender. Günstigere ADF-Gehalte wiesen vor allem Heuproben aus Heubelüftungsanlagen auf. Bodenheu hatte bedingt durch höhere Bröckelverluste einen höheren Stängelanteil und damit auch höhere ADF-Gehalte. Neben der Wahl des optimalen Erntezeitpunktes (Ähren-/Rispschieben) sollten blattreichere Futterpflanzen gefördert und TM-Verluste durch Abbröckelung sowie durch schonende Ernte- bzw. Trocknungsverfahren auf weniger als 10% reduziert werden (RESCH 2022b).

Der Ligningehalt (ADL) steht nach DACCORD et al. (2001) mit dem Stängelanteil und den Futterpflanzenarten in Beziehung. Lignin ist unverdaulich, daher wirken sich schon 10 g mehr ADL entsprechend negativ auf die Verdaulichkeit der organischen Masse aus (RESCH und STÖGMÜLLER 2017). Erstrebenswert wären Ligningehalte mit weniger als 45 g/kg TM . Diese etwas strengere ADL-Zielvorgabe erreichten 56% der untersuchten Heuproben (Abbildung 7).

Ein ganz wesentlicher Aspekt der Futterqualität, der in der Praxis vielfach unterschätzt wird, betrifft die Futtermverschmutzung mit Erde. Die Selbsteinschätzung der teilnehmenden LandwirtInnen ergab, dass nur 43% überzeugt von einer sauberen Ernte waren, während 52% eine leichte, 4% eine mäßige und $0,5 \%$ eine starke Erdverschmutzung einstufen. Der Rohaschegehalt ist nach RESCH et al. (2014b) in diesem Bereich ein relativ ungenauer Parameter zur Einstufung des Verschmutzungsgrades. Im Boden

Abbildung 6: Beziehung NDF und ADF im Heu in Abhängigkeit der Aufwüchse (LK-Heuprojekte 2018 und 2022)



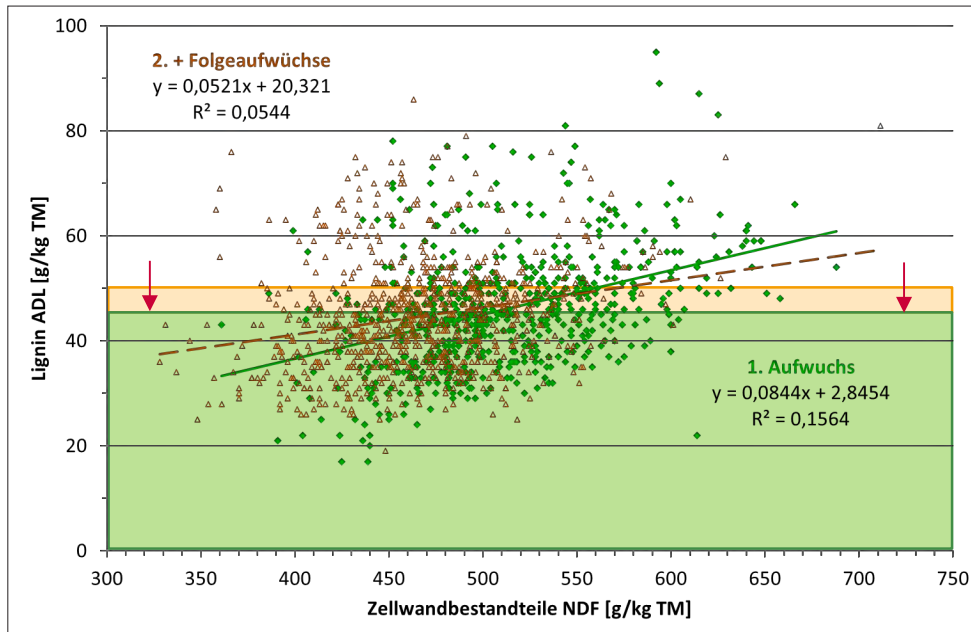


Abbildung 7: Beziehung NDF und Lignin (ADL) im Heu in Abhängigkeit der Aufwüchse (LK-Heuprojekte 2007 bis 2022)

ist meistens viel Eisen enthalten, sodass bei einer Futtermittelverschmutzung der Eisengehalt im Heu stark ansteigen kann.

Die Anwendung der Orientierungswerte für Rohasche (< 100 g/kg TM) bzw. Eisen (< 600 mg/kg TM) ergab, dass im Fall von Rohasche insgesamt 32 % der Proben wahrscheinlich eine Verschmutzung aufwiesen. Die Untersuchung der Diskrepanz in *Abbildung 8* zeigt, dass 11 % der Heuproben mit Rohaschegehalten unter 100 g/kg TM dennoch überhöhte Eisengehalte aufwiesen und somit eine falsch negative Einschätzung der Futtermittelverschmutzung vorliegen könnte. Andererseits konnten wir feststellen, dass 7 % der Heuproben mit Rohaschegehalten über 100 g/kg TM aufgrund geringer Eisengehalte (< 600 mg/kg TM) wahrscheinlich nicht verschmutzt, und somit falsch positiv eingestuft waren. Für die Praxisbewertung der Futtermittelverschmutzung mittels Rohaschegehalt besteht auf jeden Fall eine nicht unerhebliche Unsicherheit bei niedrigen XA-Gehalten.

In punkto Eisengehalt war die Beziehung zwischen Schnitthöhe bei der Mahd und der Art des eingesetzten Mähgerätes deutlich ausgeprägt. Im Fall einer Schnitthöhe unter

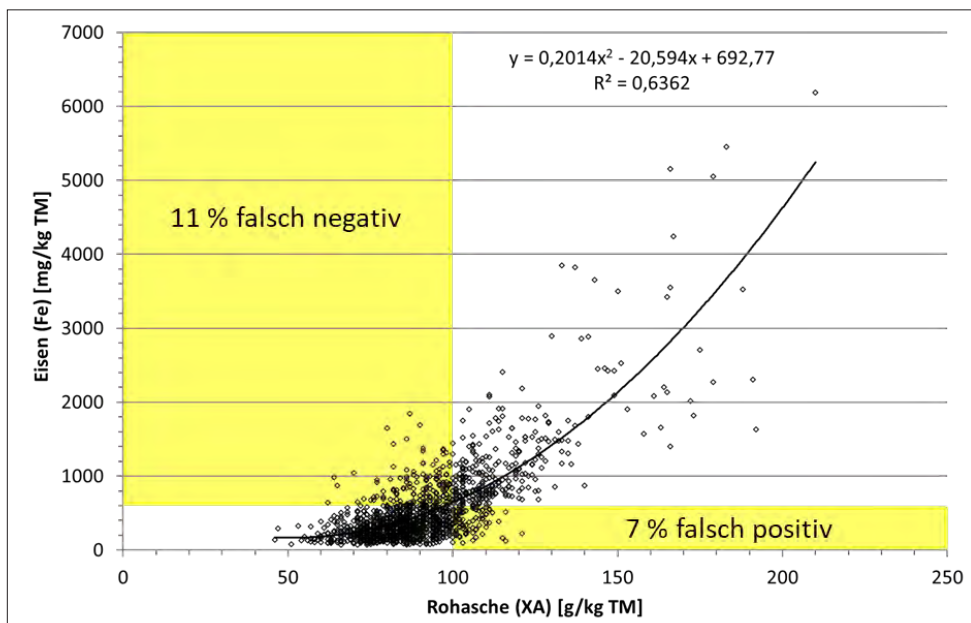


Abbildung 8: Beziehung zwischen Rohasche- und Eisengehalt im Heu aus Österreich (LK-Heuprojekt 2007 bis 2022)

5 cm waren 851 mg Eisen enthalten bzw. mit Schnitthöhe 5 bis 7 cm 592 mg und 515 mg Fe/kg TM bei einer Schnitthöhe über 7 cm. Mähwerke mit Mähaufbereiter wurden ab 2018 in ca. 25 % der Untersuchungen auf einer mittleren Seehöhe von 690 m, also in der Gunstlage, eingesetzt. Die durchschnittlichen Fe-Gehalte erreichten bei Mähaufbereitung 485 mg Fe/kg TM. Im Gegensatz dazu wurden Messerbalken-Mähwerke hauptsächlich in den hängigen Berglagen auf einer Seehöhe von ~1.100 m verwendet. Mit dieser Technik lagen die Fe-Gehalte im Durchschnitt deutlich höher bei 840 mg Fe/kg TM. In den Berglagen ist die verschmutzungsfreie Heuernte etwas schwieriger, d.h. hier wäre für die Betriebe Qualitätspotenzial vorhanden.

Die Selbsteinschätzung der Erdverschmutzung muss kritisch gesehen werden, weil bei sauberen Heupartien mit weniger als 500 mg Eisen/kg TM insgesamt 48 % der LandwirtInnen eine leichte und 2 % eine mäßige Verschmutzung einstufen. Bei Heuproben mit Fe-Gehalten von 500 bis 1.000 mg/kg TM, vermuteten 31 % keine Erde im Futter, obwohl die chemische Analyse eine leichte Verschmutzung anzeigte. Heu mit mehr als 1.000 mg Fe/kg TM gilt als mäßig bis stark verschmutzt. Hier traf die Selbsteinstufung nur bei 15 % der Proben zu, während 32 % eine verschmutzungsfreie Ernte anführten.

Die Auswertungen zu verschiedenen Mengen- und Spurenelementen beschränken sich in dieser Arbeit auf deskriptive Statistiken in *Tabelle 2*, sowie in den *Anhangtabellen 8 bis 10*. Einen umfangreicheren Überblick im Bereich der Mineralstoffe für das Grundfutter in Österreich bieten die Publikationen von RESCH et al. (2006), RESCH et al. (2009) bzw. RESCH (2011).

3.3 Management und Umwelt vs. Heuqualität

In der Heuproduktion Österreichs stammten 2022 insgesamt 97 % der Proben aus ÖPUL-Betrieben (*Tabelle 12*). An der ÖPUL-Maßnahme Silageverzicht nahmen 82 % teil, hier lag der Heuanteil in der Grundfutterration bei 94 %, während bei den übrigen Teilnehmern durchschnittlich 45 % Heuanteil gefüttert wurde. Im Jahr 2022 gingen nur 22 Heuproben aus Feldfutter ein, daher konnten in dieser Kategorie keine aussagekräftigen Auswertungen durchgeführt werden. Die mittlere Nutzungshäufigkeit auf den Flächen betrug, unabhängig von der Seehöhe, 3,9 Nutzungen/Jahr. Die mittlere Erntefläche lag bei 11,3 ha und reichte von 0,75 ha bis 40 ha. Im Durchschnitt wurden 17 m³ Rindergülle in der Verdünnung 1:0,5 bis 1:1 ausgebracht. Der Möscha-Verteiler wurde mit 42 % am häufigsten angewendet, knapp gefolgt vom Prallkopf mit 37 %. Die bodennahe Gülleausbringung wurde zu 13 % mit dem Schleppschuh und von 3 % mittels Schleppschlauch durchgeführt. Die Schlitztechnik (Injektion) fand bei keinem Betrieb Anwendung. Rund 7 % verwendeten sonstige Ausbringungstechniken.

Die Abfrage der Düngung zur eingesendeten Heupartie zeigte, dass 79 % der Flächen mit Gülle, 10 % mit Stallmist/-kompost, 1,7 % mit Jauche, ca. 1 % mit sonstigen Düngern und ~9 % vorher gar nicht gedüngt wurden. Hinsichtlich Wirtschaftsdüngerresten im Heu gaben 85 % der Teilnehmer an, dass keine Reste enthalten waren, 14 % sahen wenig und 1 % eine mäßige Verunreinigung des Heus mit Wirtschaftsdüngern.

Die Uhrzeit am Erntetag wurde von über 71 % der Einsender so gewählt, dass der Bestand bei der Mahd abgetrocknet war. Bei der Mähtechnik setzten 25 % einen Mähaufbereiter ein, gleich viel wie 2018. Die Empfehlung der Schnitthöheneinstellung (> 5 cm bei Grünland, > 7 cm bei Feldfutter) wurde den Angaben zufolge von 98 % der Praktiker eingehalten. Der Großteil der Futterpartien wurde zwei bis dreimal gezettet. Rund 86 % der teilnehmenden Betriebe verfügten über eine Heubelüftung, davon 71 % mit einer Luftanwärmung. Das am meisten verbreitete Belüftungssystem war 2022 die Boxenbelüftung mit einem Bodenrost. Der Rundballenanteil nahm insgesamt 16 % ein, dieser war 2018 mit 12 % etwas geringer. Von den Ballenheupartien wurden 50 % mit einer Warmbelüftung getrocknet und 42 % als Bodenheu ohne Belüftung erzeugt (*Tabelle 12*). Die Energie für die Luftanwärmung kam bei 40 % der Anlagen im Jahr 2022 ausschließlich über eine Dachabsaugung, die übrigen Anlagen wurden über einen Luftentfeuchter bzw.

Ofen (Holz, Öl) und sonstige Techniken (Abwärme etc.) unterstützt. Die durchschnittliche Trockenboxfläche betrug 116 m² und die mittlere Schütthöhe war 3,9 m. Bei 84 % der Heupartien blieb die effektive Belüftungsdauer, laut den Angaben der Landwirte, unter 72 Stunden, wobei ~ 50 % die Belüftung zeitweilig durch eine Intervalltrocknung unterbrochen. Rund 66 % der belüfteten Heupartien wurden im Jahr 2022 aus der Trocknungsbox auf ein Heulager umgeschichtet.

Der mittlere Rundballendurchmesser betrug 133 cm, jener von Belüftungsballen 150 cm. Die LandwirtInnen gaben an im Durchschnitt 36 Ballen gleichzeitig belüften zu können. Die Rundballen wurden nur zu 28 % locker gepresst, 20 % pressten fest. Bei Belüftungsballen wurden 43 % locker gepresst. Bis auf eine Ballenpartie wurden alle unter Dach gelagert, dabei 50 % auf Betonboden, 22 % auf Holzboden und 22 % auf Holzpaletten. Bei 6 % wurden zwischen den gestapelten Ballen zusätzlich Holzpaletten gegeben. Der Löwenanteil von 94 % der Ballen wurde am Lager stirnseitig aufgestellt.

3.3.1 Heumanagement vs. chemische Qualitätsparameter

Der Einfluss von relevanten Umwelt- und Managementfaktoren auf Parameter der Futterqualität konnte für Heuproben mit Hilfe der mehrfaktoriellen GLM-Analyse zu 18 bis 61 % (R²) erklärt werden (Tabelle 3).

Tabelle 3: Effekte von Einflussfaktoren auf ausgewählte Inhaltsstoffe, Mineralstoffe und Nettoenergie Laktation von Heu in Österreich (LK-Heuprojekte 2007 bis 2022)

| Parameter | XP | NDF | ADF | ADL | XZ | NEL | XA | Fe | Ca | P | S |
|---------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Mittelwert | 129,1 | 525,9 | 337,5 | 45,7 | 122,5 | 5,75 | 95,5 | 343 | 7,6 | 2,6 | 1,7 |
| Standardfehler | 6,0 | 16,0 | 10,7 | 2,6 | 7,8 | 0,12 | 6,8 | 115 | 0,55 | 0,17 | 0,16 |
| Kategorische Variablen | P-Werte | | | | | | | | | | |
| Jahr | 0,000 | 0,004 | 0,021 | 0,000 | 0,007 | 0,000 | 0,000 | 0,098 | 0,000 | 0,000 | |
| Bundesland | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,685 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,029 |
| Hangneigung | 0,077 | 0,599 | 0,218 | 0,486 | 0,326 | 0,415 | 0,920 | 0,065 | 0,319 | 0,559 | 0,328 |
| Regen | 0,864 | 0,876 | 0,544 | 0,231 | 0,857 | 0,581 | 0,080 | 0,091 | 0,217 | 0,916 | 0,392 |
| Managementfaktoren | | | | | | | | | | | |
| Wirtschaftsweise | 0,421 | 0,563 | 0,650 | 0,198 | 0,481 | 0,842 | 0,122 | 0,040 | 0,045 | 0,000 | 0,711 |
| HKT (Siloverzicht) | 0,446 | 0,517 | 0,560 | 0,347 | 0,119 | 0,083 | 0,416 | 0,042 | 0,029 | 0,423 | 0,119 |
| Bestandesfeuchte | 0,303 | 0,514 | 0,787 | 0,620 | 0,817 | 0,881 | 0,098 | 0,862 | 0,782 | 0,731 | 0,359 |
| Mähzeitpunkt | 0,373 | 0,160 | 0,041 | 0,002 | 0,001 | 0,041 | 0,295 | 0,738 | 0,434 | 0,020 | 0,835 |
| Mähgerät | 0,000 | 0,007 | 0,034 | 0,019 | 0,591 | 0,011 | 0,004 | 0,023 | 0,007 | 0,049 | 0,247 |
| Schnitthöhe | 0,891 | 0,785 | 0,482 | 0,707 | 0,381 | 0,468 | 0,780 | 0,679 | 0,820 | 0,262 | 0,665 |
| Zetthäufigkeit | 0,745 | 0,218 | 0,050 | 0,006 | 0,000 | 0,780 | 0,187 | 0,414 | 0,000 | 0,358 | 0,745 |
| Nachtschwad | 0,059 | 0,684 | 0,417 | 0,662 | 0,464 | 0,543 | 0,417 | 0,999 | 0,260 | 0,053 | 0,208 |
| Dauer der Feldphase | 0,523 | 0,426 | 0,248 | 0,231 | 0,218 | 0,011 | 0,729 | 0,734 | 0,265 | 0,054 | 0,041 |
| Erntegerät | 0,164 | 0,708 | 0,906 | 0,642 | 0,955 | 0,184 | 0,113 | 0,064 | 0,594 | 0,903 | 0,970 |
| Trocknungsverfahren | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,006 | 0,000 | 0,000 | 0,252 | 0,170 | 0,607 | 0,000 | 0,019 |
| Regressionsvariablen | | | | | | | | | | | |
| Seehöhe | 0,000 | 0,038 | 0,789 | 0,733 | 0,427 | 0,003 | 0,209 | 0,055 | 0,877 | 0,036 | 0,686 |
| Erntedatum | 0,000 | 0,287 | 0,026 | 0,016 | 0,001 | 0,000 | 0,051 | 0,161 | 0,000 | 0,000 | 0,099 |
| Rohaschegehalt | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,069 |
| Regressionsvariablen | Mittelwerte | | | | | | | | | | |
| Seehöhe [m über N.N.] | 870 | 835 | 835 | 835 | 845 | 871 | 870 | 838 | 878 | 878 | 798 |
| Erntedatum | 2.6. | 27.5. | 28.5. | 28.5. | 30.5. | 2.6. | 2.6. | 29.5. | 2.6. | 2.6. | 26.5. |
| Rohaschegehalt [g/kg TM] | 88 | 85 | 85 | 85 | 87 | 88 | | 85 | 88 | 88 | 86 |
| Regressionskoeffizienten | | | | | | | | | | | |
| Seehöhe (für 100 m) | 1,20 | -2,55 | -0,22 | -0,06 | -0,42 | 0,02 | 0,42 | -18,0 | 0,0 | 0,02 | 0,00 |
| Rohaschegehalt (für 1 g) | 0,18 | -1,28 | -0,72 | -0,08 | -0,54 | 0,00 | -0,05 | 23,30 | 0,03 | 0,01 | 0,00 |
| Statistische Kennzahlen | | | | | | | | | | | |
| R ² | 39,1 | 50,2 | 50,1 | 60,8 | 44,8 | 44,8 | 17,5 | 64,9 | 45,6 | 40,4 | 42,0 |
| Anzahl Proben | 949 | 354 | 354 | 354 | 716 | 941 | 948 | 639 | 885 | 885 | 155 |

P-Werte bei 95 % Konfidenzniveau: < 0,01 = hoch signifikant, < 0,05 signifikant

Die Umweltfaktoren Jahr und Bundesland wirkten sich grösstenteils hoch signifikant ($P < 0,01$) auf Inhalts- und Mineralstoffe aus, während die Seehöhe nur bei 4 von 11 Parametern einen signifikanten Effekt zeigte. Hangneigung und Regen hatten in allen abhängigen Variablen nur einen zufälligen Einfluss. BOESSINGER und PYTHON (2012) konnten ebenfalls einen signifikanten Jahreseffekt auf Inhaltsstoffe von belüftetem Dürrfutter in der Schweiz nachweisen.

In den Managementfaktoren zeichnete sich für die Variablen Bestandesfeuchte, Schnitthöhe, Nachtschwad und Erntegerät keine signifikante Wirkung ab. Die Wirtschaftsweise hatte einen Einfluss auf die Mineralstoffe Calcium, Phosphor und Eisen. Der Mähzeitpunkt wirkte signifikant auf Zucker, ADF sowie ADL und damit auch auf die Energiedichte

Tabelle 4: Qualitätsvergleich zwischen verschiedenen Heutrocknungsverfahren anhand von Mittelwerten in den einzelnen Aufwüchsen (LK-Heuprojekte 2010 bis 2022)

| Parameter | Einheit | Aufwuchs | Bodentrocknung (ohne Belüftung) | Kaltbelüftung | Solar (Dachabsaugung) | Luftentfeuchter/Wärmepumpe | Holzofen (Hack-schnitzel, Pellets) | Ölfeuerung | Sonstige |
|----------------------------|--------------------------|----------|---------------------------------|---------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------------|------------|----------|
| Anzahl Proben | | 1. | 325 | 482 | 406 | 162 | 100 | 73 | 42 |
| | | 2. | 299 | 331 | 306 | 114 | 73 | 46 | 21 |
| | | 3. | 62 | 96 | 176 | 78 | 47 | 13 | 14 |
| | | 4.+ | 25 | 42 | 73 | 37 | 8 | 14 | 8 |
| Rohprotein | g/kg TM | 1. | 96 | 106 | 117 | 121 | 116 | 127 | 114 |
| | | 2. | 127 | 131 | 137 | 136 | 133 | 140 | 139 |
| | | 3. | 152 | 153 | 156 | 156 | 150 | 152 | 157 |
| | | 4.+ | 123 | 133 | 168 | 171 | 168 | 176 | 135 |
| NDF | g/kg TM | 1. | 578 | 517 | 498 | 507 | 510 | 488 | 514 |
| | | 2. | 503 | 475 | 471 | 477 | 476 | 472 | 485 |
| | | 3. | 472 | 461 | 448 | 453 | 448 | 444 | 443 |
| | | 4.+ | 401 | 450 | 438 | 448 | 417 | 423 | 455 |
| Zucker | g/kg TM | 1. | 117 | 132 | 145 | 142 | 142 | 144 | 134 |
| | | 2. | 111 | 116 | 126 | 123 | 123 | 120 | 121 |
| | | 3. | 109 | 113 | 118 | 120 | 127 | 119 | 122 |
| | | 4.+ | 129 | 123 | 122 | 121 | 141 | 131 | 137 |
| NEL | MJ/kg TM | 1. | 5,34 | 5,58 | 5,83 | 5,83 | 5,75 | 5,91 | 5,73 |
| | | 2. | 5,43 | 5,52 | 5,63 | 5,61 | 5,51 | 5,61 | 5,58 |
| | | 3. | 5,66 | 5,67 | 5,76 | 5,77 | 5,77 | 5,63 | 5,80 |
| | | 4.+ | 5,49 | 5,67 | 5,85 | 5,87 | 5,95 | 5,92 | 5,73 |
| Rohasche | g/kg TM | 1. | 81 | 88 | 88 | 87 | 90 | 89 | 87 |
| | | 2. | 98 | 106 | 101 | 99 | 107 | 103 | 100 |
| | | 3. | 100 | 111 | 107 | 102 | 107 | 117 | 100 |
| | | 4.+ | 92 | 98 | 111 | 106 | 125 | 113 | 88 |
| Eisen | mg/kg TM | 1. | 529 | 589 | 569 | 537 | 515 | 539 | 532 |
| | | 2. | 653 | 644 | 611 | 609 | 818 | 569 | 671 |
| | | 3. | 596 | 741 | 580 | 565 | 611 | 527 | 298 |
| | | 4.+ | 696 | 894 | 905 | 661 | 875 | 544 | 637 |
| Phosphor | g/kg TM | 1. | 2,1 | 2,3 | 2,6 | 2,7 | 2,5 | 2,7 | 2,6 |
| | | 2. | 2,7 | 2,8 | 3,0 | 3,0 | 2,9 | 3,1 | 3,1 |
| | | 3. | 3,2 | 3,3 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,4 |
| | | 4.+ | 2,6 | 2,9 | 3,4 | 3,3 | 3,4 | 3,1 | 3,0 |
| Schimmelpilze Keimgruppe 5 | KBE ^{log} /g FM | 1. | 6,1 | 5,6 | 5,6 | 5,0 | 4,6 | 5,4 | 5,6 |
| | | 2. | 5,8 | 5,0 | 4,6 | 5,4 | 4,9 | 5,6 | 5,6 |
| | | 3. | 5,7 | 5,5 | 4,1 | 4,6 | 5,1 | 4,5 | 4,1 |
| | | 4.+ | | 5,8 | 4,6 | 4,5 | | 5,1 | 3,0 |

(NEL) im Heu. Die Zetthäufigkeit hatte einen ähnlichen Effekt wie der Mähzeitpunkt. Das Mähgerät hatte in den meisten Parametern eine starke Wirkung, insbesondere zeigten sich hier Differenzen zwischen Messerbalken und Mähaufbereitermäherwerk. Unter gleichgesetzten Bedingungen konnte das Erntegut mit Mähaufbereiter um 2,5 Stunden schneller eingefahren werden als jenes mit dem Messerbalken gemähte Futter. Das führte in der Folge zu etwas besserer Heuqualität beim Aufbereiterfutter in den Parametern Rohprotein, Gerüstsubstanzen und NEL (*Tabelle 11*).

3.3.2 Wirkung der Belüftungstrocknung auf die Heuqualität

In der statistischen Bewertung der Trocknungsverfahren brachten in qualitativer Hinsicht vor allem die Warmbelüftungssysteme signifikante Verbesserungen im Bereich Protein-, Gerüstsubstanzen-, Zucker- und Energiegehalte sowie beim Phosphorgehalt. Das Bodentrocknungsverfahren ohne Belüftung erwies sich insbesondere beim 1. Aufwuchs als das ungünstigste Konservierungsverfahren für Heu, weil hier gegenüber dem Warmbelüftungsheu der Erntezeitpunkt deutlich später erfolgte (*Tabelle 11*).

Nach WIRLEITNER et al. (2014) ist eine optimale Abstimmung der Belüftungstechnik (Lüfterleistung, Entfeuchter, etc.) auf die betrieblichen Anforderungen und die Einhaltung der Belüftungsregeln für eine energieeffiziente Trocknung essentiell.

Die effektive Belüftungsdauer war im 2. Aufwuchs (51,8 h) um durchschnittlich 2,4 Stunden kürzer als im 1. Aufwuchs (54,2 h) bzw. im 4. Aufwuchs (54,6 h). Die Belüftungsdauer wurde auch deutlich von der Futterstruktur beeinflusst. Stängelreicheres überständiges Heu mit sehr hohen NDF-Gehalten und wenig Rohprotein erforderte 36 h für die Trocknung, wogegen junges, blattreiches Heu mit geringeren NDF-Gehalten 60 h Trocknungszeit benötigte. Diese Tendenz wurde auch durch den Energiegehalt (NEL) bestätigt, mit zunehmender Energiedichte steigt die Trocknungsdauer. Optimal wäre Heu mit guten Proteingehalten und kurzer Belüftungsdauer. Schlecht ist Raufutter mit geringer Qualität und langer Belüftungsdauer, weil die Energieeffizienz sehr ungünstig wird und die Kosten je Qualitätseinheit steigen. Die Schütthöhe hatte in der Praxis nur einen zufälligen Effekt hinsichtlich Belüftungsdauer.

Eine differenzierte Untersuchung der Warmbelüftungssysteme ergab, dass im Mittel mit einer Dachabsaugung ~55,4 Stunden, mit Luftentfeuchtung 52,7 Stunden, mit Holzofen 51,5 Stunden und mit Ölofen 48,2 Stunden belüftet wurde. Heuballen wurden im Durchschnitt 39 Stunden lang belüftet.

3.4 Feld- und Lagerpilze in Heuproben

Im LK-Heuprojekt 2018 wurde mit der Untersuchung der Verpilzung von 600 Heuproben aus dem Heulager begonnen, um für eine breite Teilnehmerschaft eine neue Dimension der Bewertung von Heuqualität zu eröffnen. Mit der Fortführung der mikrobiologischen Analysen im LK-Heuprojekt 2022 können Art und Größenordnung der Verpilzung im Heu durch 456 Heuproben mit den vorhandenen Ergebnissen und Systemen validiert werden (*Tabelle 5*).

Im LK-Heuprojekt 2022 waren weder der verfügbare Wassergehalt im Erntegut, noch die Temperaturverhältnisse nach der Einlagerung bekannt, dennoch können die Keimzahlen und die nachgewiesenen Pilzarten einen gewissen Rückschluss auf die Verhältnisse der Heukonservierung geben. Bei geringeren Temperaturen und rasch schwindender Feuchtigkeit im Heulager werden tendenziell produkttypische Gattungen der Keimgruppe 4, also Hyphomyceten (*Acremonium*, *Cladosporien* u.a.) dominieren. Gelegentlich können auch toxinogene Pilze der Gattungen *Fusarium* und *Alternaria* auftreten. *Coelomyceten* sind nach WITTENBERG (1997) die wichtigste und häufigste Gattung der produkttypischen Feldflora.

Die Entwicklung von verderbanzeigenden Mikroorganismen der Lagerflora hängt primär vom Feuchtigkeitsgehalt des Heus im Zusammenwirken mit der Temperatur und der

Tabelle 5: Orientierungswerte des VDLUFA für produkttypische und verderbanzeigende Mikroorganismen in Grassilage und Raufutter, zusammengefasst zu Keimgruppen (KG) 1 bis 7 (VDLUFA 2012b)

| Keimgruppen (KG) | | Wichtige Indikatorkeime, u.a. | Orientierungswert Grassilagen | Orientierungswert Raufutter |
|------------------|------------------------------------|--|----------------------------------|-----------------------------|
| | Mesophile aerobe Bakterien | | Mio. KBE/g | Mio. KBE/g |
| KG 1 | Produkttypische Bakterien | Gelbkeime, Pseudomonas, Enterobacteriaceae | 0,2 | 30 |
| KG 2 | Verderbanzeigende Bakterien | Bacillus, Micrococcus | 0,2 | 2 |
| KG 3 | Verderbanzeigende Bakterien | Streptomyceten | 0,01 | 0,15 |
| | Schimmel- und Schwärzepilze | | Tsd. KBE/g | Tsd. KBE/g |
| KG 4 | Produkttypische Pilze | Schwärzepilze, Acremonium, Fusarium, Aureobasidium, Verticillium | 5 | 200 |
| KG 5 | Verderbanzeigende Pilze | Aspergillus, Penicillium, Scopulariopsis, Wallemia | 5 | 100 |
| KG 6 | Verderbanzeigende Pilze | Mucorales, Rhizopus | 5 | 5 |
| | Hefen | | Tsd. KBE/g | Tsd. KBE/g |
| KG 7 | Verderbanzeigende Hefen | alle Gattungen | 200 | 150 |

*KBE = kolonienbildende Einheiten je g Frischmasse (FM)

Effektivität der Belüftung ab (REISS 1986). Eine verderbanzeigende Lagerpilzflora wird in der Regel von einer geringeren Artenvielfalt gekennzeichnet. Sporenbildende Pilze wie *Wallemia sebi* bzw. *Aspergillus glaucus* oder *Mucorales* treten häufig bei Feuchtigkeiten von 20 bis 25 % und Temperaturen bis maximal 35 °C dominant in Erscheinung (ADLER et al. 2014).

Wir konnten im Jahr 2022 prinzipiell bestätigen, dass sich die Artenvielfalt wie 2018 bei zwei Drittel der untersuchten Proben auf drei bis vier Pilzarten beschränkte. Insgesamt kamen 13 Pilzspezies 2022 vor, während 2018 noch 16 Spezies auftraten. Die maximale Anzahl von Pilzarten je Probe betrug sieben verschiedene Spezies (Tabelle 6). Von der Feldflora waren am häufigsten *Coelomyceten*, *Fusarien*, *Cladosporien* sowie *Aureobasidien* dominant. In 80 % der Heuproben war eine Feldpilzart aus Keimgruppe 4 der dominierende Pilz. Trat eine Lagerpilzflora in Erscheinung, waren insbesondere *Aspergillus glaucus* und *Wallemia sebi* dominant, *Aspergillus fumigatus* und *Aspergillus niger* traten

Tabelle 6: Identifizierte Pilzarten der VDLUFA-Keimgruppen 4 bis 6 im Heu aus österreichischen Praxisbetrieben und deren Häufigkeit in der Dominanz des Auftretens (LK-Heuprojekt 2022)

| KG | Spezies | Anzahl an Proben und Dominanz (Stetigkeit) der Spezies | | | | | | |
|-------|------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | Rang 1 | Rang 2 | Rang 3 | Rang 4 | Rang 5 | Rang 6 | Rang 7 |
| 4 | <i>Coleomyceten</i> | 189 | 132 | 49 | 14 | 5 | 1 | 0 |
| 4 | <i>Cladosporien</i> | 66 | 53 | 102 | 43 | 15 | 1 | 0 |
| 4 | <i>Fusarien</i> | 62 | 149 | 111 | 33 | 5 | 0 | 0 |
| 4 | <i>Aureobasidium</i> | 14 | 20 | 45 | 56 | 17 | 0 | 0 |
| 4 | <i>Alternaria</i> | 0 | 1 | 1 | 13 | 5 | 1 | 0 |
| 4 | <i>Acremonium</i> | 0 | 0 | 1 | 10 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | <i>Aspergillus glaucus</i> | 56 | 38 | 44 | 45 | 9 | 0 | 0 |
| 5 | <i>Wallemia</i> | 48 | 16 | 17 | 10 | 15 | 7 | 1 |
| 5 | <i>Aspergillus fumigatus</i> | 0 | 12 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | <i>Aspergillus niger</i> | 1 | 0 | 7 | 8 | 4 | 1 | 0 |
| 5 | <i>Penicillien</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | <i>Mucor</i> | 1 | 6 | 4 | 6 | 8 | 2 | 0 |
| 6 | <i>Rhizopus</i> | 0 | 2 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Summe | | 437 | 429 | 391 | 242 | 84 | 13 | 1 |

weniger auffällig in Erscheinung. In ~25 % der Heuproben konnte ein sporenbildender Verderbanzeiger aus Keimgruppe 5 die Flora dominieren. *Mucorales* (Keimgruppe 6) kamen nur in einem Fall als dominanteste Art zur Geltung. Das liegt daran, dass diese Pilze auf den Nährböden schlechter anwachsen und die Keimzahlen wesentlich geringer sind als bei sporenbildenden Pilzen. Der Orientierungswert (OW) für *Mucorales* liegt deswegen bei 5.000 KBE/g FM, um diesem Umstand Rechnung zu tragen.

Zur Verpilzung von Heuproben aus dem Jahr 2022 kann gesagt werden, dass rund 94 % der vorliegenden Keimzahlen die VDLUFA-Orientierungswerte in den Keimgruppen (KG) 4, 5 und 6 um weniger als das 10-fache überschritten haben. Im Vergleich dazu lag das Beobachtungsjahr 2018 mit 91 % geringfügig schlechter (Abbildung 9). Eine mehr als 10-fache Überschreitung in KG 4, KG 5 oder KG 6 wird als Keimzahlstufe IV bewertet. Diese Qualitäten werden in der Futtermittel-Hygieneverordnung (EG VO 183/2005) als verdorben deklariert und sind somit von Rechts wegen nicht für den Verkauf zulässig. Von allen Heuproben 2022 waren insgesamt 63 % futterhygienisch einwandfrei, d.h. hier lag keine Überschreitung des Orientierungswertes in den drei Pilz-Keimgruppen 4, 5 und 6 vor.

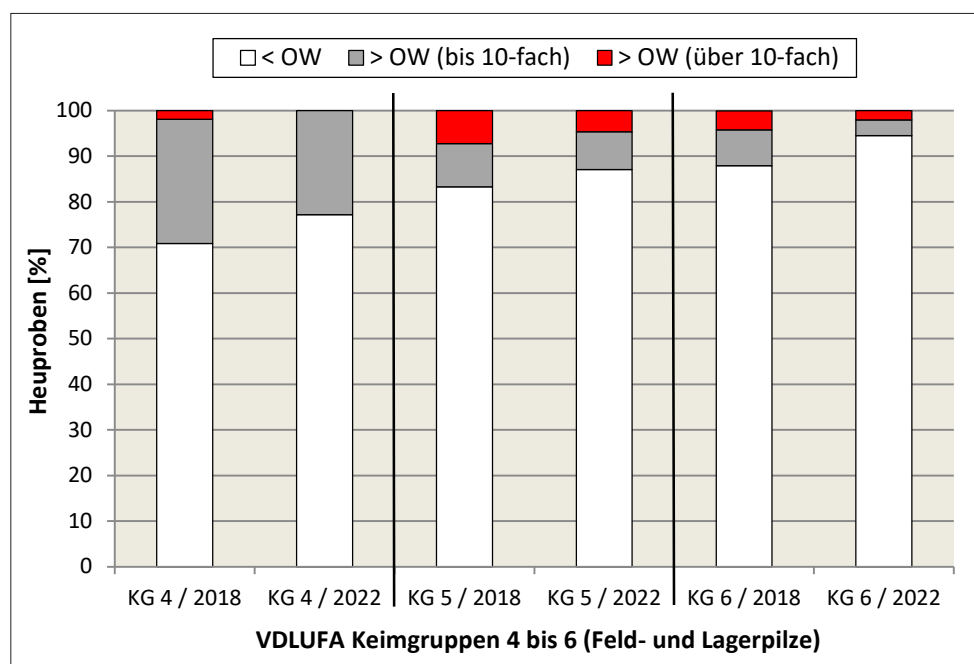


Abbildung 9: Pilz-Keimgruppen im Heu nach VDLUFA (2012b) und deren relative Häufigkeiten in Bezug auf Orientierungswerte (LK-Heuprojekte 2018 und 2022)

Tabelle 7: Keimzahlen und Standardabweichungen von Feld- und Lagerpilzen in Heuproben aus Österreich in Bezug auf die VDLUFA-Keimgruppen (LK-Heuprojekt 2022)

| VDLUFA-Orientierungswert (OW) | | < OW | | | > OW (bis 10-fach) | | | > OW (über 10-fach) | | |
|-------------------------------|-----------------|--------|-----------|----------|--------------------|-----------|----------|---------------------|-----------|----------|
| Zuordnung | Keimgruppe (KG) | Median | Std.abw. | % Proben | Median | Std.abw. | % Proben | Median | Std.abw. | % Proben |
| OW für KG 4 | 4 | 50.000 | 60.607 | 76,2 | 322.000 | 206.471 | 23,8 | - | - | - |
| | 5 | 2000 | 1.398.330 | | 0 | 1.793.950 | | - | - | |
| | 6 | 0 | 26.243 | | 0 | 47.147 | | - | - | |
| OW für KG 5 | 4 | 90.000 | 154.117 | | 100.750 | 250.889 | | 45.000 | 285.271 | |
| | 5 | 0 | 17.565 | 86,5 | 309.000 | 203.739 | 8,7 | 3.910.000 | 4.462.240 | 4,8 |
| | 6 | 0 | 5.164 | | 0 | 73.533 | | 0 | 109.961 | |
| OW für KG 6 | 4 | 90.000 | 174.559 | | 85.000 | 63.357 | | 200.000 | 188.945 | |
| | 5 | 0 | 1.521.550 | | 22.000 | 73.533 | | 442.000 | 1.626.510 | |
| | 6 | 0 | 225 | 94,3 | 8.000 | 3.883 | 3,7 | 99.000 | 155.252 | 2,0 |

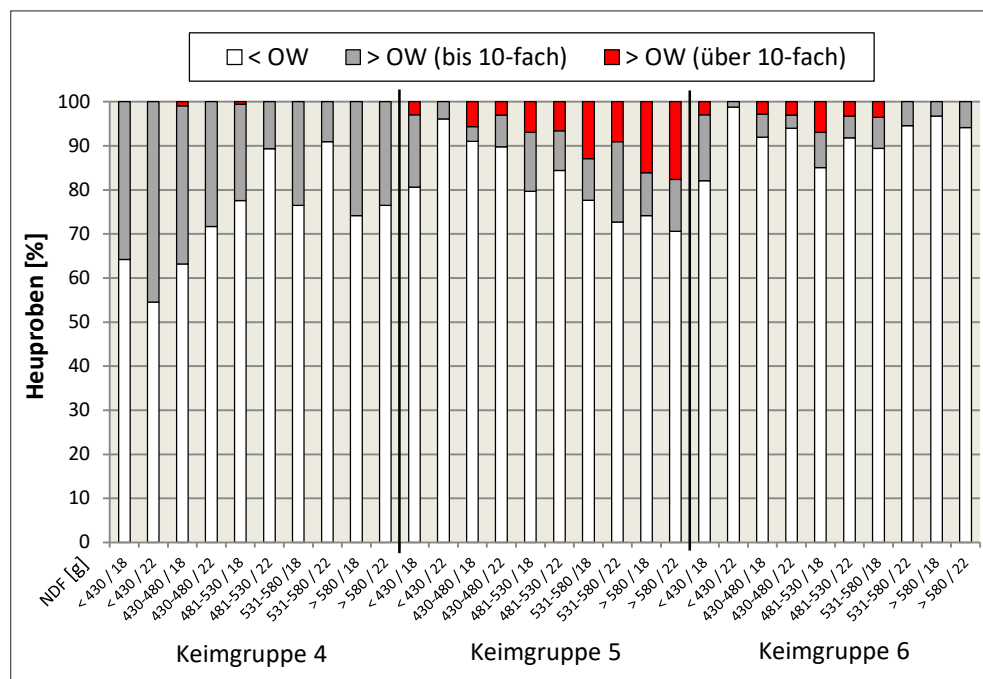
Die mittleren Keimzahlen der Feld- und Lagerpilzflora werden mit dem Median dargestellt, weil die teils extrem hohen Keimzahlen den arithmetischen Mittelwert verzerren würden. *Tabelle 7* bietet neben *Abbildung 9* einen allgemeinen Überblick zur mikrobiologischen Situation der Heuproben aus dem LK-Heuprojekt 2022 in Österreich innerhalb von Keimzahlstufen. Die aktuellen Keimzahlen bestätigen im Großen und Ganzen die Situation aus dem Projektjahr 2018 (RESCH und STÖGMÜLLER 2019). Mit dem Auftreten von Verderb durch Schimmelpilze der Keimgruppe 5 in der Keimzahlstufe 4 (Überschreitung OW > 10-fach bzw. > 1 Mio. KBE/g FM) konnte ähnlich wie 2018 eine deutliche Reduktion der Feldpilze beobachtet werden.

Nach GRUBER et al. (2018) kann eine Beziehung vom Erntezeitpunkt zu den Gerüstsubstanzen NDF, ADF und ADL gezogen werden. Der Anteil an verderbanzeigenden Pilzen mit sehr hohen Keimzahlen (KG 5 > 1 Mio. KBE/g FM) stieg tendenziell mit zunehmendem NDF-Gehalt (*Abbildung 10*). Der Eisengehalt (Fe) als guter Parameter zur Einstufung des Verschmutzungsgrades mit Erde (RESCH et al. 2013) zeigte in der Auswertung, dass dessen Zunahme tendenziell einen erhöhenden Effekt auf die Keimzahlen in den Keimgruppen 4 und 5 bewirkte (Anhang *Abbildung 14*). Nach RESCH et al. (2014a) konnte nachgewiesen werden, dass die OM-Verdaulichkeit negativ durch sporenbildende Schimmelpilze der Keimgruppe 5 beeinflusst wurde. Dahingehend wurden Futterbewertungssysteme bis dato kaum untersucht, aber es würde absolut Sinn ergeben, die Futterhygiene stärker in solche Bewertungssysteme zu integrieren. Inwieweit sich das Management auf die Futterhygiene auswirkt, wird im nachfolgenden Punkt beschrieben.

Nach STRAUß und SCHOCH (2003) kann fehlerhaftes Management, wie Schnittzeitpunkt, Mahd bei zu geringer Schnitthöhe, Pressdichte bei Ballen etc., zu einer Beeinträchtigung der mikrobiologischen Qualität des Erntegutes führen. In den folgenden Ausführungen werden Tendenzen bei einigen Umwelt- und Managementfaktoren in Verbindung mit der Feld- bzw. Lagerpilzflora beschrieben.

Mit zunehmender Seehöhe nahm der Anteil an Heuproben mit höheren Keimzahlen bei produkttypischen (KG 4) und bei verderbanzeigenden Pilzen (KG 5 und 6) leicht zu, wobei sich der Trend im Jahr 2018 etwas klarer abzeichnete als 2022 (Anhang *Abbildung 13*). Beim 1. Aufwuchs im Frühjahr konnten tendenziell höhere Keimzahlen in der Lagerflora (KG 5 und 6) bzw. niedrigere in der Feldflora (KG 4) beobachtet werden. Im Sommer veränderte sich diese Tendenz hin zu höheren Keimzahlen in KG 4 und geringeren Werten in

Abbildung 10: Einfluss des NDF-Gehaltes auf die Pilzflora-Keimgruppen bzw. die VDLUFA-Orientierungswerte (OW) von Heu (LK-Heuprojekte 2018 und 2022)



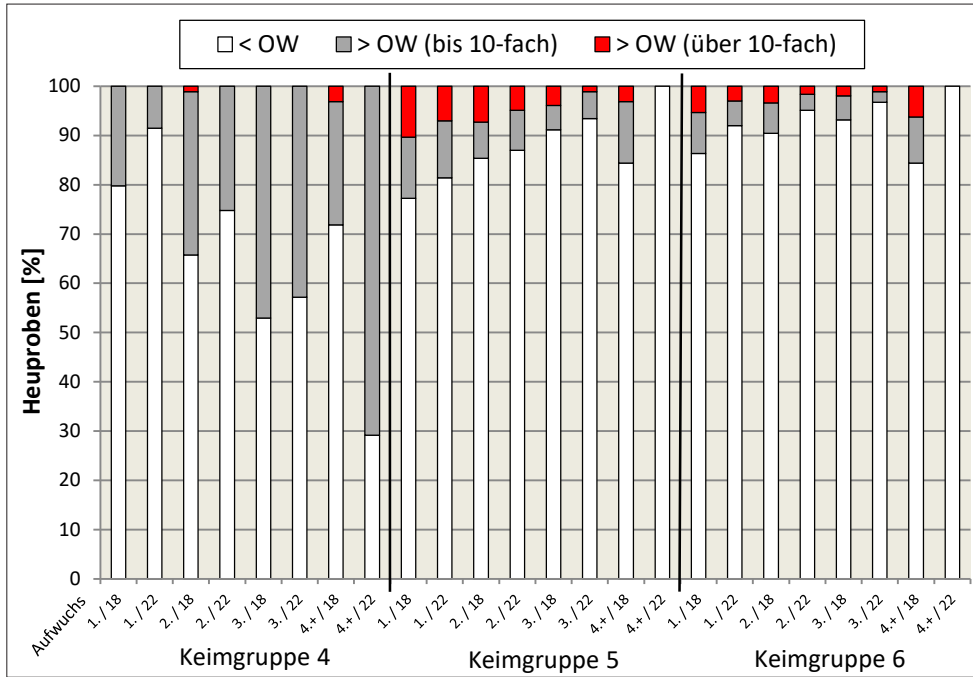


Abbildung 11: Einfluss des Aufwuchses auf die Pilzflora-Keimgruppen bzw. die VDLUFA-Orientierungswerte (OW) von Heu (LK-Heuprojekte 2018 und 2022)

der Lagerflora des 2. bzw. 3. Aufwuchses (Abbildung 11). Im Jahr 2022 verlief der Trend bis zum 4. + Folgeaufwüchse linear weiter.

In der multifaktoriellen GLM-Analyse der Heuproben 2022 hatten die Art des Wirtschaftsdüngers, die Gülleverdünnung und das Gülle-Ausbringungsverfahren (boden-nahe, Mösche, Prallkopf) keinen signifikanten Einfluss auf die Keimzahlen von Feld- und Lagerpilzen.

Das Trocknungsverfahren hatte in punkto Verpilzung auf die untersuchten Heuproben nur in Keimgruppe 5 einen tendenziellen Einfluss, der sich im Jahr 2022 bestätigte. Wir konnten feststellen, dass sich die Heubelüftungstrocknung gegenüber der Boden-trocknung ohne Belüftung in der Feldpilzflora (KG 4) und bei den *Mucorales* (KG 6) nicht

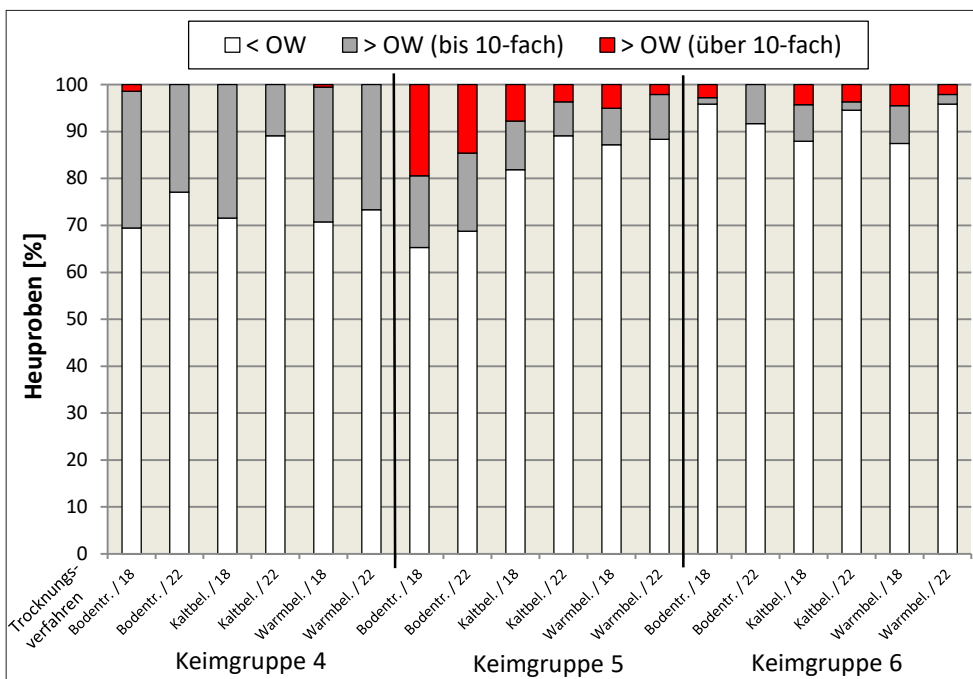


Abbildung 12: Einfluss des Trocknungsverfahrens auf die Pilzflora-Keimgruppen bzw. die VDLUFA-Orientierungswerte (OW) von Heu (LK-Heuprojekte 2018 und 2022)

unterschied. Allerdings zeigte sich bei den sporenbildenden Lagerpilzen (KG 5), dass bei Bodentrocknung ein deutlich höherer Probenanteil hohe bis sehr hohe Keimgehalte aufwies (Abbildung 12). Der Anteil von 15-20 % Bodenheuproben in Keimzahlstufe 4 zeigt, dass fast jede 5. Bodenheucharge nicht verkaufsfähig ist, weil diese als verdorben deklariert werden muss! Mit der Kaltbelüftung ging der Anteil hoher Keimgehalte schon deutlich zurück und mit Hilfe der Warmbelüftung konnten die Keimzahlen von KG 5 im Trend nochmal reduziert werden.

Die effektive Belüftungsdauer wurde im LK-Heuprojekt 2018 und 2022 abgefragt und auch hinsichtlich Auswirkung auf die Heuverpilzung ausgewertet. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass sich im Jahr 2018 in den VDLUFA-Keimgruppen 4 bis 6 mit zunehmender Belüftungsdauer die Anzahl der Proben mit höheren Keimzahlen erhöhten (Anhang Abbildung 15). Der Anteil an sporenbildenden Pilzen (KG 5 > 1 Mio. KBE/g FM; KG 6 > 50.000 KBE/g FM) stieg insbesondere deutlich ab einer Belüftungsdauer über 72 Stunden an. Im Jahr 2022 waren hinsichtlich Belüftungsdauer kaum Effekte auszumachen.

Bei der Heuernte wurden je nach Ausmaß der Trocknungsbox und der Futtermenge entsprechende Heustockhöhen erreicht. Im LK-Heuprojekt 2018, wie auch 2022, betrug die maximale Heustockhöhe neun Meter. Ein tendenzieller Einfluss der Stockhöhe auf die Verpilzung zeigte sich in der Form, dass mit Zunahme der Stockhöhe die Keimzahlen in den Keimgruppen 4 bis 6 im Jahr 2018 zunahm (Anhang Abbildung 16). Im Jahr 2022 war der Trend der Keimzahlzunahme bei höheren Heustöcken nicht so klar ersichtlich.

3.4.1 Auffälligkeiten bei stark verpilzten Heuproben

Aus den mikrobiologischen Auswertungen von ~1.056 Heuproben von Praxisbetrieben aus den Jahren 2018 und 2022 sind für die Landwirte, Beratung, Lehre und Forschung einige Tendenzen herausgearbeitet worden, welche das Bewusstsein hinsichtlich Futterhygiene verbessern können. Nachdem insbesondere Heupartien mit hohen Keimzahlen (> 10-fach über VDLUFA-Orientierungswert [OW]) an verderbanzeigenden Lagerpilzen der Keimgruppen 5 und 6 eine Belastung für Nutztier und Mensch darstellen können, werden nachstehend markante Auffälligkeiten derartiger Heuproben besprochen. Die hohen OW-Überschreitungen in Keimgruppe 5 bzw. 6 waren im Projektjahr 2022 deutlich geringer ausgeprägt als 2018. Für die nachstehenden Aussagen sind die Proben aus 2018 in der Mehrheit. Prinzipiell bestätigen die stark verpilzten Heuproben 2022 die Trends aus dem Jahr 2018.

Keimgruppe 4 (Feldpilze): > 10-fach über OW

Hohe Keimzahlen an Feldflora (KG 4 > 2 Mio. KBE/g FM) waren auch inkl. dem Jahr 2022 nur in 3 Fällen zu verzeichnen, d.h. extrem hohe Keimzahlen an Feldpilzen kommen in Heuproben selten vor. Zur tiergesundheitlichen Relevanz von sehr hohen Feldpilzkeimzahlen bei Futtervorlage für Rinder können an dieser Stelle keine Aussagen getroffen werden, weil dazu keine veröffentlichten Untersuchungen zur Verfügung stehen. Der erhöhte bzw. überhöhte Keimgehalt kann auch einer sehr kurzfristig nach der Ernte durchgeführten Analyse geschuldet sein. Da die Feldpilze mit zunehmender Lagerdauer absterben, reduziert sich somit der Keimgehalt.

Keimgruppe 5 und 6: > 10-fach über OW

Insgesamt 1,5 % der Fälle aus 2018 inkl. 2022 fielen in diese Kategorie. Im Durchschnitt waren in diesen Proben 73 % der Pilze Sporenbildner der KG 5 (*Aspergillus glaucus*, *Wallemia sebi*, *Aspergillus fumigatus*) bzw. 10 % der KG 6 (*Mucorales*). Die Feldflora (KG 4) nahm mit durchschnittlich 17 % nur einen kleinen Anteil an der Pilzkeimzahl ein. Diese Heuproben wurden im Schnitt auf größerer Seehöhe (960 m) produziert, sie stammen zu 50 % vom 1. Aufwuchs. Außerdem war ersichtlich, dass über 50 % dieser Proben erhöhte Eisengehalte aufwiesen und damit eine Futterverschmutzung mit Erde. Zwei Drittel der besagten Proben wurden mittels Warmbelüftung getrocknet, davon die meisten mit Dachabsaugung ohne zusätzliche Beheizung oder Entfeuchtung. Die durchschnittliche Belüftungsdauer betrug 67 Stunden.

Keimgruppe 5: > 10-fach über OW und Anteil *Wallemia sebi* > 50 %

In diese Kategorie fielen 6,2 % der Fälle. Zwei Drittel dieser Heupartien wurden über die Bodentrocknung ohne Belüftung konserviert. Die belüfteten Heuproben stammen hier größtenteils von Rundballen. Über 50 % der Proben enthielten überhöhte Eisengehalte und damit eine erdige Verschmutzung.

Keimgruppe 6: > 10-fach über OW

In dieser Kategorie waren 3,2 % der Fälle aus 2018 inkl. 2022 vertreten. Alle betroffenen Heuproben lagen außerdem mit den Keimzahlen in Keimgruppe 5 über dem Orientierungswert. Im Durchschnitt enthielten diese Proben 5 Pilzarten, also deutlich mehr als Proben unterhalb des OW. Auffällig war, dass 87 % dieser Heupartien aus Warmbelüftungen stammen und die geerntete Fläche mit durchschnittlich 14,3 ha verhältnismäßig groß war. Die mittlere Schütthöhe von 4,1 m und die effektive Belüftungsdauer mit 70 Stunden waren ebenfalls über dem durchschnittlichen Niveau. Der Anteil an Proben mit erdiger Verschmutzung (Fe > 500 mg/kg TM) war bei diesen Heuproben 70 %.

4. Fazit für die Praxis und Ausblick

In Österreich bewirkte die Intensivierung der Auseinandersetzung mit der Grundfutterqualität in der Praxis nach 20 Jahren LK-Grundfutterprojekten, dass die Silage- und Heukonservierung heute mit einem erhöhten Qualitätsbewusstsein und tendenziell steigender Professionalität durchgeführt wird. Beispielsweise verfügen 84 % der Heuprojektteilnehmer über eine Heubelüftungsanlage, 58 % mit Luftanwärmung. Dieser Umstand ermöglichte offensichtlich die Ausnutzung von kürzeren Sonnenfenstern und dadurch eine um durchschnittlich 11 Tage frühere Ernte als mit der traditionellen Bodentrocknung. Besseres Management wirkte sich gemeinsam mit einem früheren Schnitzeitpunkt auf die Heuqualität und in der Folge auf die tierischen Leistungen positiv aus. Die routinemäßigen Laboruntersuchungen entwickeln sich mit dem technischen Fortschritt weiter, dadurch stehen den LandwirtInnen heute deutlich mehr und detailliertere Parameter für Aufträge zur Auswahl. Beispielsweise kann Rohprotein als grober Maßstab für die gesamten N-Verbindungen im Futter bei Bedarf durch die Proteinfaktionen nach LICITRA et al. (1996) bzw. das Update zu Proteinfaktionen nach VAN AMBURGH et al. (2013) bzw. HIGGS et al. (2015) ergänzt werden. Die neuen GfE-Bedarfsnormen für Milchkühe stehen kurz vor Veröffentlichung und hier werden zukünftig detailliertere Parameter der Proteinqualität berücksichtigt werden (SÜDEKUM 2023). Die Aufgabe von zukünftigen LK-Grundfutterprojekten wird es auch sein auf neue Bewertungsverfahren, wie z.B. Proteinqualität, Rücksicht zu nehmen und entsprechende Schwerpunktuntersuchungen zu setzen. Praxisdaten zu „neuen“ Untersuchungsparametern ermöglichen relevante Auswertungen zur Qualitätsverbesserung, um in der Folge Beratung und Praxis auf Neuerungen besser und zielorientiert einstimmen zu können.

Die Gerüstsubstanzeanalyse zeigte bisher insbesondere im ADF- und Ligningehalt, dass viele Silage- und Heupartien aus Dauerwiesenfutter stängelreicher bzw. blattärmer waren und damit eine schlechtere Verdaulichkeit und Nettoenergie aufwiesen. Die Eisenuntersuchung verbesserte in Kombination mit der Rohascheanalyse die Bewertung des Verschmutzungsgrades deutlich und brachte hervor, dass die Erdverschmutzung bei 15 % ein Problem und bei weiteren 30 % der Silage- und Heuproben ein Thema ist, wo noch Qualitätspotential von den Landwirten zu holen wäre.

In der Bewertung der Futterhygiene fiel auf, dass 63 % der untersuchten Heuproben aus 2018 bzw. 2022 in die erste Qualitätsstufe (Keimzahlstufe I) fielen und damit einwandfrei waren. Speziell bei Heuproben mit folgenden Eigenschaften traten höhere Keimzahlen bei verderbanzeigenden Lagerpilzen auf: erster Aufwuchs, höhere Lagen, höhere Stängelanteile, Futtermittelverschmutzung, Bodentrocknung, höhere Schütthöhe am Heustock sowie Belüftungsdauer ab ca. 72 Stunden. Die mikrobiologische Befundung zeigte uns aber auch, dass Heupartien mit bester Qualität aus der chemischen Analyse dennoch

futterhygienisch als verdorben eingestuft werden mussten, weil die Keimzahlen an verderbanzeigenden Schimmelpilzen mehr als 10-fach über dem VDLUFA-Orientierungswert lagen. Hier waren auch Heuproben aus Warmbelüftungsanlagen betroffen, d.h. auch bei guter Belüftungstechnik können unter ungünstigen Bedingungen futterhygienische Probleme in einzelnen Heupartien auftreten.

Das LK-Heuprojekt 2022 zeigte uns, dass eine aussagekräftige Futterqualitätsbewertung von Grundfutterkonserven auf hohem Niveau idealerweise eine Kombination von chemischer und mikrobiologischer Laboranalyse sowie von einer organoleptischen, sensorischen Beurteilung beinhalten müsste, um gesicherte gesamtheitliche Aussage zum Futter- bzw. Fütterungswert treffen zu können.

5. Danksagung

Von 2007 bis 2022 wurden bisher sechs bundesweite LK-Heuprojekte in einer effizienten Zusammenarbeit von Heubauern, Beratungsdienst der Landwirtschaftskammern (LK-Fütterungsreferenten, Arbeitskreise Milchproduktion, Fütterungsberatung), Futtermittellabor Rosenau der LK Niederösterreich, Maschinenring Tirol, LKV, ARGE Heumilch Österreich und Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG) unter Koordination der HBLFA Raumberg-Gumpenstein erfolgreich durchgeführt, um die aktuelle Situation der Raufutterqualität in Österreich untersuchen zu können. Ein besonderer Dank ergeht an dieser Stelle dem Team des Futtermittellabors Rosenau, welches im Jahr 2022 für die Durchführung der Analytik von 456 Heuproben verantwortlich war und den großen Aufwand der mikrobiologischen Untersuchungen wieder großartig gestemmt hat. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind eine wichtige Grundlage und Orientierungshilfe für die gesamten Heumilchbauern, die Beratung und Lehre. Aus den erarbeiteten Erkenntnissen können Wege aufgezeigt werden, die eine Verbesserung der Heuqualität ermöglichen. Allen teilnehmenden LandwirtInnen und den Projektmitarbeitern sei an dieser Stelle für ihr Engagement herzlich gedankt.

6. Literatur

ADLER, A., 2002: Qualität von Futterkonserven und mikrobielle Kontamination. 8. Alpenländisches Expertenforum zum Thema Zeitgemäße Futterkonservierung, BAL Gumpenstein, 17-26.

ADLER, A., P. KIROJE, E.V. REITER und R. RESCH, 2014: Einfluss unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Futterhygiene von Raufutter. 19. Alpenländisches Expertenforum zum Thema „Futterkonservierung - Aktuelle Entwicklungen in der Silage- und Heuproduktion“, Gumpenstein, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 57-69.

BMLRT, 2021: Österreichische Eiweißstrategie. Abschlussbericht Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT), Wien 2021, 53 S.

BML, 2022: Grüner Bericht 2022 – Die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft (BML), Wien 2022, 308 S.

BMLRT, 2022: Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland, 8. Auflage 2022, Wien, 184 S.

BOESSINGER, M. und P. PYTHON, 2012: Faktoren mit Einfluss auf die Nähr- und Mineralstoffgehalte von belüftetem Dürrfutter. Agrarforschung Schweiz 3, 36-43.

DACCORD, R., Y. ARRIGO, B. JEANGROS, J. SCEHOVIC, F.X. SCHUBIGER und J. LEHMANN, 2001: Nährwert von Wiesenpflanzen: Gehalt an Zellwandbestandteilen. Agrarforschung Schweiz 8, 180-185.

DIEPOLDER, M. und S. RASCHBACHER, 2013: Genug Schwefel im Grünland? Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 5 S.

DLG, 1997: Futterwerttabellen für Wiederkäuer, 7. erweiterte und Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 212 S.

EG, 2005: Verordnung (EG) Nr. 183/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Januar 2005 mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene.

FRITZ, C., 2018: Ansatz zu einem ganzheitlichen Vergleich der Kosten und Erlöse von Bodenheu, Belüftungsheu und Grassilage. Bericht 45. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 75-90.

GfE, 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 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, 7. Auflage, LFZ Raumberg-Gumpenstein.

GRUBER, L., A. SCHAUER, J. HÄUSLER, A. ADELWÖHRER, M. URDL, K.-H. SÜDEKUM, F. WIELSCHER und R. JAGER, 2011: Einfluss des Vegetationsstadiums von Wiesenfutter auf Verdaulichkeit, Futteraufnahme und Milcherzeugung. Bericht 38. Viehwirtschaftliche Fachtagung zum Thema „Züchtung, Rindfleisch und Mutterkühe, Forschungsergebnisse LFZ, Fütterungstechnik“, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 43-66.

GRUBER, L., R. RESCH und G. STÖGMÜLLER, 2018: Den Wert des Grundfutters an den Gerüstsubstanzen erkennen. ÖAG-Info 1/2018, Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG), Irdning-Donnersbachtal, 12.

GUGGENBERGER, T., G. STÖGMÜLLER, L. GRUBER, S. GAPPMAIER und G. TERLER, 2022: Die Grundfutterqualität in Österreich von 1985 bis 2021 und ihre räumlichen Unterschiede in den Kleinproduktionsgebieten, 7-45. In: Abschlussbericht Forschungsprojekt Update Futterwert (DaFNE 101150), HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 98 S.

HIGGS, R., L. CHASE, D. ROSS und M. VAN AMBURGH, 2015: Updating the Cornell Net Carbohydrate and Protein System feed library and analyzing model sensitivity to feed inputs. J. Dairy Sci. 98, 6340-6360.

KASPERSSON, A., R. HLÖDVERSSON, U. PALMGREN und S. LINDGREN, 1984: Microbial and biochemical changes occurring during deterioration of hay and preservative effect of urea. Swedish J. Agric. Research 14, 127-132.

LICITRA, G., T.M. HERNANDEZ und P.J. VAN SOEST, 1996: Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Anim. Feed Sci. and Technol. 57, 347-358.

PÖLLINGER, A., 2014: Heutrocknungsverfahren im Vergleich. 1-10. In: Gruber, L., Pöllinger, A., Resch, R., Velik M., Adler, A. (2014): Abschlussbericht Heuprojekt Nr. 2371, Einfluss des Konservierungsverfahrens von Wiesenfutter auf Nährstoffverluste, Futterwert, Milchproduktion und Milchqualität. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 66 S.

REISS, J., 1986: Schimmelpilze – Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo, 230 S.

RESCH, R., 2011: Raufutterqualität auf österreichischen Betrieben, Abschlussbericht der wissenschaftlichen Tätigkeit „Praxisheu“, Nr. 3583 (DaFNE 100683), LFZ Raumberg-Gumpenstein, 56 S.

RESCH, R., 2014: Auswirkungen unterschiedlicher Trocknungsverfahren auf die Raufutterqualität. 19. Alpenländisches Expertenforum zum Thema „Futterkonservierung - Aktuelle Entwicklungen in der Silage- und Heuproduktion“, Bericht HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning, 45-53.

RESCH, R., 2022a: Grundfutterbilanz Österreich für das Wirtschaftsjahr 2021/2022. Zusammenstellung von Flächen-, Ertrags- und Qualitätsdaten zur Grundfuttersituation 2021 für die Statistik Austria, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal.

RESCH, R., 2022b: Vermeidung von Qualitäts- und Massenverlusten als Schlüssel zur Verbesserung von Silagen und Heu. Bericht 12. Fachtagung für Schafhaltung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 35-56.

RESCH, R., T. GUGGENBERGER, G. WIEDNER, A. KASAL, K. WURM, L. GRUBER, F. RINGDORFER und K. BUCHGRABER, 2006: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. Überarbeitete Neuauflage 10/2017, Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG), Irdning-Donnersbachtal, 20 S.

RESCH, R., K. BUCHGRABER, E.M. PÖTSCH, L. GRUBER, T. GUGGENBERGER, und G. WIEDNER, 2009: Mineralstoffe machen das Grund- und Kraftfutter wertvoll. Der fortschrittliche Landwirt 15, ÖAG-Sonderbeilage Info 8/2009, 59-66.

RESCH, R., G. WIEDNER, K. BUCHGRABER, J. KAUFMANN und E.M PÖTSCH, 2013: Bedeutung des Eisengehaltes als Indikator für die Futtermittelverschmutzung von Grünlandfüttermitteln. ALVA-Jahrestagung 2013 zum Thema „Pflanzenschutz als Beitrag zur Ernährungssicherung“, Klosterneuburg, LFZ für Wein- und Obstbau Klosterneuburg, Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen (ALVA), 23. und 24. Mai 2013, 86-88.

RESCH, R., A. ADLER und E.M. PÖTSCH, 2014a: Impact of different drying techniques on hay quality. 16th International Symposium Forage Conservation, Brno, Mendel University Brno, June 3-6, 2014, 27-38.

RESCH, R., P. FRANK, G. STÖGMÜLLER, F. TIEFENTHALLER, G. PERATONER, A. ADLER, J. GASTEINER und E.M. PÖTSCH, 2014b: Futtermittelverschmutzung mit Erde - Ursachen, Erkennung und Auswirkungen. Landwirt ÖAG-Sonderbeilage 5/2014, 1-16.

RESCH, R., G. PERATONER, G. ROMANO, H.-P. PIEPHO, A. SCHAUMBERGER, A. BODNER, K. BUCHGRABER und E.M. PÖTSCH, 2015: Der Pflanzenbestand als Basis hoher Futterqualität im Grünland. 20. Alpenländisches Expertenforum zum Thema Bedeutung und Funktionen des Pflanzenbestandes im Grünland, Irdning, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 61-75.

RESCH, R. und G. STÖGMÜLLER, 2017: Zellwandbestandteile im österreichischen Grundfutter. ALVA-Jahrestagung 2017 zum Thema „Zukunft Obstbau“, Waldkirchen am Wesen, Seminarhotel Wesenufer, Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen (ALVA), 22.-23. Mai 2017, 250-252.

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

STÖGMÜLLER, G. und R. RESCH, 2017: Durch Futteruntersuchungen Potentiale in der Fütterung nutzen. ÖAG-Info 5/2017, 16 S.

STRAUB, G. und M. SCHOCH, 2003: Veränderung der mikrobiologischen Heu- und Strohqualität in Rheinland-Pfalz. 115. VDLUFA-Kongress, Saarbrücken, Kurzfassungen der Referate, 152-153.

SÜDEKUM, K.-H., 2023: Aktuelle Entwicklungen in der Energie- und Proteinbewertung für Wiederkäuer. Bericht 50. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 115-121.

UNDI, M., K. WITTENBERG und N. HOLLIDAY, 1997: Occurrence of fungal species in stored alfalfa forage as influenced by moisture content at baling and temperature during storage. Canadian J. Anim. Sci. 77, 95-103.

VAN AMBURGH, M.E., A. FOSKOLOS, E. COLLAO-SAENZ, R. HIGGS und D.A. ROSS, 2013: Updating the CNCPS feed library with new feed amino acid profiles and efficiencies of use: Evaluation of model predictions, version 6.5. 75th Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, Syracuse, Cornell University, Ithaca NY, 59-76 S.

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

VDLUFA, 2012a: Methode 28.1.2 Futtermitteluntersuchung - Bestimmung der Keimgehalte an Bakterien, Hefen, Schimmel- und Schwärzepilzen. Methodenbuch III, 8. Ergänzung 2012a, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

VDLUFA, 2012b: Methode 28.1.4 Futtermitteluntersuchung - Verfahrensanweisung zur mikrobiologischen Qualitätsbeurteilung: Methodenbuch III, 8. Ergänzung 2012, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

WIRLEITNER, G., C. ASCHAUER, M. KITTL, K. NEUHOFER, F. NYDEGGER, A. PÖLLINGER, R. RESCH, S. JAKSCHITZ-WILD, J. OSTERTAG und S. THURNER, 2014: Empfehlungen für die Belüftungstrocknung von Heu. Landwirt ÖAG-Sonderbeilage Info 4/2014, 11.

WITTENBERG, K.M., 1997: Microbial and nutritive changes in forage during harvest and storage as hay. Proceedings XVIII International Grassland Congress, Canada 1997, 265-270 S.

7. Anhang

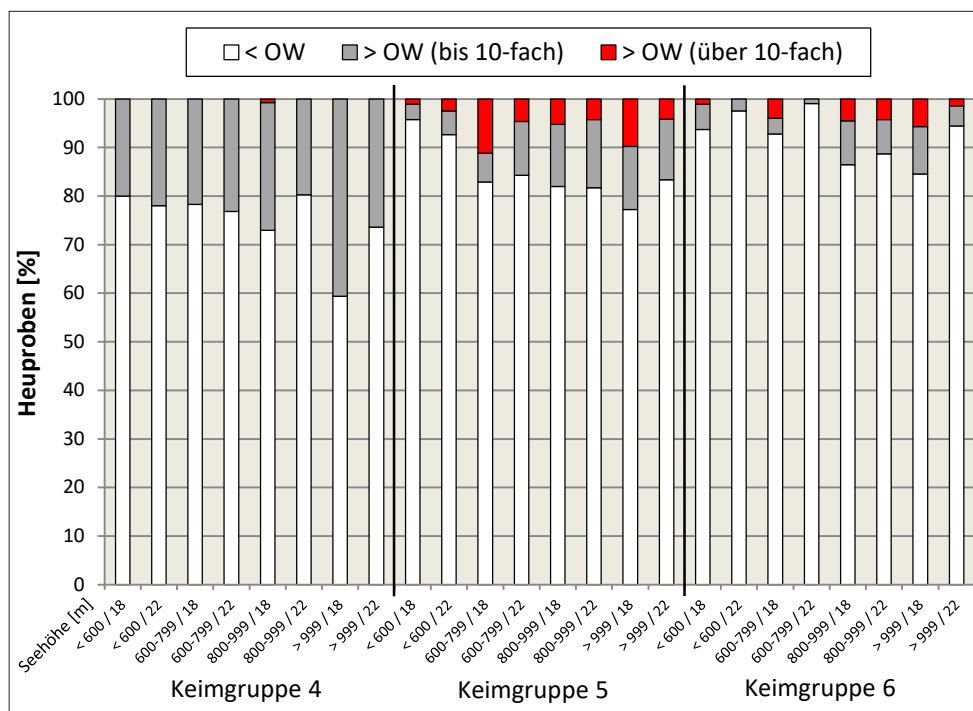


Abbildung 13: Einfluss der Seehöhe auf die Pilzflora-Keimgruppen bzw. die VDLUFA-Orientierungswerte (OW) von Heu (LK-Heuprojekte 2018 und 2022)

Abbildung 14: Einfluss des Eisengehaltes auf die Pilzflora-Keimgruppen bzw. die VDLUFA-Orientierungswerte (OW) von Heu (LK-Heuprojekte 2018 und 2022)

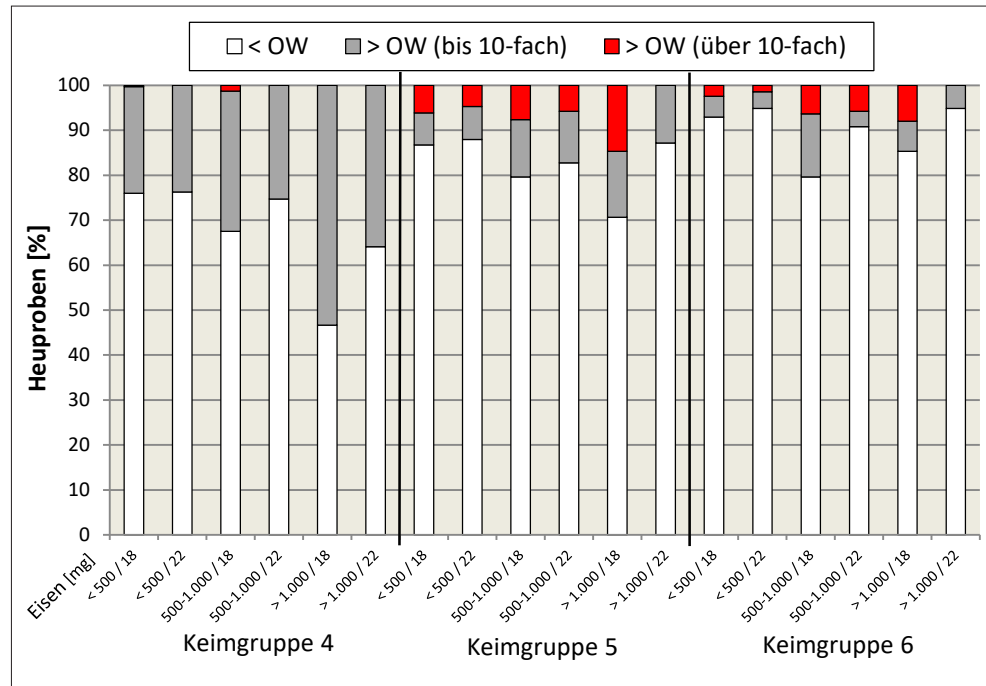
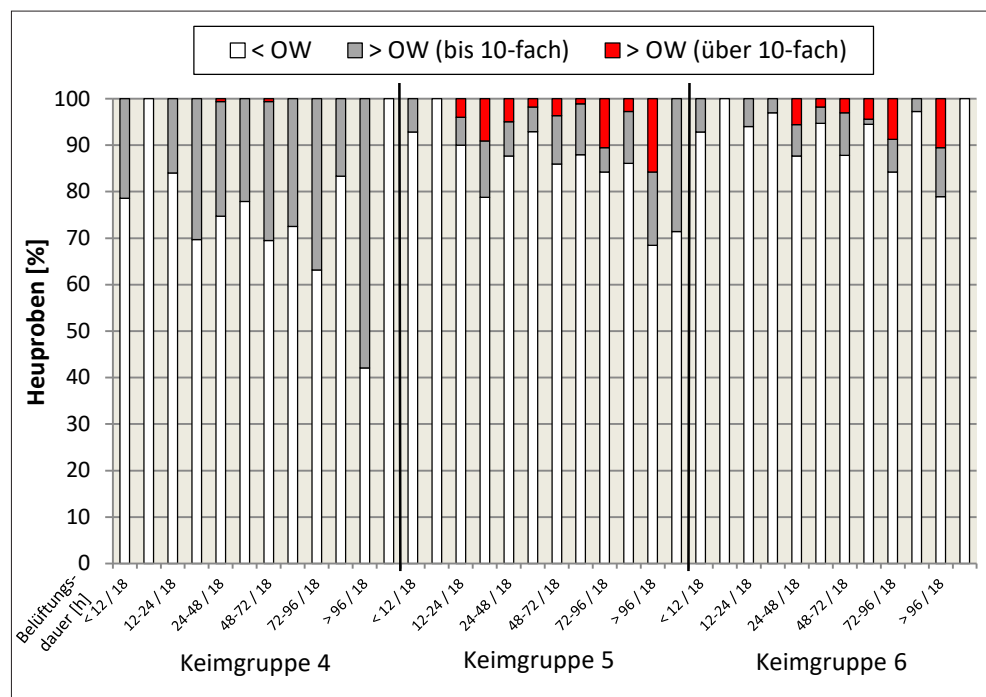


Abbildung 15: Einfluss der effektiven Belüftungsdauer in Stunden auf die Pilzflora-Keimgruppen bzw. die VDLUFA-Orientierungswerte (OW) von Heu (LK-Heuprojekte 2018 und 2022)



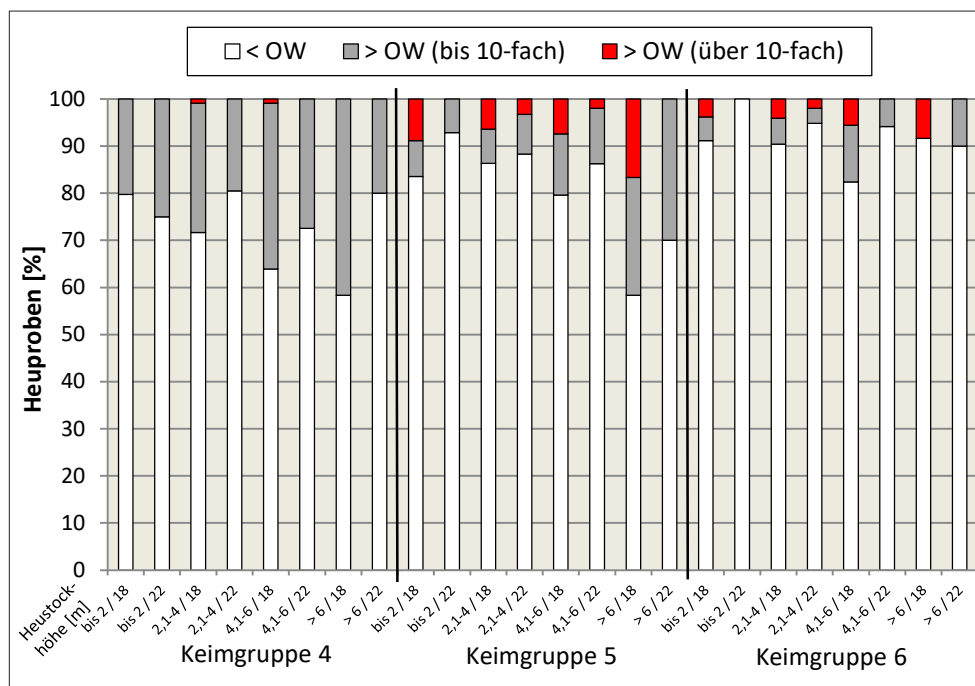


Abbildung 16: Einfluss der Höhe des Heustocks auf die Pilzflora-Keimgruppen bzw. die VDLFA-Orientierungswerte (OW) von Heu (LK-Heuprojekte 2018 und 2022)

Tabelle 8: Übersicht Silage- und Raufutterqualität 2. Aufwuchs Österreich (LK-Grundfutterprojekte 2003 bis 2022)

| Parameter | Einheit | Grassilagen | | | | | | Raufutter (Grummet) | | | | | | |
|-----------------------------|----------|-------------|------|------|------------|-----------|--------------|---------------------|-------|-------|------|------------|-----------|--------------|
| | | 2003-2009 | 2016 | 2020 | Mittelwert | Std.-abw. | Probenanzahl | 2012 | 2015 | 2018 | 2022 | Mittelwert | Std.-abw. | Probenanzahl |
| Trockenmasse (TM) | g/kg FM | 401 | 387 | 410 | 396,4 | 86,0 | 1.007 | 914 | 919 | 921 | 917 | 915,4 | 12,5 | 1.236 |
| Rohprotein (XP) | g/kg TM | 148 | 140 | 143 | 143,9 | 19,2 | 1.007 | 131 | 136 | 138 | 134 | 133,3 | 19,1 | 1.234 |
| Nutzbares Protein (nXP) | g/kg TM | 128 | 125 | 126 | 126,2 | 6,6 | 1.003 | 126 | 128 | 129 | 128 | 127,2 | 7,7 | 1.224 |
| Ruminale N-Bilanz (RNB) | g/kg TM | 3,2 | 2,5 | 2,8 | 2,8 | 2,4 | 1.003 | 0,7 | 1,4 | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 2,2 | 1.225 |
| Strukturkohlenhydrate (NDF) | g/kg TM | 526 | 498 | 472 | 488,6 | 44,7 | 453 | 456 | 485 | 478 | 465 | 479,0 | 46,6 | 493 |
| Zellulose und Lignin (ADF) | g/kg TM | 374 | 329 | 308 | 322,9 | 31,5 | 458 | 324 | 297 | 309 | 302 | 306,3 | 31,6 | 462 |
| Lignin (ADL) | g/kg TM | 63 | 51 | 43 | 48,2 | 10,1 | 454 | 62 | 48 | 47 | 37 | 45,5 | 10,2 | 462 |
| Zucker (XZ) | g/kg TM | 58 | 53 | 60 | 55,5 | 33,2 | 634 | 112 | 116 | 129 | 129 | 120,1 | 26,6 | 851 |
| Rohfaser (XF) | g/kg TM | 264 | 281 | 272 | 272,6 | 25,7 | 1.007 | 254 | 259 | 258 | 261 | 257,4 | 26,0 | 1.234 |
| Rohfett (XL) | g/kg TM | 30 | 30 | 31 | 30,0 | 3,4 | 1.007 | 32 | 30 | 31 | 34 | 31,8 | 3,7 | 1.202 |
| Rohasche (XA) | g/kg TM | 107 | 107 | 107 | 107,4 | 20,5 | 1.007 | 106 | 99 | 96 | 93 | 101,5 | 26,2 | 1.234 |
| OM-Verdaulichkeit (dOM) | % | 70,2 | 68,9 | 69,3 | 69,4 | 2,4 | 935 | 68,8 | 68,5 | 68,8 | 68,5 | 68,6 | 2,7 | 1.219 |
| Umsetzbare Energie (ME) | MJ/kg TM | 9,62 | 9,44 | 9,51 | 9,52 | 0,42 | 1.007 | 9,41 | 9,42 | 9,51 | 9,50 | 9,42 | 0,45 | 1.233 |
| Nettoenergie (NEL) | MJ/kg TM | 5,69 | 5,57 | 5,61 | 5,62 | 0,29 | 1.007 | 5,55 | 5,55 | 5,61 | 5,60 | 5,55 | 0,31 | 1.225 |
| Kalzium (Ca) | g/kg TM | 8,7 | 8,2 | 7,7 | 8,3 | 2,3 | 752 | 8,8 | 8,6 | 8,9 | 8,4 | 8,7 | 2,2 | 1.129 |
| Phosphor (P) | g/kg TM | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,3 | 0,5 | 752 | 2,9 | 2,7 | 2,8 | 3,1 | 2,9 | 0,7 | 1.129 |
| Magnesium (Mg) | g/kg TM | 2,7 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | 0,6 | 752 | 3,1 | 3,0 | 3,0 | 2,9 | 3,1 | 0,8 | 1.128 |
| Kalium (K) | g/kg TM | 29,0 | 27,4 | 28,2 | 28,4 | 4,6 | 752 | 22,5 | 23,5 | 23,9 | 25,5 | 23,4 | 5,3 | 1.128 |
| Natrium (Na) | g/kg TM | 0,47 | 0,44 | 0,56 | 0,5 | 0,3 | 752 | 0,38 | 0,28 | 0,31 | 0,37 | 0,34 | 0,29 | 1.128 |
| Eisen (Fe) | mg/kg TM | 885 | 839 | 869 | 865 | 817 | 302 | 812 | 683 | 583 | 496 | 603 | 651 | 397 |
| Mangan (Mn) | mg/kg TM | 92,6 | 83,9 | 94,2 | 91,5 | 43,7 | 302 | 97,7 | 115,2 | 102,3 | 98,4 | 101,7 | 50,7 | 397 |
| Zink (Zn) | mg/kg TM | 44,5 | 32,5 | 30,6 | 34,1 | 52,2 | 302 | 34,5 | 36,5 | 34,9 | 29,9 | 33,8 | 8,2 | 397 |
| Kupfer (Cu) | mg/kg TM | 8,1 | 8,5 | 9,0 | 8,7 | 3,2 | 302 | 7,4 | 8,7 | 7,9 | 8,0 | 8,0 | 1,4 | 397 |
| Schwefel (S) | g/kg TM | | | | | | | | | | 1,9 | 1,9 | 0,4 | 123 |

Tabelle 9: Übersicht Silage- und Raufutterqualität 3. Aufwuchs Österreich (LK-Grundfutterprojekte 2003 bis 2022)

| Parameter | Einheit | Grassilagen | | | | | | Raufutter (Grummet) | | | | | | |
|-----------------------------|----------|-------------|-------|------|--------------|-----------|--------------|---------------------|------|-------|------|--------------|-----------|--------------|
| | | 2003-2009 | 2016 | 2020 | Mittelwert | Std.-abw. | Probenanzahl | 2012 | 2015 | 2018 | 2022 | Mittelwert | Std.-abw. | Probenanzahl |
| Trockenmasse (TM) | g/kg FM | 386 | 387 | 406 | 391,4 | 85,4 | 426 | 915 | 918 | 923 | 916 | 916,4 | 10,8 | 533 |
| Rohprotein (XP) | g/kg TM | 160 | 154 | 153 | 155,3 | 20,4 | 426 | 152 | 161 | 156 | 155 | 155,1 | 19,1 | 533 |
| Nutzbares Protein (nXP) | g/kg TM | 131 | 128 | 128 | 128,8 | 6,6 | 425 | 134 | 136 | 134 | 135 | 134,3 | 7,0 | 533 |
| Ruminale N-Bilanz (RNB) | g/kg TM | 4,6 | 4,2 | 3,9 | 4,3 | 2,5 | 425 | 3,1 | 4,2 | 3,5 | 3,2 | 3,4 | 2,3 | 533 |
| Strukturkohlenhydrate (NDF) | g/kg TM | 492 | 468 | 458 | 463,6 | 44,0 | 201 | 436 | 473 | 466 | 436 | 455,0 | 40,2 | 309 |
| Zellulose und Lignin (ADF) | g/kg TM | 379 | 313 | 301 | 308,8 | 29,3 | 204 | 322 | 282 | 299 | 287 | 293,8 | 28,3 | 310 |
| Lignin (ADL) | g/kg TM | 64 | 51 | 42 | 46,8 | 9,4 | 203 | 63 | 43 | 45 | 37 | 44,0 | 10,3 | 308 |
| Zucker (XZ) | g/kg TM | 41 | 52 | 54 | 52,2 | 32,8 | 325 | 107 | 115 | 121 | 129 | 117,5 | 22,5 | 462 |
| Rohfaser (XF) | g/kg TM | 246 | 265 | 258 | 258,1 | 29,3 | 426 | 234 | 243 | 248 | 243 | 241,1 | 24,6 | 533 |
| Rohfett (XL) | g/kg TM | 30 | 29 | 31 | 29,7 | 2,9 | 426 | 34 | 33 | 33 | 36 | 33,8 | 3,4 | 532 |
| Rohasche (XA) | g/kg TM | 115 | 113 | 108 | 112,5 | 26,8 | 426 | 116 | 104 | 100 | 99 | 105,8 | 23,3 | 533 |
| OM-Verdaulichkeit (dOM) | % | 71,7 | 69,7 | 69,9 | 70,2 | 2,1 | 405 | 70,8 | 70,0 | 69,6 | 70,2 | 70,2 | 2,6 | 528 |
| Umsetzbare Energie (ME) | MJ/kg TM | 9,77 | 9,53 | 9,61 | 9,61 | 0,42 | 426 | 9,67 | 9,69 | 9,65 | 9,78 | 9,68 | 0,43 | 533 |
| Nettoenergie (NEL) | MJ/kg TM | 5,81 | 5,63 | 5,68 | 5,69 | 0,28 | 425 | 5,74 | 5,73 | 5,70 | 5,83 | 5,74 | 0,36 | 533 |
| Kalzium (Ca) | g/kg TM | 9,3 | 8,8 | 8,3 | 8,8 | 2,1 | 307 | 9,0 | 9,1 | 8,8 | 9,1 | 8,9 | 1,9 | 483 |
| Phosphor (P) | g/kg TM | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 0,6 | 307 | 3,3 | 3,2 | 3,1 | 3,3 | 3,2 | 0,6 | 483 |
| Magnesium (Mg) | g/kg TM | 3,1 | 2,9 | 2,9 | 3,0 | 0,7 | 307 | 3,1 | 3,2 | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 0,7 | 483 |
| Kalium (K) | g/kg TM | 29,1 | 28,1 | 28,7 | 28,6 | 5,0 | 307 | 24,7 | 25,2 | 25,8 | 26,3 | 25,4 | 5,1 | 483 |
| Natrium (Na) | g/kg TM | 0,55 | 0,48 | 0,47 | 0,5 | 0,3 | 307 | 0,42 | 0,47 | 0,36 | 0,41 | 0,40 | 0,36 | 483 |
| Eisen (Fe) | mg/kg TM | 551 | 1.125 | 863 | 883 | 755 | 140 | 790 | 722 | 628 | 515 | 606 | 496 | 243 |
| Mangan (Mn) | mg/kg TM | 66,0 | 102,1 | 96,2 | 94,5 | 41,2 | 140 | 97,6 | 89,0 | 101,5 | 97,0 | 97,6 | 42,7 | 243 |
| Zink (Zn) | mg/kg TM | 32,0 | 46,2 | 31,6 | 34,4 | 27,1 | 140 | 34,3 | 37,9 | 35,5 | 32,6 | 34,6 | 6,3 | 243 |
| Kupfer (Cu) | mg/kg TM | 8,7 | 9,5 | 9,5 | 9,4 | 1,4 | 140 | 7,3 | 10,0 | 8,8 | 9,2 | 9,0 | 1,4 | 243 |
| Schwefel (S) | g/kg TM | | | | | | | | | | 2,2 | 2,2 | 0,4 | 94 |

Tabelle 10: Übersicht Silage- und Raufutterqualität 4. und Folgeaufwüchse Österreich (LK-Grundfutterprojekte 2003 bis 2022)

| Parameter | Einheit | Grassilagen | | | | | | Raufutter (Grummet) | | | | | | |
|-----------------------------|----------|-------------|------|------|--------------|-----------|--------------|---------------------|------|-------|------|--------------|-----------|--------------|
| | | 2003-2009 | 2016 | 2020 | Mittelwert | Std.-abw. | Probenanzahl | 2012 | 2015 | 2018 | 2022 | Mittelwert | Std.-abw. | Probenanzahl |
| Trockenmasse (TM) | g/kg FM | 383 | 368 | 385 | 380,6 | 67,5 | 553 | 918 | 917 | 922 | 913 | 915,4 | 12,2 | 203 |
| Rohprotein (XP) | g/kg TM | 156 | 170 | 154 | 158,7 | 19,6 | 553 | 159 | 175 | 181 | 178 | 152,5 | 34,8 | 203 |
| Nutzbares Protein (nXP) | g/kg TM | 132 | 132 | 132 | 131,8 | 5,8 | 550 | 135 | 141 | 141 | 142 | 134,1 | 11,4 | 203 |
| Ruminale N-Bilanz (RNB) | g/kg TM | 4,0 | 6,1 | 3,6 | 4,3 | 2,6 | 550 | 3,8 | 5,5 | 6,4 | 5,8 | 2,9 | 3,9 | 203 |
| Strukturkohlenhydrate (NDF) | g/kg TM | 504 | 432 | 444 | 441,9 | 46,0 | 214 | 398 | 460 | 446 | 417 | 440,9 | 47,5 | 82 |
| Zellulose und Lignin (ADF) | g/kg TM | 364 | 283 | 288 | 289,2 | 31,7 | 217 | 290 | 260 | 279 | 269 | 274,1 | 34,9 | 84 |
| Lignin (ADL) | g/kg TM | 63 | 43 | 39 | 40,4 | 8,7 | 215 | 59 | 40 | 41 | 33 | 40,6 | 9,9 | 82 |
| Zucker (XZ) | g/kg TM | 46 | 42 | 54 | 48,7 | 33,1 | 306 | 111 | 134 | 128 | 123 | 124,8 | 23,4 | 133 |
| Rohfaser (XF) | g/kg TM | 258 | 245 | 247 | 252,3 | 30,8 | 553 | 230 | 230 | 232 | 226 | 242,0 | 33,1 | 203 |
| Rohfett (XL) | g/kg TM | 30 | 30 | 32 | 30,8 | 2,9 | 553 | 34 | 34 | 33 | 36 | 32,5 | 4,0 | 203 |
| Rohasche (XA) | g/kg TM | 109 | 120 | 108 | 110,8 | 23,5 | 553 | 123 | 107 | 107 | 108 | 106,8 | 32,6 | 203 |
| OM-Verdaulichkeit (dOM) | % | 71,6 | 71,3 | 71,8 | 71,6 | 2,1 | 480 | 71,1 | 71,6 | 71,1 | 71,9 | 70,4 | 2,9 | 200 |
| Umsetzbare Energie (ME) | MJ/kg TM | 9,83 | 9,73 | 9,91 | 9,83 | 0,40 | 553 | 9,64 | 9,92 | 9,85 | 9,97 | 9,69 | 0,51 | 203 |
| Nettoenergie (NEL) | MJ/kg TM | 5,85 | 5,78 | 5,90 | 5,85 | 0,27 | 553 | 5,72 | 5,90 | 5,85 | 5,93 | 5,75 | 0,35 | 203 |
| Kalzium (Ca) | g/kg TM | 8,4 | 8,7 | 7,9 | 8,3 | 2,0 | 490 | 7,9 | 8,4 | 7,9 | 8,9 | 7,9 | 1,8 | 186 |
| Phosphor (P) | g/kg TM | 3,3 | 3,6 | 3,5 | 3,4 | 0,5 | 490 | 3,2 | 3,5 | 3,5 | 3,7 | 3,1 | 0,8 | 186 |
| Magnesium (Mg) | g/kg TM | 2,7 | 3,0 | 2,7 | 2,7 | 0,8 | 490 | 2,8 | 2,9 | 2,9 | 3,2 | 2,9 | 0,7 | 186 |
| Kalium (K) | g/kg TM | 30,2 | 28,8 | 28,0 | 29,3 | 4,6 | 490 | 25,9 | 27,3 | 27,8 | 27,8 | 25,0 | 5,4 | 186 |
| Natrium (Na) | g/kg TM | 0,55 | 0,62 | 0,62 | 0,6 | 0,3 | 490 | 0,48 | 1,02 | 0,49 | 0,57 | 0,50 | 0,68 | 186 |
| Eisen (Fe) | mg/kg TM | 904 | 1417 | 924 | 966 | 812 | 195 | 1103 | 433 | 808 | 714 | 806 | 767 | 77 |
| Mangan (Mn) | mg/kg TM | 76,1 | 90,7 | 90,9 | 88,5 | 35,7 | 195 | 104,2 | 80,5 | 104,6 | 82,5 | 99,7 | 41,7 | 77 |
| Zink (Zn) | mg/kg TM | 49,9 | 33,7 | 30,1 | 33,5 | 33,9 | 195 | 32,4 | 39,6 | 35,8 | 34,5 | 35,7 | 6,4 | 77 |
| Kupfer (Cu) | mg/kg TM | 8,3 | 10,3 | 9,1 | 9,1 | 1,7 | 195 | 7,4 | 10,7 | 9,5 | 10,2 | 9,3 | 1,6 | 77 |
| Schwefel (S) | g/kg TM | | | | | | | | | | 2,4 | 2,4 | 0,5 | 19 |

Tabelle 11: Adjustierte Mittelwerte von Inhalts- und Mineralstoffen, NEL und Pilzkeimzahlen von Heuproben aus dem 1. Aufwuchs (LK-Heuprojekt 2022, GLM-Analyse)

| Faktoren | Gruppen | XP | NDF | ADF | ADL | XZ | NEL | XA | Fe | Ca | P | S | KG4 | KG5 | KG6 |
|------------------|------------------------------|----------|----------|----------|---------|----------|------------|---------|-----------|----------|----------|----------|---|-----|-----|
| | Einheit/kg TM Mittelwerte | g 129 | g 526 | g 337 | g 46 | g 123 | MJ 5,73 | g 92 | mg 343 | g 7,6 | g 2,6 | g 1,7 | KBE ^{log} /g FM 4,7 1,1 1,2 | | |
| Jahr | 2007 bis 2010 | 125 | | | | | 5,73 | 95 | 455 | 7,0 | 2,7 | | | | |
| | 2012 | 129 | | | | 128 | 6,01 | 94 | 322 | 8,0 | 2,6 | | | | |
| | 2015 | 126 | | | | 118 | 5,46 | 94 | 365 | 6,8 | 2,5 | | | | |
| | 2018 | 134 | 532 | 341 | 51 | 122 | 5,76 | 88 | 256 | 8,3 | 2,5 | | 4,7 | 1,1 | 1,3 |
| | 2022 | 131 | 519 | 334 | 41 | 123 | 5,71 | 92 | 315 | 7,7 | 2,8 | 1,7 | 4,6 | 1,1 | 1,0 |
| Bundesland | Kärnten | 125 | 543 | 349 | 47 | 113 | 5,61 | 82 | 517 | 6,7 | 2,7 | 1,6 | 5,0 | 2,0 | 1,2 |
| | Oberösterreich | 131 | 537 | 342 | 45 | 120 | 5,69 | 87 | 187 | 6,9 | 3,1 | 1,9 | 4,7 | 1,3 | 0,8 |
| | Niederösterreich | 127 | 515 | 340 | 48 | 105 | 5,68 | 110 | 156 | 9,7 | 2,1 | 1,4 | 5,1 | | 0,9 |
| | Salzburg | 127 | 511 | 321 | 41 | 142 | 5,85 | 89 | 407 | 7,1 | 2,5 | 1,7 | 4,1 | 0,6 | 0,9 |
| | Steiermark | 129 | 550 | 345 | 47 | 119 | 5,63 | 88 | 295 | 6,1 | 2,7 | 1,7 | 4,6 | 1,2 | 1,0 |
| | Tirol | 128 | 513 | 332 | 45 | 127 | 5,78 | 95 | 465 | 8,3 | 2,4 | 1,6 | 4,5 | 1,6 | 1,5 |
| | Vorarlberg | 137 | 512 | 333 | 46 | 131 | 5,89 | 97 | 371 | 8,3 | 2,7 | 1,8 | 4,7 | 1,4 | 1,9 |
| Hängigkeit | eben | 131 | 524 | 339 | 46 | 125 | 5,75 | 92 | 284 | 7,7 | 2,6 | 1,8 | 4,6 | 1,7 | 1,4 |
| | bis 30 % | 130 | 523 | 334 | 45 | 123 | 5,75 | 93 | 314 | 7,5 | 2,6 | 1,7 | 4,7 | 0,9 | 1,1 |
| | über 30 % | 126 | 530 | 339 | 46 | 120 | 5,70 | 93 | 429 | 7,4 | 2,6 | 1,6 | 4,7 | 0,8 | 1,0 |
| Regen | nein | 129 | 525 | 336 | 45 | 122 | 5,75 | 93 | 276 | 7,7 | 2,6 | 1,6 | 4,5 | 1,7 | 1,0 |
| | ja | 129 | 527 | 339 | 47 | 123 | 5,72 | 92 | 409 | 7,4 | 2,6 | 1,7 | 4,8 | 0,5 | 1,4 |
| Wirtschaftsweise | Bio | 129 | 522 | 337 | 46 | 122 | 5,76 | 88 | 400 | 7,8 | 2,5 | 1,7 | 4,8 | 0,9 | 1,5 |
| | UBAG | 130 | 521 | 334 | 44 | 124 | 5,72 | 92 | 284 | 7,5 | 2,7 | 1,7 | 4,8 | 0,9 | 1,3 |
| | UBAG + Verzicht | 126 | 519 | 336 | 45 | 125 | 5,72 | 99 | 337 | 7,9 | 2,6 | 1,6 | 4,8 | 1,1 | 0,9 |
| | ohne ÖPUL | 131 | 541 | 343 | 47 | 119 | 5,73 | 90 | 348 | 7,0 | 2,7 | 1,7 | 4,3 | 1,6 | 1,0 |
| Siloverzicht | ja | 129 | 524 | 336 | 45 | 125 | 5,76 | 94 | 395 | 7,7 | 2,6 | 1,8 | 4,6 | 1,3 | 1,3 |
| | nein | 130 | 528 | 339 | 46 | 120 | 5,71 | 91 | 290 | 7,4 | 2,6 | 1,6 | 4,7 | 0,9 | 1,1 |
| Feuchte bei Mahd | nass | 133 | 517 | 334 | 44 | 119 | 5,76 | 93 | 387 | 7,6 | 2,6 | 1,8 | 5,0 | 0,5 | 1,0 |
| | feucht | 127 | 528 | 340 | 47 | 124 | 5,72 | 92 | 315 | 7,5 | 2,6 | 1,6 | 4,7 | 1,3 | 1,2 |
| | trocken | 127 | 533 | 338 | 46 | 124 | 5,72 | 92 | 325 | 7,6 | 2,6 | 1,6 | 4,4 | 1,6 | 1,2 |
| Mähzeitpunkt | Morgen | 128 | 535 | 345 | 49 | 116 | 5,67 | 94 | 345 | 7,8 | 2,5 | 1,6 | 4,5 | 1,3 | 1,3 |
| | Vormittag | 129 | 531 | 341 | 46 | 117 | 5,68 | 94 | 373 | 7,6 | 2,6 | 1,7 | 4,6 | 1,7 | 1,1 |
| | Mittag | 132 | 527 | 339 | 46 | 126 | 5,76 | 93 | 335 | 7,4 | 2,7 | 1,7 | 4,9 | 1,3 | 1,1 |
| | Nachmittag | 129 | 518 | 330 | 43 | 126 | 5,77 | 92 | 308 | 7,5 | 2,7 | 1,7 | 4,7 | 0,7 | 1,2 |
| | Abend | 128 | 518 | 332 | 44 | 127 | 5,79 | 89 | 351 | 7,5 | 2,5 | 1,7 | 4,6 | 0,6 | 1,2 |
| Mähgerät | Trommel | 116 | 536 | 343 | 46 | 124 | 5,51 | 90 | 483 | 6,7 | 2,4 | 1,6 | 4,9 | 0,3 | 1,4 |
| | Scheiben | 121 | 531 | 339 | 45 | 123 | 5,60 | 89 | 459 | 6,6 | 2,4 | 1,7 | 4,5 | 1,1 | 1,3 |
| | Messerbalken | 120 | 550 | 347 | 46 | 126 | 5,57 | 91 | 601 | 6,3 | 2,4 | 1,8 | 4,8 | 1,4 | 1,0 |
| | Mähauflbereiter | 126 | 526 | 332 | 43 | 126 | 5,64 | 91 | 436 | 6,4 | 2,5 | 1,8 | 4,6 | 0,6 | 1,4 |
| Schnitthöhe | unter 5 cm | 130 | 520 | 331 | 45 | 127 | 5,75 | 97 | 291 | 7,6 | 2,7 | 1,8 | 4,2 | 1,2 | 0,9 |
| | 5 bis 7 cm | 129 | 529 | 340 | 46 | 120 | 5,74 | 91 | 361 | 7,6 | 2,6 | 1,6 | 4,9 | 1,0 | 1,3 |
| | über 7 cm | 129 | 529 | 342 | 46 | 120 | 5,72 | 89 | 376 | 7,5 | 2,5 | 1,6 | 4,9 | 1,2 | 1,4 |
| Zetthäufigkeit | 1 x | 126 | 529 | 341 | 48 | 109 | 5,66 | 91 | 327 | 8,1 | 2,6 | 1,8 | 4,7 | 1,4 | 1,7 |
| | 2 x | 124 | 531 | 342 | 47 | 116 | 5,68 | 89 | 314 | 7,6 | 2,6 | 1,7 | 4,7 | 1,1 | 1,0 |
| | 3 x | 124 | 529 | 339 | 46 | 124 | 5,70 | 92 | 380 | 7,1 | 2,7 | 1,7 | 4,6 | 1,2 | 1,1 |
| | öfter als 3 x | 124 | 515 | 328 | 42 | 132 | 5,73 | 90 | 349 | 7,0 | 2,7 | 1,6 | 4,7 | 0,9 | 0,9 |
| Nachtschwad | nein | 127 | 528 | 335 | 45 | 124 | 5,75 | 92 | 342 | 7,4 | 2,7 | 1,6 | 4,8 | 1,2 | 1,1 |
| | ja | 131 | 524 | 340 | 46 | 121 | 5,72 | 93 | 343 | 7,7 | 2,5 | 1,7 | 4,5 | 1,0 | 1,2 |
| Feldphase | bis 24 h | 131 | 524 | 336 | 45 | 127 | 5,82 | 90 | 378 | 7,6 | 2,6 | 1,5 | 4,4 | 2,0 | 0,8 |
| | 24 bis 36 h | 130 | 522 | 337 | 46 | 124 | 5,81 | 91 | 326 | 7,8 | 2,6 | 1,5 | 4,7 | 1,7 | 1,2 |
| | 36 bis 48 h | 129 | 531 | 344 | 47 | 119 | 5,72 | 92 | 323 | 7,5 | 2,7 | 1,5 | 4,5 | 2,1 | 1,3 |
| | 48 bis 72 h | 131 | 519 | 337 | 47 | 121 | 5,73 | 98 | 278 | 7,6 | 2,8 | 1,8 | 4,5 | 1,0 | 1,4 |
| | über 72 h | 123 | 534 | 333 | 44 | 122 | 5,59 | 90 | 408 | 7,3 | 2,4 | 2,1 | 5,3 | | 1,2 |
| Erntegerät | Ladewagen | 126 | 513 | 332 | 47 | 124 | 5,64 | 94 | 426 | 7,5 | 2,6 | 1,7 | 4,5 | 2,0 | 0,9 |
| | Fixkammerpresse | 124 | 515 | 333 | 48 | 126 | 5,63 | 91 | 535 | 7,2 | 2,5 | 1,7 | 4,5 | 2,1 | 1,2 |
| | Variable Presse | 122 | 516 | 335 | 47 | 123 | 5,60 | 96 | 467 | 7,3 | 2,6 | 1,7 | 4,1 | 2,3 | 1,3 |
| Heutrocknung | Bodentrocknung | 126 | 553 | 350 | 48 | 112 | 5,61 | 90 | 396 | 7,7 | 2,5 | 1,6 | 4,8 | 1,8 | 0,9 |
| | Kaltbelüftung | 128 | 515 | 336 | 45 | 126 | 5,73 | 93 | 345 | 7,5 | 2,6 | 1,6 | 4,6 | 0,8 | 1,3 |
| | Warmbelüftung | 134 | 510 | 326 | 44 | 130 | 5,87 | 94 | 287 | 7,5 | 2,8 | 1,8 | 4,6 | 0,7 | 1,3 |

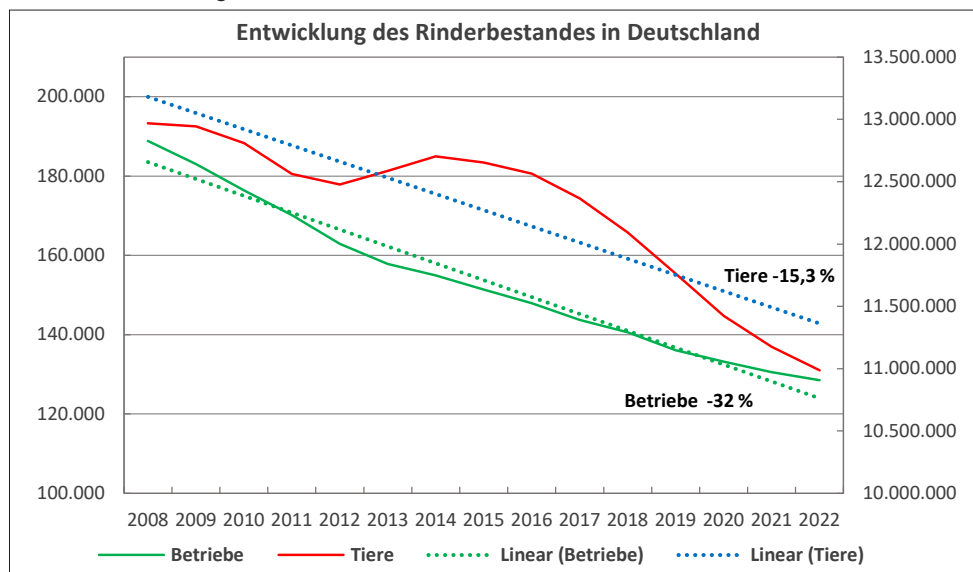
Tabelle 12: Prozentuelle Verteilung der Kategorien von Managementfaktoren (LK-Heuprojekt 2022)

| Parameter | Kategorie bzw. Verfahren und deren Häufigkeit in % | | | | | |
|-------------------------------|--|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Wirtschaftsweise | Bio 55,1 | UBAG 26,3 | UBAG + Verz. 15,7 | ohne ÖPUL 2,9 | | |
| Siloverzicht (HKT) | ja 80,0 | nein 20,0 | | | | |
| Schnitthäufigkeit | 1 x 0,8 | 2 x 5,3 | 3 x 22,5 | 4 x 47,2 | 5 x 23,9 | 6 x 0,3 |
| Mähzeitpunkt | Morgen 11,0 | Vormittag 33,0 | Mittag 24,2 | Nachmittag 20,6 | Abend 11,2 | |
| Bestand bei der Mahd | nass 2,2 | feucht 25,4 | trocken 72,4 | | | |
| Mähgeräte | Trommel 5,4 | Scheiben 54,7 | Messerbalken 14,0 | Aufbereiter 25,3 | Sonstige 0,5 | |
| Schnitthöhe | bis 5 cm 1,6 | 5-7 cm 55,2 | über 7 cm 43,2 | | | |
| Zett- bzw. Wendehäufigkeit | ohne 12,5 | 1 x 34,8 | 2 x 42,4 | 3 x 10,3 | > 3 x 0,0 | |
| Nachtschwad | nein 90,1 | ja 9,9 | | | | |
| Feldphase | bis 24 h 11,4 | 24-36 h 50,0 | 36-48 h 25,9 | 48-72 h 11,3 | > 72 h 1,4 | |
| Erntegerät | Ladew. 86,7 | Presse fix 4,9 | Presse var. 8,2 | händisch 0,0 | Sonstige 0,3 | |
| Trocknungsverfahren | Bodentrockn. 13,5 | Gerüstrocknung 0,6 | Kaltbelüftung 17,4 | Warmbelüftung 68,6 | | |
| Bauart der Belüftung | Bodenrost 88,5 | Ballentrocknung 7,9 | Sonstige 3,6 | | | |
| Energie für die Warmbelüftung | Solar 53,3 | Luftentfeuchter 25,7 | Hackschnitzel 5,7 | Ölfeuerung 6,5 | Sonstige 8,8 | |
| Dauer der Belüftung | bis 12 h 3,6 | 12-24 h 11,4 | 24-48 h 39,4 | 48-72 h 30,0 | 72-96 h 12,7 | über 96 h 2,9 |
| Intervalltrocknung | nein 49,8 | ja 50,2 | | | | |
| Umschichtung | nein 35,5 | ja 64,5 | | | | |
| Pressdichte bei Heuballen | locker 28,1 | mittelmäßig 51,6 | fest 20,3 | | | |
| Untergrund für Ballenlagerung | Beton 52,5 | Holzboden 21,3 | Paletten 21,3 | Paletten zwischen 4,9 | | |

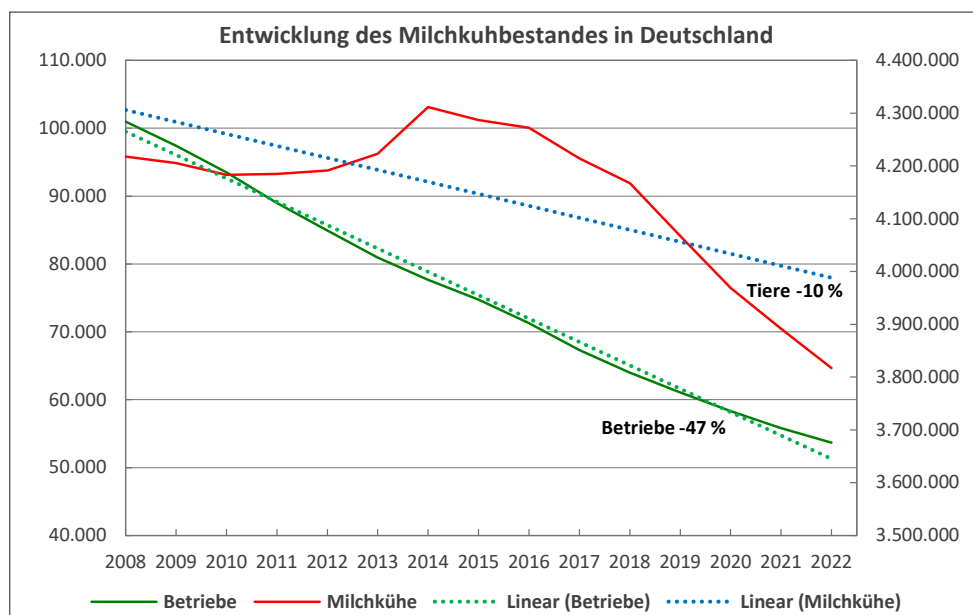
Bullenmast mit Milchrassen, wirklich eine Alternative?

Wilfried Naue^{1*}

Seit 2008 hat sich der Rinderbestand in Deutschland kontinuierlich rückwärts entwickelt. Von ursprünglich 12.969.674 Mio. Tieren insgesamt hat sich der Bestand auf 10.986.304 Mio. Tiere verringert, ein Minus von 15,3 %. Ebenso hat sich die Zahl der Rinderhalter von 188.827 Betrieben auf 128.523 Betriebe verringert, hier ein Minus von rd. 32 % (Abbildung 1).



Die Entwicklung der Milchviehhaltenden Betriebe ist ebenso rückläufig. So hat sich der Milchkuhbestand seit 2008 von 4.217.711 Tieren auf 3.817.321 Tiere verringert; ein Minus von 9 %. Drastisch ist die Entwicklung der Anzahl der Betriebe mit Milchkühen von 100.993 auf 53.667 Betriebe, ein Minus von rd. 47 %. Fast jeder 2. Betrieb hat seit 2008 die Milchkuhhaltung aufgegeben (Abbildung 2).



¹ Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Fachgruppe 1 – Betriebswirtschaft, Förderung, Tierhaltung, Vor dem Zoll 2, D-31582 Nienburg

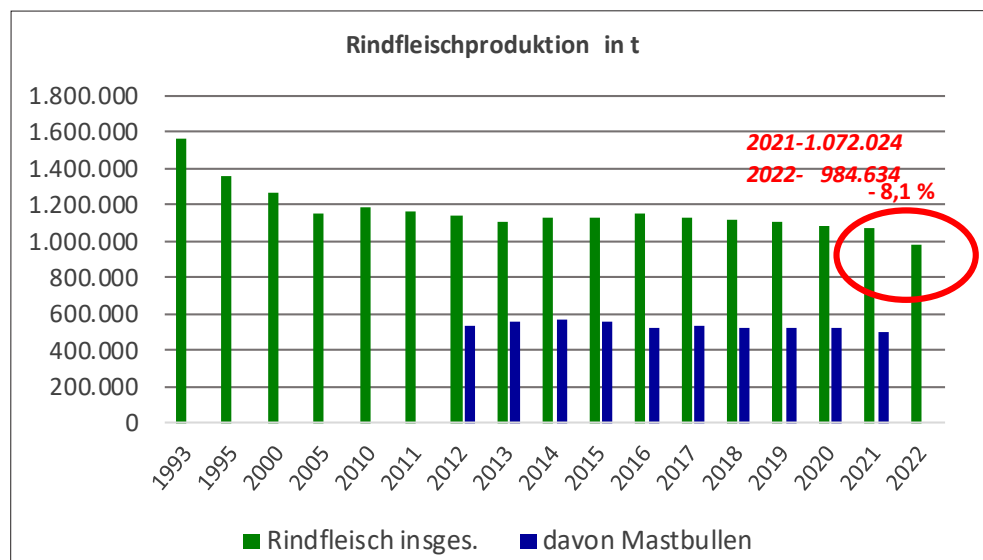
* Ansprechpartner: Wilfried Naue, email: wilfried.naue@lwk-niedersachsen.de

Diese Entwicklung finden wir auch bei den Betrieben mit männlichen Rindern wieder (Abbildung 3). Die Anzahl der Betriebe, wie auch die Bestände, nehmen kontinuierlich ab. Aber die Anzahl der Betriebe mit mehr als 100 Tieren wächst stetig.

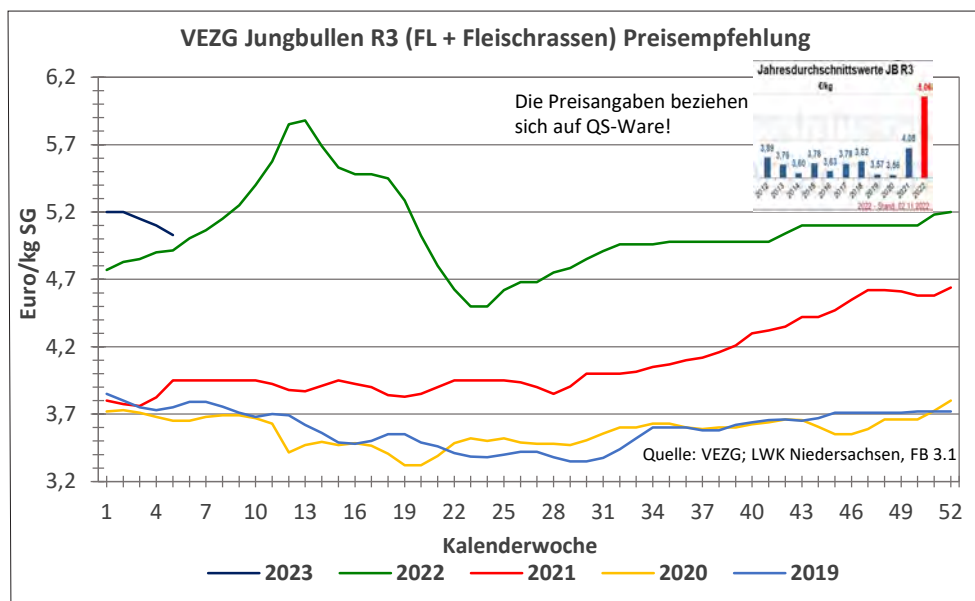
| Struktur männliche Rinder ü. 1 Jahr | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|-------------|-------------|
| Jahr | Deutschland gesamt | | < 50 Tiere | | 50 - 100 Tiere | | > 100 Tiere | |
| | Betriebe | Tiere | Betriebe | Tiere | Betriebe | Tiere | Betriebe | Tiere |
| 2013 | 87.351 | 1.117.975 | 82.424 | 605.254 | 3.347 | 228.428 | 1.580 | 284.293 |
| 2015 | 84.546 | 1.076.107 | 79.788 | 577.226 | 3.165 | 215.884 | 1.593 | 282.997 |
| 2020 | 75.842 | 947.434 | 71.462 | 478.977 | 2.837 | 195.551 | 1.543 | 272.906 |
| 2022 | 73.637 | 944.356 | 69.164 | 447.699 | 2.781 | 190.363 | 1.692 | 306.294 |
| Trend | -15,70 | -15,53 | -16,09 | -26,03 | -16,91 | -16,66 | 7,09 | 7,74 |

| | | | | | | | |
|------|---------------------|--------|--------|-----|--------|-----|--------|
| 2022 | Niedersachsen | 10.192 | 85.344 | 875 | 60.340 | 582 | 99.082 |
| 2022 | Nordrhein-Westfalen | 8.539 | 64.249 | 585 | 40.449 | 429 | 77.829 |

Dieser Rückgang an Tieren spiegelt sich letztlich in der Rindfleischproduktion insgesamt wieder. So wurden in 2022 insgesamt 984.634 t Rindfleisch gegenüber 1.072.024 t in 2021 erzeugt, ein Rückgang von rd. 8,1 % (Abbildung 4).



Der Bullenmäster wurde im Wirtschaftsjahr 2021/22 förmlich von der Notierung und dem Marktgeschehen überrollt. So wurden in der 12. oder 13. Woche 2022 teilweise über 6,- Euro pro kg Schlachtgewicht gezahlt. Letztlich war dann aber der Absturz ab der 14. Woche gravierend. Vielfach gab es auch Probleme bei den Landwirten fertige Bullen bei den Schlachtunternehmen anzuliefern (Abbildung 5).



Die Kennzahlen der Betriebszweigauswertung (BZA) 2021/22 werden von dieser „Notierung“ überschattet. Der richtige Verkaufszeitraum, bzw. -zeitpunkt führte zu einem Mehrerlös pro verkauften Mastbullen von 500,- und mehr Euro.

Durch die Veränderungen im Steuerrecht wurde die Datenerfassung bzw. auch die Auswertung auf Nettobeträge umgestellt. Beim Vergleich der einzelnen Kennzahlen / Werte kann es doch größere Unterschiede geben (Erlöse, Futterkosten, DKFL).

Die **DKFL pro Mastplatz** der ausgewerteten Betriebe Niedersachsen (*Abbildung 6*) hat sich zum Vorjahr um **150,- Euro** (246,- zu 401,- Euro) verbessert. Noch größer ist das Plus bei den besseren 25 % Betrieben von 215,- Euro pro Platz, die schwächeren 25 % Betriebe haben ein Plus von 101,- Euro gegenüber dem Vorjahr.

| Kennzahlen Niedersachsen | | | | | | |
|--------------------------|----------------|---------|---------|----------|----------|----------|
| | Einheit | 2019/20 | 2020/21 | 2021/22 | ++ | -- |
| Leistung gesamt | Euro/erz. Tier | 1.646 | 1.738 | 1.987 | 2.049 | 1.838 |
| Zugänge | Euro/erz. Tier | 630 | 623 | 618 | 624 | 625 |
| Aufzuchtfutter | Euro/erz. Tier | 24 | 25 | 27 | 15 | 39 |
| Kraftfutter | Euro/erz. Tier | 332 | 331 | 378 | 339 | 381 |
| Grundfutter | Euro/erz. Tier | 341 | 350 | 355 | 332 | 419 |
| Nebenprodukte | Euro/erz. Tier | 28 | 17 | 16 | 15 | 17 |
| Tierarzt | Euro/erz. Tier | 21 | 22 | 19 | 13 | 23 |
| Strom, Wasser, sonst. | Euro/erz. Tier | 50 | 49 | 54 | 51 | 57 |
| Direktkosten | Euro/erz. Tier | 1.426 | 1.418 | 1.461 | 1.370 | 1.560 |
| DKFL | Euro/erz. Tier | 220 | 320 | 506 | 628 | 323 |
| DKFL je Mastplatz | Euro/Platz | 167 | 246 | 401(150) | 566(351) | 234(133) |

Wie in den vergangenen Jahren sind die Betriebe mit Fresserzukauf die erfolgreichen Betriebe (Abbildung 7 und 8). Schwerpunkttrasse ist hier das Fleckvieh (FV). Reine Tiere von Milchviehrassen spielen bei den spezialisierten Bullenmästern kaum noch eine Rolle, eher als Kreuzungstiere mit Weiß Blauem Belgier (WWB), FV oder anderen Mastrassen.

| Kennzahlen einzelne PV | | | | | | |
|------------------------|-----------|------------------|--------------------|---------------|----------------|-------------------|
| | Einheit | Kleine Kälber(5) | Starter-kälber(65) | Fresser (101) | Aufstaller (5) | Sonstige Gemischt |
| Schlachtgewicht | kg/Tier | 413 | 428 | 431 | 430 | 433 |
| Mastendgewicht | kg/Tier | 732 | 757 | 759 | 738 | 758 |
| Erlös je kg SG | Euro/kg | 4,82 | 4,79 | 4,90 | 4,89 | 5,19 |
| Gewicht Zugänge | kg/Tier | 60 | 84 | 200 | 305 | 144 |
| Preis Zugänge | Euro/Tier | 295 | 415 | 727 | 933 | 623 |
| Tageszunahme brutto | g/Tag | 1.142 | 1.227 | 1.288 | 1.326 | 1.230 |
| Nettozuwachs | g/Tag | 676 | 732 | 741 | 728 | 722 |
| Kraftfutter | kg/Tag | 1,81 | 2,47 | 2,66 | 2,39 | 2,46 |
| Futterkosten | Euro/Tag | 1,55 | 1,61 | 1,66 | 1,67 | 1,71 |
| Erlösdifferenz | Euro/Tag | 2,89 | 2,96 | 3,19 | 3,60 | 3,34 |

| Kennzahlen einzelne PV | | | | | | |
|------------------------|----------------|------------------|--------------------|---------------|----------------|-------------------|
| | Einheit | Kleine Kälber(5) | Starter-kälber(65) | Fresser (101) | Aufstaller (5) | Sonstige Gemischt |
| Leistung gesamt | Euro/erz. Tier | 1.844 | 1.956 | 2.029 | 1.726 | 1.949 |
| Zugänge | Euro/erz. Tier | 291 | 428 | 746 | 771 | 687 |
| Aufzuchtfutter | Euro/erz. Tier | 96 | 58 | 4 | 0 | 36 |
| Kraftfutter | Euro/erz. Tier | 325 | 425 | 360 | 242 | 324 |
| Grundfutter | Euro/erz. Tier | 468 | 376 | 333 | 313 | 436 |
| Nebenprodukte | Euro/erz. Tier | 36 | 16 | 16 | 0 | 3 |
| Tierarzt | Euro/erz. Tier | 26 | 29 | 11 | 10 | 28 |
| Strom, Wasser, sonst. | Euro/erz. Tier | 65 | 60 | 49 | 37 | 69 |
| Direktkosten | Euro/erz. Tier | 1.308 | 1.394 | 1.510 | 1.372 | 1.583 |
| DKFL | Euro/erz. Tier | 536 | 562 | 518 | 354 | 366 |
| DKFL je Mastplatz | Euro/Platz | 330 | 379 | 444 | 383 | 284 |

Die Kennzahlen in *Abbildung 9* zeigen doch das Leistungsvermögen dieser Tiere. Problematisch ist trotz mehrfacher Sortierung das „Splitten“ in den Mastgruppen. Sie spielen aktuell eine zunehmend größere Rolle bei den Mästern.

| Kennzahlen Fresserzukauf DKFL | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|--------------------|
| | | Braunvieh | | Fleckvieh | | WBB*SBT |
| | Einheit | 2020/21 | 2021/22 (17) | 2020/21 | 2021/22 (56) | 2021/22 (6) |
| Erzeugte Tiere | Stück | 263 | 237 | 268 | 250 | 288 |
| Schlachtgewicht | kg/Tier | 426 | 422 | 436 | 436 | 430 |
| Erlös je kg SG | Euro/kg SG | 4,05 | 4,80 | 4,13 | 4,91 | 4,71 |
| Gewicht Zugänge | kg/Tier | 194 | 179 | 203 | 200 | 193 |
| Preis Zugänge | Euro/Tier | 576 | 643 | 774 | 772 | 684 |
| Nettozuwachs | g/Tag | 678 | 687 | 759 | 764 | 735 |
| Futtertage | Tage/PE | 487 | 463 | 415 | 425 | 444 |
| Futterkosten | Euro/Tag | 1,52 | 1,64 | 1,53 | 1,66 | 1,59 |
| Verluste/vorzeitige Abgänge | Euro/Tag | 5,44 | 4,62 | 3,56 | 3,71 | 3,76 |
| DKFL/Platz | Euro/Platz | 235 | 405 | 262 | 482 | 461 |

Welche Rolle spielen die Milchrassen, nicht als Gebrauchskreuzung, aktuell in der Bullenmast. Als Beispiel sind in den *Abbildungen 10* und *11* Kennzahlen eines Bullenmastbetriebes dargestellt, der sich von den Schwarzbunten (SBT) Tieren getrennt hat (SBT entspricht Holstein). Die Umstellung erklärte er mit folgender Formel:

SBT Tiere fressen 20 % mehr Futter, haben 20 kg weniger Schlachtgewicht und sind 2 Monate länger im Betrieb.

| Kennzahlen Betrieb | | | |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | Einheit | 2020/21 | 2021/22 |
| Leistung gesamt | Euro/Tier | 1.707 | 2.182 |
| Zugänge | Euro/Tier | 327 | 389 |
| Kraft/Grundfutter | Euro/Tier | 853 | 893 |
| Nebenprodukte | Euro/Tier | | |
| Tierarzt | Euro/Tier | 33 | 32 |
| Strom, Wasser, sonst. | Euro/Tier | 95 | 86 |
| Direktkosten | Euro/Tier | 1.308 | 1.400 |
| DKFL | Euro/Tier | 399 | 731 |
| DKFL je Mastplatz | Euro/Platz | 266 | 530 |

| Kennzahlen Betrieb | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|------|-------|---------|----------|------|---------|-----------|
| | Einheit | | SBT | SBT*WWB | FI*Milch | | SBT*WWB | FI* Milch |
| Schlachtgewicht | kg/Tier | | 403 | 429 | 434 | | 431 | 425 |
| Masttage | Tage | | 599 | 522 | 546 | | 541 | 535 |
| Erlös je kg SG | Euro/kg | | 3,59 | 4,17 | 4,04 | | 5,06 | 5,18 |
| Gewicht Zugänge | kg/Tier | | 73 | 71 | 72 | | 69 | 72 |
| Preis Zugänge | Euro/Tier | | 180 | 362 | 335 | | 320 | 301 |
| Nettozuwachs | g/Tag | | 645 | 783 | 762 | | 769 | 763 |
| Erlösdifferenz | Euro/Tier | | 1.266 | 1.429 | 1.417 | | 1.864 | 1.898 |
| Futterkosten | Euro/Tag | 1,56 | 934 | 814 | 852 | 1,66 | 898 | 888 |
| Differenz | | | 322 | 615 | 565 | | 966 | 1.010 |

Der Auszug/ das Protokoll einer Schlachtstätte bestätigen die in der BZA ermittelten Kennzahlen (Abbildung 12).

| Auswertung Schlachtstätte 2022 | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------|-----|----------------|-----|----------|-----|-----------|-----|--|
| Genetik: | FV | | Sonst. / Krzg. | | BV | | SBT / RBT | | |
| abgelieferte Tiere: | | 41% | | 38% | | 6% | | 15% | |
| Alter (d) / Nettozun. | 592 | 735 | 610 | 695 | 636 | 651 | 651 | 577 | |
| Ø Schlachtgewicht: | 433 kg | | 419 kg | | 413 kg | | 372 kg | | |
| Berechnungswert Kalb (Geburt) | 40 kg | | 40 kg | | 40 kg | | 40 kg | | |
| Berechnungswert Ausschachtung | 57% | | 57% | | 55% | | 52% | | |
| errechnetes Lebendgewicht | 758,9 kg | | 734,6 kg | | 750,2 kg | | 714,7 kg | | |
| errechnete Bruttozunahmen | 1.215 | | 1.139 | | 1.117 | | 1.037 | | |
| Klassifizierung: | Anteil | | Anteil | | Anteil | | Anteil | | |
| E2 | 0,2% | | 1,6% | | 0,0% | | 0,0% | | |
| E3 | 0,2% | | 0,3% | | 0,0% | | 0,0% | | |
| U2 | 25,6% | | 24,8% | | 0,6% | | 1,0% | | |
| U3 | 27,5% | | 16,1% | | 0,9% | | 0,6% | | |
| R2 | 28,6% | | 28,8% | | 19,7% | | 3,9% | | |
| R3 | 17,0% | | 23,1% | | 60,8% | | 5,3% | | |
| U4 | 0,1% | | 0,1% | | 0,0% | | 0,0% | | |
| R4 | 0,3% | | 0,4% | | 1,3% | | 0,1% | | |
| O2 | 0,3% | | 1,8% | | 8,3% | | 22,6% | | |
| O3 | 0,3% | | 2,6% | | 7,4% | | 57,1% | | |
| O4 | 0,0% | | 0,0% | | 0,2% | | 0,4% | | |
| P1 | 0,0% | | 0,1% | | 0,3% | | 1,1% | | |
| P2 | 0,0% | | 0,2% | | 0,4% | | 6,8% | | |
| P3 | 0,0% | | 0,0% | | 0,0% | | 1,2% | | |

Fleischqualität

Bullenmast mit Milchrassen, wirklich eine Alternative?

- eher nein, es bleibt eine Möglichkeit für Spezialisten. Hohe Kälberpreise für ausgesuchte Tiere sowie die zurzeit hohen Futterkosten lassen den Spielraum eng werden. Zwar ist die Differenz in der Notierung zwischen R3 und O3 Bullen kleiner geworden, es reicht aber nicht immer aus, um die Mast mit Milchrassen wirtschaftlich darzustellen.

Der spezialisierte Mäster wird auch weiterhin auf die Qualität und Masteignung der Jungtiere achten – und viele Kälber (SBT) werden weiterhin in den Milchviehbetrieben ausgemästet.

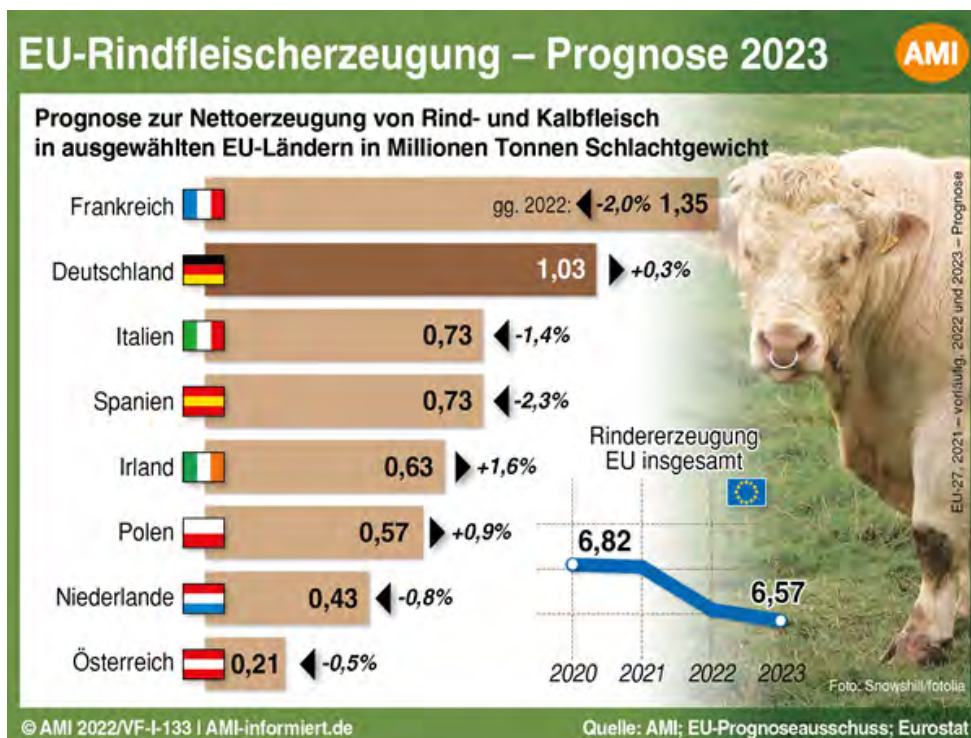
Produktions- und Absatzentwicklung am heimischen Rindfleischmarkt

Johannes Minihuber^{1*}

Die letzten Jahre waren durch viele Herausforderungen für die Landwirtschaft und besonders auch für die Rindfleischproduzenten geprägt. Kaum geriet die Corona-Pandemie in den Hintergrund, sorgte der Ukraine-Krieg für turbulente Marktentwicklungen mit massiv gestiegenen Futter- und Energiekosten und für zusätzliche Verunsicherung in zentralen Punkten der Landwirtschaft. Besonders die Planungssicherheit stellt eine wesentliche Herausforderung für landwirtschaftliche Produzenten dar, wie auch Fragen zu den Themen Tierschutz, Klima, Mercosur bzw. Herkunftskennzeichnung.

Rindfleischerzeugung in Europa rückläufig

Weltweit ist die Rindfleischproduktion in den letzten Jahren leicht gestiegen und wird für 2023 im Wesentlichen mit einem stabilen Trend prognostiziert. Dagegen ist die Rindfleischproduktion in Europa seit Jahren rückläufig. Wurden im Jahr 2021 noch ca. 6,8 Mio. Tonnen Rindfleisch in Europa erzeugt, so beläuft sich die Schätzung für 2023 auf unter 6,6 Mio. Tonnen. Dies entspricht einer Verringerung von knapp 4 % in den letzten beiden Jahren. Aufgrund der weiter sinkenden Rinderbestände in Europa dürfte sich dieser rückläufige Trend in den nächsten Jahren fortsetzen. Deutschland zeigt für 2023 einen relativ stabilen Trend, hatte aber bereits 2022 stark verringerte Rinderschlachtungen (-7,8 %) gegenüber dem Jahr 2021.



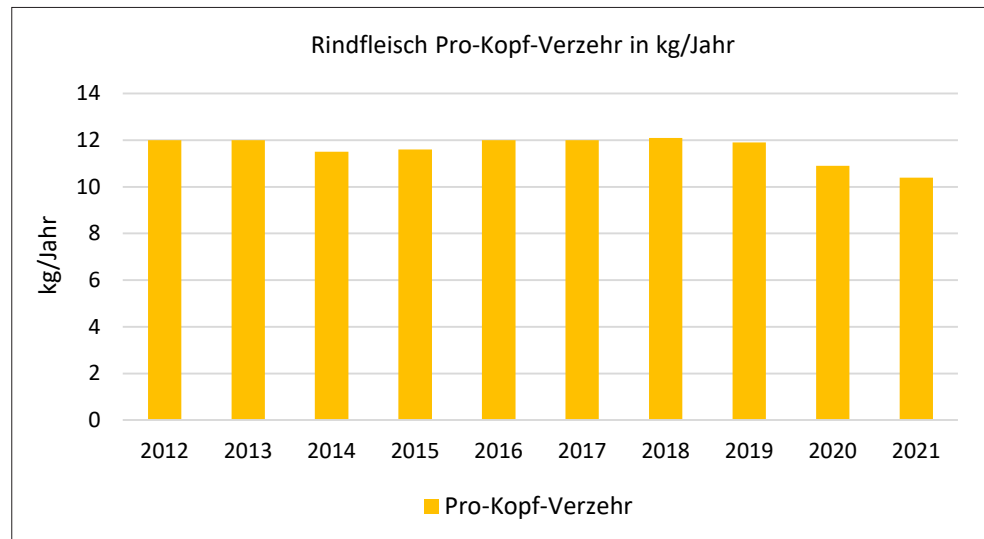
Quelle: AMI, 2023

¹ Österreichische Rinderbörse GmbH, Auf der Gugl 3, A-4021 Linz

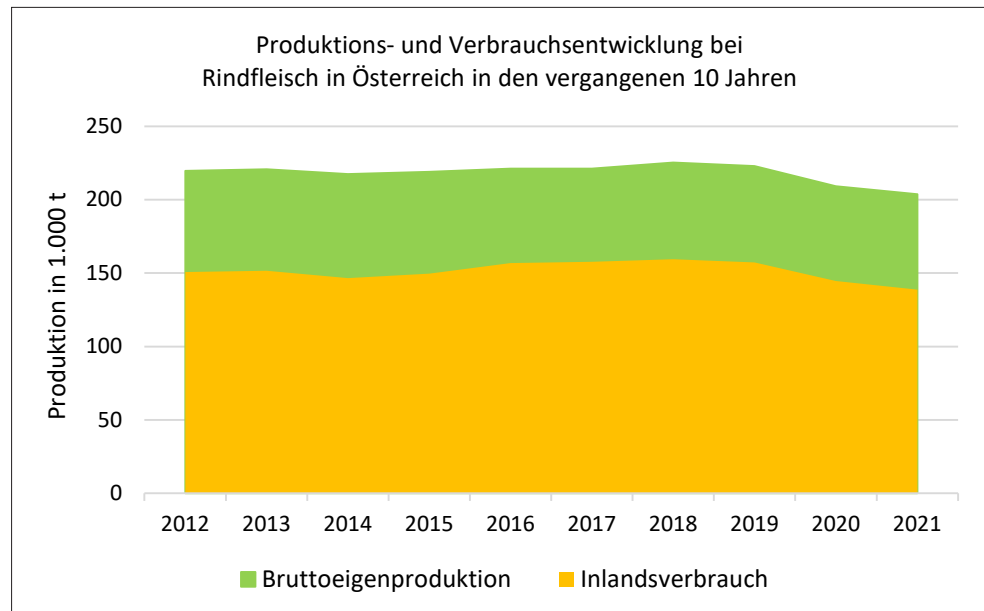
* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Johannes Minihuber, email: johannes.minihuber@rinderboerse.at

Österreichs Produktion leicht rückläufig

In Österreich ist der Rinderbestand ebenfalls leicht rückläufig und hat somit auch eine Verminderung der Rindfleisch-Produktion zur Folge. Mit dem Produktionstrend gleichermaßen einher geht ein sinkender Inlandsverbrauch bei Rindfleisch. Blickt man auf die Entwicklung in den letzten 10 Jahren zurück, so lag der Pro-Kopf-Verzehr laut den Erhebungen und Berechnungen der Statistik Austria in den Jahren 2012 bis 2019 mit 11,5 bis 12 kg/Jahr auf einem sehr stabilen Niveau. In den stark Covid-beeinflussten Jahren 2020 und 2021 war jedoch ein spürbarer Verzehrrückgang auf 10,9 bzw. 10,4 kg Pro-Kopf-Verzehr zu beobachten.



Quelle: Eigene Darstellung nach Statistik Austria, 2022



Quelle: Eigene Darstellung nach Statistik Austria, 2022

Zum einen waren dies Auswirkungen der zeitweise Lock-down bedingten Einschränkungen in der Gastronomie, da der Außer-Haus-Verzehranteil bei Rindfleisch bei ca. 55 % eingeschätzt wird. Zum anderen ist aber seit Jahren in vielen europäischen Ländern und auch in Österreich ein allgemein rückläufiger Trend im Fleischkonsum (auch bei anderen Fleischsorten) gegeben. Klima- und Tierhaltungsthemen verstärken die Diskussionen zum Fleischkonsum zudem.

Geändertes Konsum- und Kaufverhalten bedingen Verschiebungen im Absatz

Die hohe Inflation im Jahr 2022 und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Kaufkraft der Bevölkerung spiegelt sich auch in geändertem Kaufverhalten und Verschiebungen auf den Absatzmärkten wider. Zahlreiche Umfragen und Marktanalysen bestätigen dies. Auszugsweise einige Erkenntnisse aus dem RollAMA Haushaltspanel 2022 (RollAMA 2023):

- Einkaufsfrequenz der Haushalte im Lebensmitteleinzelhandel (LEH) sinkt
- Fleisch- und Geflügel-Absatzmengen im LEH unter dem Niveau von 2019 (vor Covid)
- Mehr Einkäufe in Aktionen – Aktionsanteil bei Fleisch 42,1 % im LEH (40,1 % im Jahr 2021)
- Preisbewusste Einkäufe steigen – Handelsmarken-Anteile und Preiseinstiegssegmente legen zu
- Edelteile (hochpreisige Teilstücke) werden verhaltener nachgefragt

Gastronomie und Export-Absatz wichtig

Durch die etwas rückläufigen Haushaltseinkäufe rücken neben dem LEH speziell auch die Absatzmärkte in der Gastronomie und Hotellerie sowie im Export in den Fokus. Auch wenn vorerst noch keine konkreten Zahlen die Entwicklung belegen, ein positiver Trend dürfte gegeben sein, dass im Außer-Haus-Bereich das Herkunftsbewusstsein und somit der Anteil an österreichischer Ware, vor allem auch im AMA-Gütesiegel-Segment, höher wird. Begleitende Marketingaktivitäten zur Absatzförderung zusammen mit einer verpflichtenden Herkunftskennzeichnung sind hier notwendig und würden noch wesentlich stärker zur Bewusstseinsbildung für österreichisches Qualitätsrindfleisch in der Gastronomie beitragen. Im Export ist vor allem der deutsche Markt mit Kunden im QS-Segment sehr wichtig für die österreichische Schlachtbranche geworden.

Bio und „Mehr Tierwohl“ – differenzierte Nachfrage

Positiv ist festzuhalten, dass nach dem deutlichen Aufwind für Bio-Produkte in der Corona-Zeit viele der Bio-Konsumenten auch weiterhin bewusst zu Bio-Rindfleisch greifen. Wenngleich die Bio-Rindfleisch Vermarktungsmengen im Lebensmitteleinzelhandel seit dem zweiten Halbjahr 2022 etwas rückläufig sind, zeigen sich im Wesentlichen stabile Absätze bei den verschiedenen Bio-Rindfleisch-Projekten der LEHs. Dennoch sind auch im Bio-Segment die Edelteile etwas schwieriger zu vermarkten.

Tierschutz und Tierwohl sind zentrale Elemente, die die Rindfleischproduzenten intensiv beschäftigen. Im „Mehr Tierwohl“ Segment der AMA-Gütesiegel Produktion lassen sich einzelne positive Vermarktungsprojekte bei Ochsen- und Kalbinnen erwähnen. Doch durch die Teuerung und die allgemein gestiegenen Lebensmittelpreise hält sich bei Konsumenten und Handelsketten die Dynamik für „Mehr Tierwohl“ in Grenzen. Als Landwirtschaft beziehen wir beim Tierwohl eine klare Position. Entsprechend der Mehraufwendungen für die Betriebe muss auch eine zusätzliche Abgeltung am Markt erfolgen. Die aktuelle Situation am Markt zeigt jedoch vielfach, dass die Anforderungen auseinanderklaffen und Mehrerlöse für die Bauern am Markt nur bedingt zu platzieren sind.

Praktische Erfahrungen mit der Kalb Rosé-Mast

Martin Brader^{1*}

Unser Betrieb liegt im Melker Alpenvorland in der Gemeinde Mank auf ca. 290 m Seehöhe. Gemeinsam mit meiner Frau Katharina, sie ist Lehrerin, und den Schwiegereltern wird der Betrieb bewirtschaftet.

Auf 220 Mastplätzen werden männliche Fleckviehrinder (klassische Stiermast) und Kalb Rosé-Kälber (Braunvieh, Holstein) gemästet. Die gesamte bewirtschaftete Fläche beträgt 80 ha, davon sind ca. 5 ha Grünland. Neben den klassischen Hauptkulturen (Getreide, Mais, Soja und Zuckerrübe) werden auch Ölfrüchte (Leinsamen und Sonnenblumen) kultiviert. Diese werden zu Ölen weiter veredelt und in regionalen Läden vermarktet.

Das gesamte Grundfutter (Maissilage, Grassilage) wird am Betrieb selbst produziert. Ebenso wird Körnermais und Triticale selbst am Betrieb produziert. Als Eiweißträger werden Actiprot, Rapsschrot, Futterharnstoff (Endmast) und in geringem Maße Sojaschrot (Kälber bis 150 kg Lebendgewicht) eingesetzt. Als Strukturgeber wird Futterstroh zugekauft.

Die Kälber (Fleckvieh oder Kalb Rosé) werden in Gruppen von 36 bis 48 Tieren eingestellt. Der Kälberstall ist klimatisiert und wird nach jedem Durchgang gereinigt. Die Milch wird über einen Tränkeautomaten für ca. 6 Wochen verabreicht. Die maximal zugeteilte Milchmenge kann dabei mehrmals über den Tag verteilt von jedem Kalb individuell abgerufen werden.

Nach dem Absetzen der Milchtränke kommen die Kälber in einen Vormaststall. Im Vormaststall (bis ca. 5 Monate) sind Spalten mit Gummiauflagen und danach Spaltenboden im Fressbereich mit dazugehörigem eingestreutem Liegebereich.

Alle unsere Rinder werden spätestens ab einem Alter von 6 Monaten auf Stroh gehalten, da wir an der ÖPUL-Maßnahme „Tierwohl – Stallhaltung Rinder“ teilnehmen.

Die Endmast (nur Fleckvieh) erfolgt in einem Außenklimastall. Hier ist der Fressbereich mit Spalten ausgeführt, der Liegebereich besteht aus einer eingestreuten Tiefstreu- oder Tretmistfläche.

Das Futter wird als Totalmischration vorgelegt, der Hauptunterschied zwischen der Fleckviehmast und der Kalb Rosé-Mast ist, dass in der Kalb Rosé-Mast die Ration so gestaltet wird, dass die Fleischfarbe nicht zu dunkel wird. Es wird dadurch versucht den Eisengehalt eher gering zu halten. Ebenso ist die Milchtränkephase in der Kalb Rosé-Mast etwas länger bzw. werden höhere Tagesmilchmengen (8 kg) verabreicht.



¹ Loipersdorf 2, A-3240 Mank

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Martin Brader, email: martin.brader@alumni.tugraz.at

Die Herausforderungen in der Rosé-Mast bestehen darin, dass die Kälber jünger (Mindestalter 3 Wochen) als in der klassischen Rindermast eingestallt werden. Das Anlernen am Milchautomaten ist meist sehr einfach, da die Kälber mitten in der Tränkephase sind. Es wird ab dem ersten Tag eine Trocken-TMR (Kraftfutter und bestes Futterstroh) vorgelegt. Nach dem Absetzen von der Milch wird eine TMR aus Maissilage, Kraftfutter und Stroh *ad libitum* vorgelegt.

Das Verkaufsalter der Rosé-Kälber ist mit 8 Monaten limitiert (danach würden sie als Jungrinder gelten). Eine Gewichtsbeschränkung bzw. Klassifizierungsgrenze gibt es zurzeit nicht.

Landwirtschaft in Krisenzeiten

Agriculture in times of crisis

Franz Sinabell*

Einleitung

Die "Landwirtschaft in Krisenzeiten" ist aktuell ein ungewöhnlicher Titel. In der österreichischen Landwirtschaft gab es im Vorjahr nach einem Jahrzehnt stagnierender realer Einkommen endlich wieder einen nennenswerten Zuwachs des Einkommens auf Sektorebene. Klar, die hohen Preise für Treibstoffe, Dünger und Energie haben im Jahr 2022 die Kosten enorm in die Höhe geschraubt. Wurden für die Vorleistungen im Jahr 2021 noch 4,9 Mrd. Euro ausgegeben, so wuchs der Aufwand für Vorleistungen im Jahr 2022 auf immense 6,1 Mrd. Euro (Statistik Austria 2022). So hoch waren die Kosten zuvor noch nie gewesen. Auf der Erlösseite hat sich die Marktsituation ähnlich entwickelt. Fast durchwegs sind die Preise der abgesetzten Agrargüter gestiegen. Aus der Relation der Kosten- zu der Erlössteigerung von 1,2 Mrd. zu 1,8 Mrd. Euro ergab sich im Jahr 2022 ein satter Zuwachs der Bruttowertschöpfung von 18 %.

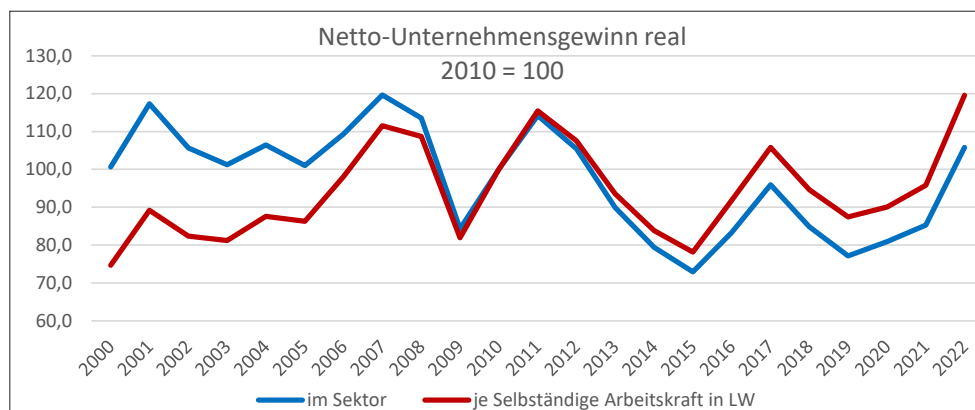


Abbildung 1: Netto-Unternehmensgewinn in Österreich bezogen auf den Gesamtsektor bzw. auf selbständig Beschäftigte in realen Größen, Index 2010=100 (Q: Statistik Austria 2022)

Warum der Titel "Landwirtschaft in Krisenzeiten" dennoch nicht verfehlt ist, ist leicht erklärt. Nach einzelnen Jahren hoher Einkommenszuwächse in der Landwirtschaft folgten in der Vergangenheit immer Jahre der Rückgänge und Stagnation (siehe *Abbildung 1*). Warum sollte es diesmal anders sein?

In der Tat, es gibt keinen Grund anzunehmen, dass die Landwirtschaft die Periode der "Tretmühle" nach über einem Jahrhundert hinter sich lässt. In dieser Tretmühle steigert die Landwirtschaft Jahr für Jahr in kleinen Schritten die Produktivität, erzeugt also gleich viel an Output, während der Bedarf an Arbeit und Produktionsfläche abnimmt. Reale Einkommenszuwächse für die Menschen sind somit nur möglich, wenn aus dem Sektor Arbeitskräfte ausscheiden. Um dies zu ermöglichen, werden immer mehr Aufgaben an vorgelagerte Sektoren ausgelagert (Outsourcing) und somit wird der Agrarsektor immer enger in komplexe Wertschöpfungsketten integriert. Diese Entwicklung hat seit Jahrzehnten dazu geführt, dass Agrargüter immer besser leistungsfähig für Verbraucherinnen und Verbraucher werden und somit ein höherer Anteil des Einkommens für andere Zwecke, wie Wohnen, Freizeit und Mobilität, verfügbar wird.

In den folgenden Abschnitten werden nach einer kurzen Vorstellung von Material und Methoden einige aus heutiger Sicht vorrangige Herausforderungen der Landwirtschaft in ihrem österreichischen Kontext vorgestellt. In den Schlussfolgerungen werden Kernelemente eines Systems vorgestellt, das von öffentlicher Hand bereitgestellt wird, um landwirtschaftliche Unternehmen zu befähigen, sich diesen Herausforderungen zu stellen.

¹ WIFO - Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Arsenal Objekt 20, A-1030 Wien

* Ansprechpartner: Priv. Doz. Dipl.-Ing. Dr. Franz Sinabell, email: Franz.Sinabell@wifo.ac.at

Material und Methoden

In dem vorliegenden Beitrag werden auf der Grundlage von Statistiken zur Landwirtschaft und persönlichen Einschätzungen absehbare Entwicklungen für die österreichische Landwirtschaft entwickelt und vorgestellt. Wissenschaftliche Methoden werden dazu nicht eingesetzt, sondern es werden Narrative entwickelt, um aus heutiger Sicht absehbare Herausforderungen zu benennen und mögliche Lösungszugänge zu skizzieren.

Das vorliegende Dokument ist eine „Betrachtung“, also keine Analyse oder Studie, sondern eine Lagebeschreibung aus dem Blickwinkel einer Person, die sich mit dem Agrarsektor aus wirtschaftlicher und umweltökonomischer Perspektive beschäftigt.

Ergebnisse

Ausgangspunkt der Einordnung der Herausforderungen

Das Wort Krise hat seinen Ursprung in der griechischen Sprache und leitet sich von κρίσις ab und bedeutet Einschätzung und Entscheidung. Ein Blick zurück auf das wirtschaftlich für die österreichische Landwirtschaft erfolgreiche Jahr 2022 ist die Bestätigung, dass Vieles richtig gemacht wurde. Dieser Befund ist die Basis dafür, über sich ändernde Rahmenbedingungen nachzudenken und neue Einschätzungen zu entwickeln und die Grundlagen für Entscheidungen zu erarbeiten, um für die Zukunft gewappnet zu sein.

Mit dem GAP-Strategieplan (GSP) sind in Österreich die Weichen für die Gemeinsame Agrarpolitik bis zum Ende des Jahrzehnts gestellt. Die Basis des Plans waren umfangreiche und detaillierte Analysen über Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken. Unmittelbar nach der Bearbeitung des GSP wurde mit dem Überfall Russlands auf die Ukraine klar, dass sich die Risiken in kürzester Zeit in nicht erwarteter Weise geändert, konkret erhöht, haben. Für die strategische Planung stellt sich daher die Frage, inwieweit Anpassungen und Nachjustierungen nötig sind bzw. mit welchen ergänzenden Ansätzen diesen Risiken begegnet werden kann.

Wo Risiken sind, gibt es auch Chancen. Auch diese sollen identifiziert werden, um sie zu nutzen. Der österreichische Agrarsektor in Verbindung mit den vor- und nachgelagerten Unternehmen hat bewiesen, dass disruptive Änderungen, wie der EU-Beitritt, bewältigt werden können. Die Anpassungskosten waren erheblich, aber anhand von drei Indikatoren wird sichtbar, was vor 27 Jahren niemand erwartet hätte:

- 1) Der Strukturwandel in der Landwirtschaft hat sich verlangsamt: nahm zwischen 2002 und 2012 die Zahl der Selbständigen in der Landwirtschaft um fast 25 % ab, so verringerte sich der Rückgang zwischen 2012 und 2022 auf 10 % (Statistik Austria 2022).
- 2) Österreich exportiert derzeit fast den gleichen Wert an Agrargütern und Lebensmitteln wie importiert wird: im Jahr 2000 wurden um 1,4 Mrd. Euro mehr Agrargüter und Lebensmittel importiert als exportiert, bis zum Jahr 2022 verringerte sich der negative Saldo auf 0,1 Mrd. Euro (WIFO 2023).
- 3) In kaum einem anderen industrialisierten Land gibt es so viele junge Hofnachfolger und Unternehmerinnen wie in Österreich (siehe dazu den Kontext-Indikator C.23 von European Commission 2023).

Auf den folgenden Seiten werden Herausforderungen, Szenarien, Chancen und Auswirkungen, die zu möglichen Veränderungen der österreichischen Landwirtschaft in Blickrichtung 2030 führen könnten, vorgestellt. Konkret geht es darum, zu identifizieren, welche notwendigen Transformationsprozesse sich in den folgenden Bereichen ergeben.

Trends und Steuerung durch die bereits implementierte Politik in der österreichischen Landwirtschaft

Strukturentwicklung

Österreich ist ein Land mit teils dichter, teils dünner Besiedlung und hat verglichen mit vielen anderen Ländern spezifische und sehr heterogene Voraussetzungen für die landwirtschaftliche Produktion. Im Gegensatz dazu haben zum Beispiel die Niederlande aufgrund der Topographie sehr ähnliche Produktionsbedingungen im ganzen Land, wenngleich lokal sehr große Unterschiede vorliegen, zum Beispiel in den regionalen Schwerpunkten der Tierhaltung bzw. Blumen- und Gemüseindustrie. Frankreich wiederum weist ähnlich heterogene Produktionsbedingungen auf wie Österreich, aber auf viel größerem Maßstab. Frankreich verfolgt jedoch seit 60 Jahren das Ziel, dass ein landwirtschaftlicher Betrieb eine Familie ernähren kann, wodurch sich die Struktur anders entwickelt hat als in Österreich. In Österreich wurde seit jeher die Erwerbskombination nicht benachteiligt, also von Investitionsförderungen nicht ausgeschlossen. Daher haben sich viele kleine Betriebe gehalten und Erwerbskombinationen vor allem mit dem Tourismus etabliert. Auch außerbetriebliches Einkommen sichert den Fortbestand vieler landwirtschaftlicher Betriebe. Dies ist möglich, weil es überwiegend eine agile regionale Wirtschaft gibt, die Job-Möglichkeiten eröffnet.

Diese Entwicklung wird sich bis 2030 verstärken. Die Möglichkeit für hochqualifizierte Erwerbstätige eine unselbständige Beschäftigung im Dienstleistungsbereich mit Home-Office zu verrichten, erleichtert Hofnachfolgern und Unternehmerinnen die Kombination verschiedene Erwerbsquellen mit einer landwirtschaftlichen Tätigkeit. Abgesichert wird dies durch ein einzigartiges Sozialsystem. Neue Geschäftsfelder (z.B. Green-Care) werden bis 2030 dazu führen, dass viele Betriebe brachliegende Ressourcen nutzen, um Wertschöpfung zu erzielen. Ein Einstieg in solche Geschäftsfelder ist jedoch mit hohen Risiken und Lernkosten verbunden, erfordert daher die sachkundige Begleitung durch Wissenschaft und Beratung.

Die Rolle der Agrarpolitik

Das Jahr 2022 hat Folgendes gezeigt: Die Erlöse vieler landwirtschaftlicher Güter sind pro Mengeneinheit stark gestiegen, auch die Kosten sind höher geworden. Die Inflation der Verbraucherpreise hat einen Wert von über 10 % erreicht. Die Zahlungen der EU-Agrarpolitik sind nominell annähernd gleichgeblieben. COVID-19-Maßnahmen und ad-hoc-Zahlungen haben – aus nationalen Mitteln – die Agrarförderungen erhöht, es ist aber absehbar, dass solche Zahlungen auslaufen werden.

Die Konsequenzen sind: Agrarzahlungen verlieren an Bedeutung, da die Opportunitätskosten steigen. Ein landwirtschaftlicher Haushalt hatte 2021 einen monatlichen Privatverbrauch von 3.100 Euro. Die Mehrausgaben im Jahr 2023 werden beträchtlich höher sein. Die Agrarpreise werden sinken, daher wird das Gewicht der Agrarzahlungen wiederum etwas zunehmen. Aufgrund der Inflation ist aber klar: Jahr für Jahr nimmt der Hebel der Agrarpolitik ab, über die EU-Mittel und die Kofinanzierung Anreize zu setzen, die sich wirtschaftlich rechnen.

Wo ist nun der wichtigste Hebel der Agrarpolitik? Dazu gibt es wenige belastbare Untersuchungen aber die Vermutung ist, dass Bildung und Humankapital immer wichtiger werden. Denn Bildung befähigt Personen, für sie bessere Entscheidungen zu treffen. Nicht ein zentraler Planer weiß, was am besten für einen Sektor ist, sondern die Entscheidungsträger und Entscheidungsträgerinnen selber. Dafür sind fachliche Kompetenzen nötig, deren Erwerb durch öffentliche Gelder unterstützt werden kann. Aktuelle und zuverlässige Information über die Marktlage ist ebenso unumgänglich.

Die Ernährung im Wandel der Zeit

Der abnehmende Trend des Pro-Kopf-Konsums von Fleisch¹ wird derzeit durch die Zunahme der Bevölkerung überlagert. Somit ist die Tragweite dieser Entwicklung in Österreich derzeit noch nicht in dem Umfang spürbar wie z.B. in Deutschland. In diesem Bereich sind disruptive Änderungen nicht ausgeschlossen (siehe eigenes Kapitel).

Aktuell werden mehrere Initiativen umgesetzt, um regionalen Produkten höhere Aufmerksamkeit bzw. mehr Marktanteil zu verschaffen und damit mehr Wertschöpfung zu ermöglichen: Herkunftskennzeichnung in der Gastronomie und Procurement (vgl. dazu eine Auswertung von OEDL-WIESER et al. 2022). Wie gut dies gelingt und wie wirksam die gewählten Maßnahmen sind, muss in den nächsten Jahren systematisch untersucht werden. Nur so können erfolgreiche und weniger erfolgreiche Maßnahmen identifiziert werden. Allfällige Nachjustierungen sind zu erwarten, die Basis dafür sind valide Daten.

Entwicklung von Agrarmärkten

Zur Entwicklung der Agrarmärkte bis 2030 gibt es sowohl von OECD und FAO (2022) als auch von der EU-Kommission (European Commission 2022) und vom USDA (2023) jährlich aktualisierte Ausblicke. Die wichtigsten Ergebnisse decken sich. Die Agrarmärkte werden vor allem von der zunehmenden Nachfrage nach höherwertigen Gütern auf globalen Märkten beeinflusst. Dies eröffnet vor allem der Milchproduktion und der Produktion hochwertiger Spezialitäten aus Europa neue Möglichkeiten.

Digitalisierung und neue Produktions-Technologien

Die Digitalisierung hat zunächst in der Medienwirtschaft, dann in Dienstleistungsunternehmen und der Administration Fuß gefasst. Zunehmend werden Produktionsprozesse und Logistik mit digitalen Technologien aufgewertet. Dabei wird immer klarer, dass die gewonnenen Daten verwendet werden, um neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. Einige davon mit dem Risiko, dass Abhängigkeiten geschaffen werden und der wirtschaftliche Vorteil sich auf die Anbieter solcher Lösungen verlagert.

Der Einsatz neuer Technologien betrifft zunehmend auch den Agrarsektor. Im Bereich der Züchtung, vor allem der Pflanzenzucht, werden seit einem Jahrzehnt neue Methoden eingesetzt, die raschere Fortschritte, etwa im Bereich der Klimawandelanpassung, erwarten lassen. Ob die Landwirtschaft in der EU einen Zugang zu diesen Technologien erhält, ist noch ungewiss.

Der Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel ist aufgrund der laufenden Einschränkung verfügbarer Substanzen kontinuierlich erschwert worden. Selbst Mittel mit geringen Nebenwirkungen werden vom Markt genommen. Güter unterliegen in den meisten Fällen den Bestimmungen der Herkunftsländer und nicht jenen der Zielländer. Dadurch verschlechtert sich die Wettbewerbssituation der heimischen Landwirtschaft und es zeichnet sich ab, dass vermehrt Importe heimisch produzierte Güter ersetzen.

Auswirkungen des Klimawandels und Vermeidung des Klimawandels

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft und damit verbundene Risiken sind weitgehend gut bekannt. Dazu zählen häufigere und längerdauernde Trocken- und Dürreperioden, hohe Temperaturen und vermehrte Hitzewellen, Spätfröste und Phasen, bei denen das Pflanzenwachstum eingestellt wird und ein höheres Risiko

¹ So ging der Verbrauch von Rind- und Kalbfleisch zwischen 2000 und 2021 von 13 auf 10 kg pro Jahr zurück; der Verbrauch von Schweinefleisch verringerte sich von 43 auf 34 kg. Im gleichen Zeitraum stieg der Verbrauch von Geflügelfleisch um 4 kg (Statistik Austria 2023b).

der Verbreitung invasiver Arten besteht (HASLMAYR et al. 2018). Die Folge sind höhere Kosten zur Ertragssicherung (z.B. Bewässerung) und/oder mehr Ausfälle (die zu höheren Kosten versichert werden müssen) sowie eine potentiell niedrigere Qualität produzierter Güter. Als Anpassungsstrategie liegen Vorhaben zur großflächigen Bewässerung in gefährdeten Regionen derzeit nur als Konzepte vor. Sie werden aber wohl nötig sein, um das Produktionspotential sicherzustellen und eine gewisse Eigenversorgung sicherzustellen. Die Verlängerung der Vegetationszeit und höhere Temperaturen haben auch Vorteile, vor allem im Grünland oder für bisher in Österreich kaum produzierte Pflanzenarten wie Reis oder Melonen.

Österreich hat das Ziel, bis 2040 netto-klimaneutral zu sein (Bundeskanzleramt 2019). Um dieses Ziel zu erreichen, sind bis 2030 deutliche Reduktionen der Emissionen von Sektoren, die nicht dem Emissionszertifikatehandel unterliegen, vorgesehen. Dies betrifft die Landwirtschaft. Aus heutiger Sicht führen die implementierten Maßnahmen und die erwarteten Entwicklungen auf Märkten und in der Produktivität zu sinkenden Emissionen in der Landwirtschaft bis 2030. Das Ausmaß der Rückgänge ist jedoch weit entfernt von einem Zielwert von -48 % gegenüber 2005².

Aus heutiger Sicht ist absehbar, dass der prozentuelle Anteil der Landwirtschaft an den Gesamtemissionen kontinuierlich zu(!)nehmen wird, selbst wenn die Emissionsmenge zurückgeht. In der Landwirtschaft wird es wohl auch 2050 Tierhaltung geben und es wird gedüngt werden, ohne dass alle Verluste vermieden werden können. Die Folge sind – zumindest aus heutiger Sicht – weiterhin hohe Emissionen. In anderen Sektoren – Verkehr, Gebäude und Energie – gibt es bereits am Markt etablierte Technologien, die eine Emissionsreduktion auf Null möglich machen. In der Landwirtschaft sind solche Technologien derzeit schlicht nicht verfügbar. Die einzige Option einer deutlichen Emissionsenkung ist vielfach das Einstellen der Produktion. Die Konsequenzen liegen auf der Hand. Wird die Zahl der Wiederkäuer weiter reduziert geht das in Österreich reichlich vorhandene Gras als Proteinquelle für die menschliche Ernährung verloren.

Erneuerbare Energieproduktion

Landwirtschaftliche Flächen und die darauf erzeugten Güter haben eine Vielzahl an Verwendungszwecken. Die Beimischung von Treibstoffen auf landwirtschaftlicher Basis zu Kraftstoffen ist derzeit nur aufgrund diskretionärer Eingriffe möglich. Diese stehen derzeit zur Diskussion. Pflanzenbasierte Kraftstoffe werden aber in den kommenden Jahrzehnten nötig sein, um Flugzeuge bzw. Fahrzeuge im Gelände, wie Traktoren, zu betreiben. Ein Teil davon wird holzbasiert hergestellt werden (vgl. SINABELL und STREICHER 2021), aber auch landwirtschaftliche Güter eignen sich dazu. Im selben Umfang, in dem fossile Kraftstoffe und Erdgas verteuert werden, rechnet sich die Produktion pflanzenbasierter Energieträger unter Marktbedingungen von selber, es sei denn, die Preise steigen im selben Ausmaß.

Landwirtschaftliche Flächen eignen sich auch als Standort für Windkraft-, Solar- und PV-Anlagen, sowie zur Aufforstung. Da die Flächennutzung bereits jetzt vielfachen rechtlichen Bestimmungen unterliegt, muss den neuen Technologien in künftigen Novelierungen Rechnung getragen werden. Dabei ist möglichen Zielkonflikten (z.B. Energieversus Nahrungsmittelproduktion) auf politischer Ebene Rechnung zu tragen. Aus einem ökonomischen Blickwinkel sollte die erzielbare Wertschöpfung für Landeigentümer die nötige Orientierung bieten.

² Commission Implementing Decision (EU) 2020/2126 of 16 December 2020 on setting out the annual emission allocations of the Member States for the period from 2021 to 2030 pursuant to Regulation (EU) 2018/842 of the European Parliament and of the Council (Text with EEA relevance), 2021.C72020/8865.

EU-Politiken abseits der Agrarpolitik

Zahlreiche Politikfelder abseits der Agrarpolitik haben Auswirkungen auf die Landwirtschaft. Einige davon sind bereits gut untersucht, wie etwa die Konsequenzen eines Freihandelsabkommens mit MERCOSUR (FERRARI et al. 2021) oder die Umsetzung der Farm-to-Fork-Strategie (BARREIRO et al. 2021). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen bieten Orientierung dahingehend, die entsprechenden Vorhaben mit stärkerem oder schwächerem Nachdruck zu verfolgen.

Während es im Bereich der Handelspolitik Fonds gibt, die Anpassungs- und Bewältigungsmaßnahmen in exponierten Sektoren unterstützen, fehlen entsprechende Instrumente in den anderen Politikfeldern. Das als „Geschäftsmodell“ bezeichnete Carbon Farming ist wahrscheinlich keine brauchbare Option für die meisten land- und forstwirtschaftlichen Betriebe (DI SARIO 2022).

Potentielle disruptive Entwicklungen

Ein Dilemma für die österreichische Politik kann entstehen, wenn in der EU in den nächsten Jahren die neuen gentechnischen Methoden (CRISPR CAS9) in der Landwirtschaft im breiten Umfang zugelassen werden, obwohl dies derzeit fraglich ist. Welche Bedingungen gelten dann für inländische Produzenten? Um zu vermeiden, dass der österreichische Agrarsektor ins Hintertreffen gelangt, muss eine explizite Entscheidung getroffen werden. Wenn die Agrarproduktion in Österreich von den künftigen Technologien zur Stabilisierung landwirtschaftlicher Erträge mit modernen (gentechnischen) Technologien abgenabelt wird, braucht man eine Alternative. Diese könnte darin bestehen, als kleines Land ein alternatives Modell für die Reichsten der Welt zu entwickeln. Mit 1 Promille der Bevölkerung weltweit ist vorstellbar, dies zu erreichen. Es muss aber klar sein, dass dies für die Mehrheit der eigenen Bevölkerung, für die Leistbarkeit ein wichtiges Kriterium ist, eine schlechte Option ist. Ein großer Teil der nationalen Nachfrage muss dann wohl überwiegend durch Importe gedeckt werden.

Man bedenke, die erfolgreichen Abgrenzungs-Kriterien der EU (geographische Indikation) beziehen sich nicht auf die Produktionsmethode, sondern auf Regionen in denen bestimmte Methoden angewendet werden, die eigentlich überall kopiert werden (können). Leichter scheint in dieser Konstellation also die Übernahme EU-weiter Standards (wie immer sie ausfallen) und die Betonung der Regionalität – dann hat man zumindest 8 Mio. Verbraucher und Konsumentinnen mit einer Neigung zu Gütern aus heimischer Produktion.

Veränderungen in den Ernährungsgewohnheiten

Der Konsum von Rind- und Schweinefleisch nimmt sowohl auf europäischer, als auch nationaler Ebene kontinuierlich ab. Im aktuellen Ausblick der EU-Kommission (EU-Commission) für die Agrarmärkte ist ablesbar, dass in der EU seit mehreren Jahren die Produktion von Milch, Schweine- und Rindfleisch gedrosselt wird. Diese Entwicklung wird sich fortsetzen. Es gibt sogar Hinweise, dass sich die Abnahme deutlich beschleunigen kann, wenngleich der Boom einzelner pflanzlicher Ersatzprodukte mittlerweile zu Erliegen gekommen ist (AHNE 2023). Ein rapider Rückgang des Absatzes von Fleisch kann eintreten, wenn pflanzenbasierte Ersatzprodukte annähernd gleich gute Eigenschaften wie tierische Erzeugnisse haben und gleichzeitig deutlich billiger werden. Wann dieser Zeitpunkt erreicht wird, ist derzeit nicht abzusehen. Er kann sehr nahe sein.

Wenn dies eintritt, kommt es zu einer Verlagerung der Wertschöpfung von tierhaltenden, landwirtschaftlichen Betrieben und deren Input-Lieferanten in die Nahrungsmittelindustrie, es sei denn, es entwickelt sich eine bäuerliche Produktion. Die Folgen für Marktfruchtbetriebe sind absehbar, insbesondere verkleinert der Wegfall von Nutztieren den Markt für viele Agrargüter.

Auf globaler Ebene zeichnet sich im kommenden Jahrzehnt eine gegensätzliche Entwicklung ab (vgl. OECD-FAO 2022). In vielen Ländern mit hohem Wirtschaftswachstum steigt die Nachfrage nach tierischen Produkten, die häufig im eigenen Land nicht in ausreichendem Maß erzeugt werden können. Dieses Absatz-Potential sollte aus EU-Sicht nicht ignoriert werden. Aus heutiger Sicht sollte das Augenmerk darauf gerichtet werden, mehr Evidenz über diese Prozesse zu schaffen, um potenziell Betroffenen gut abgesicherte Einschätzungen über die Entwicklung bereitzustellen.

Entwicklung von Agrarmärkten

Agrarmärkte sind global verflochten und bereits die Unterbrechung des Marktzugangs eines großen Landes kann zu starken Preisanstiegen und -schwankungen führen. Solche Situationen vorherzusehen ist nicht bzw. nur schwer möglich. Investitionen in die Robustheit der Wertschöpfungsketten sind daher eine notwendige Vorsorgemaßnahme. Ihre Fragilität zu kennen ist eine Voraussetzung dazu.

Eine Möglichkeit, die Zuverlässigkeit der Versorgung zu verbessern, ist ein enger Handelsaustausch mit jenen Ländern, die gleichartige Ziele verfolgen. Es ist aber auch klar, dass damit die Fragilität in einer schweren Krise, die diese Partner betrifft, steigen kann. Daher sind Vorkehrungen für Notstandsmaßnahmen zu treffen. Je besser alle Akteure darüber informiert sind und entsprechende Maßnahmen gesetzt haben, um so zuverlässiger wird die Stabilität von Wertschöpfungsketten und damit die Versorgung sichergestellt. Dabei muss bedacht werden, dass für die Produktion von Agrargütern und Lebensmittel unzählige weitere Güter (Vorleistungen) nötig sind, die sehr häufig importiert werden müssen.

Digitalisierung und Produktions-Technologien und Erneuerbare

Energieproduktion

Mit voranschreitender Digitalisierung steigt die Abhängigkeit von einer zuverlässigen und stabilen Versorgung mit elektrischer Energie und funktionsfähigen Datennetzen (mobil und leitungsgebunden). Um Versorgungsausfälle zu überbrücken, ist es daher nötig entsprechende Reservekapazitäten aufzubauen. Zum Beispiel sind im Bereich der Energieversorgung seit Kurzem PV-gekoppelte Speicher am Markt verfügbar, die auch längere Ausfälle des Stromnetzes überbrücken können. Diese sind aktuell noch nicht sehr weit verbreitet und daher teuer.

Im Bereich der für Menschen produzierten Medikamente wird zunehmend klarer, dass durch geographische Konzentration der Produktion die Versorgungssicherheit gefährdet wird. Dies trifft auch für Medikamente in der Tierhaltung, in der Produktion von generischen Pflanzenschutzmitteln und auf Futterzusätze (essentielle Aminosäuren) zu. Auch in diesen Bereichen ist es nötig, etwa durch geographische Streuung der Produktion die Krisenanfälligkeit zu verringern. Ein Re-Shoring wird jedoch nicht für allzu viele Produkte ein geeigneter Lösungsansatz sein.

Zur Erreichung der gesteckten Klimaschutz-Ziele bis 2030 und 2040 ist im Bereich der erneuerbaren Energieproduktion eine Disruption nötig, die eine zuverlässige Versorgung mit leistbarer Energie sicherstellt. Die Landwirtschaft kann dazu viele Beiträge liefern. Voraussetzung ist, dass für die erzeugte Energie Märkte etabliert werden und die Verfahren zur Installation der Anlagen (Produktion und Distribution) signifikant beschleunigt werden.

Auswirkungen des Klimawandels und Vermeidung des Klimawandels

Im Bereich der Klimawandelforschung gibt es bereits zahlreiche Untersuchungen, die so genannte Kipp-Punkte zum Gegenstand haben. Ab bestimmten Schwellwerten kann es zu weitreichenden Änderungen natürlicher Prozesse kommen. Die Konsequenzen für die

österreichische bzw. globale Landwirtschaft zu quantifizieren ist derzeit noch ein offenes Forschungsfeld. Zum besseren Verständnis sind weitere Forschungsanstrengungen nötig. Aufgrund der Implikationen von Kipp-Punkten sollte die möglichst rasche Reduktion bzw. gänzliche Vermeidung von Emissionen als zentrale Maßnahme gesehen werden. Es wäre eine falsche Strategie, erst lange zu Kipp-Punkten zu forschen und die Emissionsvermeidung hinauszuschieben.

Derzeit sind disruptive Entwicklungen in Bezug auf die Vermeidung von Emissionen aus der Landwirtschaft nicht abzusehen. Es gibt viele unterschiedliche Ansätze, die in kleinen Schritten zur Verringerung der Emissionen beitragen. Eine disruptive Änderung liegt jedenfalls dann vor, wenn national die landwirtschaftliche Produktion durch regulative Eingriffe auf ein Minimum reduziert wird, der Konsum mit importierten Gütern aber ungehindert bleibt. Dies sollte aus dem Blickwinkel der Versorgungssicherheit vermieden werden.

Literatur

AHNE, P., 2023: Her mit der Pseudo-Salami. Boom beim Fleischersatz. FAZ.net - online verfügbar unter: <https://www.faz.net/aktuell/feuilleton/debatten/vegane-wurst-fleischersatz-industrie-erlebt-ein-boom-18695498.html>

BARREIRO HURLE, J., M. BOGONOS, M. HIMICS, J. HRISTOV, I. PEREZ DOMINGUEZ, A. SAHOO, G. SALPUTRA, F. WEISS, E. BALDONI und C. ELLEBY, 2021: Modelling environmental and climate ambition in the agricultural sector with the CAPRI model, EUR 30317 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-20889-1, doi:10.2760/98160, JRC121368.

Bundeskanzleramt, 2019: Aus Verantwortung für Österreich. Regierungsprogramm 2020–2024. Eigenverlag, Bundeskanzleramt. Online verfügbar unter: <https://www.bundeskanzleramt.gv.at/bundeskanzleramt/die-bundesregierung/regierungsdokumente.html>

DI SARIO, F., 2022: EU's carbon farming plan comes under fire. Politico, November 20. Online verfügbar unter: <https://www.politico.eu/article/eu-carbon-farming-global-warming-climate-change-plan-comes-under-fire/>.

European Commission, 2023: Context indicators (2014-19). Online verfügbar unter: https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my-country/performance-agricultural-policy/cap-indicators/context-indicators_en. Abgerufen 3.3.2023.

European Commission, Directorate-General for Agriculture and Rural Development, EU agricultural outlook for markets, income and environment 2022-2032, Publications Office of the European Union. Online verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2762/29222>.

FERRARI, E., T. CHATZOPOULOS, I. PÉREZ DOMÍNGUEZ, P. BOULANGER, K. BOYSEN-URBAN, M. HIMICS und R. M'BAREK, 2021: Cumulative economic impact of trade agreements on EU agriculture. JRC Science for Policy Report. EUR 30496 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-27157-4, doi:10.2760/501873, JRC123037.

HASLMAYR, H.-P., A. BAUMGARTEN, M. SCHWARZ, S. HUBER, G. PROKOP, K. SEDY, C. KRAMMER, E. MURER, H. POCK, C. RODLAUER, A. SCHAUMBERGER, I. NADEEM und H. FORMAYER, 2018: BEAT – Bodenbedarf für die Ernährungssicherung in Österreich. Endbericht zum Forschungsprojekt Nr. 100975. Eigenverlag, AGES, Wien.

OECD und FAO, 2022: OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031, Eigenverlag OECD, Paris. Online verfügbar unter: <https://www.fao.org/publications/oecd-fao-agricultural-outlook/2022-2031/en/>

OEDL-WIESER, TH., M. KLIEN, E. QUENDLER und F. SINABELL, 2022: Öffentliche Beschaffung von Lebensmitteln in Österreich aus der Nachhaltigkeitsperspektive. *Austrian Journal of Agricultural and Regional Studies*, Vol. 31.12, 94-100. DOI: 10.15203/OEGA_31.12

SINABELL, F. und G. STREICHER, 2021: Holz im Bau und als Rohstoff für Kraftstoffe. Szenarien für die österreichische Volkswirtschaft. Monographien, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Wien. Online available at: <https://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/66985>.

Statistik Austria, 2022a: Landwirtschaftliche Gesamtrechnung Kalenderjahr 2022. Erste Vorschätzung. *Statistik im Fokus 01.36*. Eigenverlag, Wien.

Statistik Austria, 2023: Tabelle Landwirtschaftlicher Arbeitseinsatz (.ods). Online verfügbar unter: <https://www.statistik.at/statistiken/land-und-forstwirtschaft/land-und-forstwirtschaftliche-oekonomie-und-preise/landwirtschaftliche-gesamtrechnung/landwirtschaftliche-gesamtrechnung-auf-nationaler-ebene>. Abgerufen 3.3.2023

Statistik Austria, 2023b: Versorgungsbilanz. Online verfügbar unter: <https://statistik.at/statistiken/land-und-forstwirtschaft/landwirtschaftliche-bilanzen/versorgungsbilanzen>. Abgerufen 3.3.2023.

USDA, Office of the Chief Economist, World Agricultural Outlook Board, U.S. Department of Agriculture, 2023: *USDA Agricultural Projections to 2032*. Prepared by the Interagency Agricultural Projections Committee. Long-Term Projections Report OCE-2023-1.

WIFO, 2023: Außenhandelsdatenbank des WIFO, Wien. Abgerufen 3.3.2023

Methanreduktionspotential von Zitronengras, Biokohle und weiteren Futtermittelzusatzstoffen in der Rinderfütterung

Methane reduction potential of lemongrass, biochar and further feed additives in cattle feeding

Georg Terler^{1*}, Thomas Guggenberger¹, Daniel Eingang¹, Manuel
Winter² und Andreas Steinwider²

Zusammenfassung

Methanemissionen von Rindern machen rund 5 % der österreichischen Treibhausgasemissionen aus und tragen somit zum Klimawandel bei. Auch wenn dieser Anteil vergleichsweise gering ist, sollten Maßnahmen gesetzt werden, um diese Methanemissionen zu reduzieren. Eine vielversprechende Option ist der Einsatz von Futtermitteln oder Futtermittelzusatzstoffen, die die Methanproduktion im Pansen hemmen. In den letzten Jahren und Jahrzehnten wurde sehr viel Forschung zu diesem Thema betrieben. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die aktuellen Erkenntnisse zu Wirkung und Nebenwirkungen verschiedener Methan-reduzierender Futtermittel und Futtermittelzusatzstoffe. Im Besonderen wird auf 3-Nitrooxypropanol und Agolin Ruminant[®] eingegangen, da diese derzeit auf europäischer und österreichischer Ebene von besonderer Relevanz sind. Weiters werden auch Forschungsergebnisse der HBLFA Raumberg-Gumpenstein zum Einsatz von Zitronengras und Biokohle zur Methanreduktion vorgestellt. Die aktuelle Studienlage zeigt, dass 3-Nitrooxypropanol, Agolin Ruminant[®] und Zitronengras ein gutes Potential zur Reduktion von Methanemissionen haben. Biokohle scheint nach derzeitigem Stand nicht zur Methanreduktion beitragen zu können. Allerdings könnte es sein, dass durch die Verwendung anderer Ausgangsmaterialien oder technologische Modifikationen im Herstellungsprozess die methanreduzierende Wirkung von Biokohle verbessert werden kann. Dazu ist jedoch noch weitere Forschung nötig. Im Allgemeinen kann der Einsatz von Methan-reduzierenden Futtermittelzusatzstoffen empfohlen werden, sofern diese eine entsprechende Zulassung durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) besitzen und den Landwirtinnen und Landwirten die Kosten für diese klimaschonende Maßnahme abgegolten werden.

Schlagwörter: Methan, Klimaschutz, Umweltwirkungen, Fütterung, Futtermittelzusätze

Summary

Methane emissions of cattle make up approximately 5% of Austrian greenhouse gas emissions and contribute to climate change. Although this proportion is relatively small, measures are necessary to reduce this methane emissions. A promising option is the use of feeds or feed additives, which impede methane production in the rumen. A lot of research has been done on this topic in the last years and decades. This conference paper gives an overview of current

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

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

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

knowledge on effects and side-effects of various methane reducing feeds and feed additives. An especial focus is put on 3-nitrooxypropanol and Agolin Ruminant® as these feed additives are of special relevance in Europe and Austria, currently. Furthermore, recent research outcomes from AREC Raumberg-Gumpenstein regarding the use of lemongrass and biochar for methane reduction are presented. The current knowledge shows that 3-nitrooxypropanol, Agolin Ruminant® and lemongrass have a good potential to reduce methane emissions. According to recent studies, biochar does not seem to contribute to reduction of methane emissions. However, it could be that use of different basic material and technological changes in production process can increase the effect of biochar in methane reduction. But, this needs further research. In general, the use of methane reducing feed additives can be recommended, if these are approved by the European Food Safety Authority (EFSA) and farmers are compensated for the costs of this climate-protecting measure.

Keywords: methane, climate protection, environmental impacts, animal nutrition, feed additives

Einleitung

Laut UMWELTBUNDESAMT (2022) stammen 4,8 % der österreichischen Treibhausgasemissionen aus der Verdauung in Rindermägen. Im Zuge der mikrobiellen Verdauung in den Vormägen entsteht Methan, welches im Zuge des Wiederkauens ausgestoßen wird und in der Atmosphäre zum Treibhausgaseffekt beiträgt. Obwohl eine aktuelle Forschungsarbeit der Forschungsgruppe Ökoeffizienz der HBLFA Raumberg-Gumpenstein zeigt, dass Methan einen geringeren Effekt auf die langfristige Erderwärmung hat als meist berichtet (GUGGENBERGER et al. 2022), sollten die Methanemissionen von Rindern durch geeignete Maßnahmen reduziert werden. Eine Reduktion der Methanproduktion von Rindern kann nicht nur die Umweltwirkungen der Viehwirtschaft verringern, sondern auch die Effizienz der Produktion erhöhen, da die Methanbildung und -ausscheidung einen Energieverlust für das Tier darstellt.

Als besonders vielversprechend gelten Methan-reduzierende Futtermittel und Futtermittelzusatzstoffe. Daher wurden und werden weltweit unzählige wissenschaftliche Studien durchgeführt, welche den Effekt der Fütterung solcher Futtermittelzusatzstoffe untersuchen. Einen guten Überblick über Wirkungen und Nebenwirkungen von Futtermittelzusatzstoffen geben die Übersichtsarbeiten von VAN GASTELEN et al. (2019), BEAUCHEMIN et al. (2020) und ARNDT et al. (2022). Die wichtigsten Inhalte ihrer Arbeiten sind in *Tabelle 1* zusammengefasst. Auf vier potentiell methanreduzierende Futtermittelzusatzstoffe (3-Nitrooxypropanol, Agolin, Zitronengras und Biokohle) wird in der Folge näher eingegangen, da sie derzeit von größter Relevanz sind oder vor kurzem in Gumpenstein Forschungsprojekte dazu durchgeführt wurden.

3-Nitrooxypropanol

3-Nitrooxypropanol (kurz auch 3-NOP genannt), ist der erste Futtermittelzusatzstoff, der von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) eine Zulassung in der Kategorie „Stoffe, die die Umwelt günstig beeinflussen“ erhalten hat (EUROPÄISCHE UNION 2022). Die Zulassung liefert die Bestätigung, dass dieser Futterzusatzstoff seine unterstellte Wirkung erzielt und zu keinen ernststen Nebenwirkungen führt. Bei 3-NOP handelt sich um einen chemischen Methaninhibitor, weshalb offenbleibt, wie Konsumenten dem Einsatz dieses Futtermittelzusatzstoffes in der Rinderfütterung gegenüberstehen (BEAUCHEMIN et al. 2020). Die benötigte Menge an 3-NOP ist sehr gering. Meist wurden in wissenschaftlichen Versuchen 50 bis 200 mg 3-NOP pro kg Futtertrockenmasse zu-

Tabelle 1: Wirkungen und Eignung verschiedener Methan-reduzierender Futtermittelzusatzstoffe in der Rinderfütterung (nach VAN GASTELN et al. (2019), BEAUCHEMIN et al. (2020) und ARNDT et al. (2022))

| Futtermittelzusatz | Methanreduktionspotential | Wirkung auf Produktivität und Gesundheit | Sonstige Aspekte |
|--|---|--|--|
| Futterfette | mittel | kann Faserverdaulichkeit und Futteraufnahme verringern, durch höhere Energiedichte der Ration nicht leistungsmindernd | Einsatzgrenze für Fette in Rinderrationen (5 %) beachten Futterfette sind teuer |
| Tannine | gering bis mittel | kaum Effekte auf Produktivität je nach Tanninguelle Rückgang in Futteraufnahme und Verdaulichkeit möglich bei eiweißarmen Rationen Leistungsrückgang möglich, da Tannine Eiweißverdaulichkeit reduzieren | es gibt unterschiedliche Arten von Tanninen aus verschiedenen Quellen mit sehr unterschiedlichen Wirkungen Tannin-reiche Pflanzen können in Grünlandmischungen eingemischt werden |
| Ätherische Öle (z.B. Knoblauch) | keines bis mittel (v.a. Langzeitwirkung oft noch unklar, zum Teil in Laboruntersuchungen bessere Ergebnisse als bei Studien mit Tieren) | kein Effekt auf Futteraufnahme (bei Knoblauch) | große Vielfalt an Produkten aus verschiedenen Quellen mit unterschiedlichen Wirkungen |
| Algen | Mittel bis hoch (wenige Algenarten enthalten Methan-reduzierende Substanzen) | eine Methan-reduzierende Substanz ist Bromoform, welches die Gesundheit von Tier, Mensch und Umwelt beeinträchtigen kann | Produktion ist energieaufwändig Einsatzmenge könnte durch hohen Jod-Gehalt begrenzt sein |
| Chemische Methaninhibitoren (z.B. 3-Nitrooxypropanol = 3-NOP) | Hoch (mit steigendem Fasergehalt sinkt die Wirksamkeit von 3-NOP) | muss für jede Substanz individuell geprüft werden, da sie zum Teil toxisch sind 3-NOP hat keinen Effekt auf Futteraufnahme, Verdaulichkeit und Leistung, Risiken für Gesundheit von Mensch und Tier sind gering | Konsumentenakzeptanz fraglich, da chemische Produkte 3-NOP ist bislang einziger zugelassener Methan-reduzierender Futtermittelzusatz in EU |
| Nitrat | gering bis mittel | kann für Tiere toxisch sein, v.a. wenn sie nicht daran gewöhnt sind nur für eiweißarme Rationen geeignet, da Nitrat zusätzliche Stickstoffquelle ist Studien zeigen zum Teil Rückgang der Futteraufnahme | in der EU nicht als Futtermittelzusatz zugelassen |

gesetzt (DIJKSTRA et al. 2005). Eine Einmischrate von 100 mg/kg Futtertrockenmasse würde bedeuten, dass pro Kuh und Tag ca. 2 g 3-NOP benötigt werden.

Die Methan-reduzierende Wirkung von 3-NOP ist sehr gut. Laut mehrerer wissenschaftlicher Studien bewirkt der Einsatz von 3-NOP bei Milchkühen eine Reduktion des Methanausstoßes von rund 15 bis 40 % (DIJKSTRA et al. 2018, MELGAR et al. 2020, VAN GASTELEN et al. 2020, MELGAR et al. 2021). Futterraufnahme und Milchleistung werden durch die Zufütterung von 3-NOP nicht beeinflusst (MELGAR et al. 2020, VAN GASTELEN et al. 2020, MELGAR et al. 2021). Der Einsatz dieses Futtermittelzusatzstoffes führte jedoch zu einem höheren Milchfettgehalt und einer höheren produzierten Fettmenge (MELGAR et al. 2020, MELGAR et al. 2021) und zu einer höheren Verdaulichkeit der Ration (VAN GASTELEN et al. 2020). Die geringere Methanproduktion dürfte die Energieverwertung der Kühe verbessern, was jedoch nur in der Untersuchung von MELGAR et al. (2020) zu einer höheren Futtereffizienz führte. Interessant ist zudem, dass die Methan-reduzierende Wirkung von 3-NOP abnimmt, je höher der Fasergehalt der Ration ist (DIJKSTRA et al. 2018). Bei Mastrindern wurden bislang sehr unterschiedlich starke Wirkungen von 3-NOP auf die Methanproduktion festgestellt (VYAS et al. 2016, VYAS et al. 2018, ALEMU et al. 2021). In einer Auswertung von mehreren Studien kamen DIJKSTRA et al. (2018) zum Schluss, das 3-NOP bei Mastrindern weniger gut wirkt als bei Milchkühen.

Agolin Ruminant®

Die wichtigsten Eigenschaften und Wirkungen von Agolin Ruminant® sind in der Arbeit von BELANCHE et al. (2020), die auf mehreren Fütterungsversuchen mit Tieren basiert, gut beschrieben. Der folgende Absatz fasst die wichtigsten Inhalte dieser Arbeit zusammen.

Dieser Futtermittelzusatzstoff ist eine spezielle Mischung aus ätherischen Ölen, welche aus verschiedenen, in der Natur vorkommenden Pflanzen gewonnen werden. Die Einsatzmenge ist mit 1 g/Tag und Kuh, ähnlich wie bei 3-NOP, sehr gering. Die Studienergebnisse von BELANCHE et al. (2020) zeigen, dass in den ersten 4 Wochen nach Beginn der Zufütterung von Agolin Ruminant® keine eindeutigen Effekte auf Futterraufnahme und Methanemissionen zu erwarten sind. Einzig ein leichter Anstieg der Milchleistung um knapp 3 % wurde in den zugrundeliegenden Versuchen festgestellt. In einer weiteren Auswertung wurden nur Daten berücksichtigt, welche ab der 5. Woche nach Beginn der Zufütterung erhoben wurden. Hierbei zeigte sich nicht nur ein signifikanter Anstieg der Milchleistung um rund 4 %, sondern auch ein deutlicher Rückgang der Methanproduktion (9 % weniger Methan pro Tag, 13 % weniger Methan pro kg Futterraufnahme, 10 % weniger Methan pro kg Energie-korrigierter Milchleistung). Futterraufnahme, Milchzusammensetzung und Fettsäurezusammensetzung im Pansen wurden durch die Zufütterung dieses Futtermittelzusatzstoffes nicht beeinflusst.

Zitronengras

Zitronengras ist ein Süßgras (wie viele heimische Gräserarten), welches in warmen, feuchten Klimazonen wächst und somit in Österreich nicht angebaut werden kann. Zitronengras weist einen relativ hohen Gehalt an kondensierten Tanninen auf, welche, wie in *Tabelle 1* angeführt, eine geringe bis mittlere Methan-reduzierende Wirkung aufweisen.

Versuch der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Nach ersten vielversprechenden Ergebnissen einer mexikanischen Studie (VÁZQUEZ-CARRILLO et al. 2020) untersuchte die HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Projektleitung: Dr. Thomas Guggenberger), gemeinsam mit der Firma Marcher Fleischwerke GmbH (Villach), den Einfluss von Zitronengraszufütterung auf die Methanemissionen von Maststieren. Der Versuch wurde auf dem landwirtschaftlichen Betrieb von Christian Schrammel in



Abbildung 1: Zitronengras, das im Maststier-Versuch eingesetzt wurde

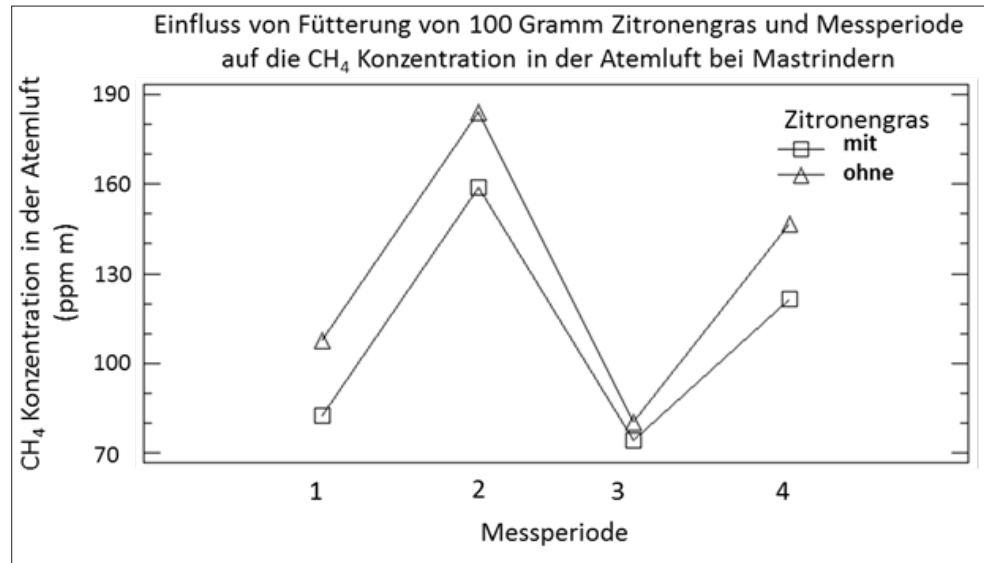
Scharzau am Steinfeld (Niederösterreich) durchgeführt und umfasste 48 Maststiere. Die Maststiere (vorwiegend Fleckvieh) waren zu Beginn des Versuchs zwischen 235 und 395 Tage alt. Die Messungen fanden im Herbst 2020 statt und erstreckten sich über einen Zeitraum von 84 Tagen.

Die Maststiere erhielten während des Versuchs eine Total-Mischration, welche sich aus 52,2 % Maissilage, je 5,3 % Grassilage und Gerstenstroh, 6,5 % Biertrebersilage, 11,0 % Rapsextraktionsschrot, je 9,1 % Gerste und Körnermais und 1,6 % Mineralstoffmischung zusammensetzte (Werte in % der Trockenmasse). Die Hälfte der Stiere erhielt nur diese TMR, der anderen Hälfte wurde zusätzlich auch 100 g Zitronengras pro Tag und Tier gefüttert. Alle drei Wochen wurde die Rationszuteilung gewechselt, sodass jeder Stier zweimal die Ration ohne und zweimal die Ration mit Zitronengras erhielt. Jeweils am Tag vor dem Rationswechsel wurde bei jedem Stier für 5 Minuten die Methankonzentration in der Atemluft mit Hilfe eines Laser-Methandetektors gemessen. Somit ergaben sich über den gesamten Versuchszeitraum vier Messzeitpunkte, zu denen die Methanproduktion festgestellt wurde. Die somit gemessenen Daten zur Methanproduktion wurden anschließend aufbereitet und daraus die Methanemission der Maststiere abgeschätzt. Nähere Informationen zur Methodik dieses Versuchs sind im Abschlussbericht zu finden (GUGGENBERGER et al. 2021).

Ergebnisse

Da die Stiere im Versuchszeitraum wuchsen, nahm auch deren Futterraufnahme zu und somit änderte sich auch der Anteil von Zitronengras in der Gesamtration. Am Beginn des Versuchs lag dieser Anteil bei den jüngsten Tieren bei 1,70 %, am Ende des Versuchs machte Zitronengras bei den ältesten Tieren dagegen nur mehr 1,14 % der Ration aus. Die Zufütterung von Zitronengras bewirkte im Durchschnitt eine 14,6 %-ige Reduktion der Methankonzentration in der Atemluft der Maststiere. Allerdings war auch zu beobachten, dass der Unterschied zwischen den beiden Vergleichsgruppen zu den verschiedenen Messzeitpunkten unterschiedlich groß war. Ein Grund dafür könnten unterschiedliche klimatische Bedingungen an den verschiedenen Messtagen sein.

Abbildung 2: Methan-konzentration in der Atemluft von Masttieren bei Fütterung von Rationen mit oder ohne Zitronengrasergänzung



Begleitend durchgeführte Messungen mit einem Pansensensor der Firma smaXtec zeigten keine Unterschiede im Pansen-pH-Wert und in der Körpertemperatur zwischen den Versuchsgruppen. Allerdings war die Aktivität bei den mit Zitronengras gefütterten Tieren höher.

Biokohle

In mehreren Forschungsprojekten wurde bereits die Methan-reduzierende Wirkung von Biokohle untersucht. Die Ergebnisse sind jedoch sehr unterschiedlich. Während TEOH et al. (2019), WINDERS et al. (2019) und TAMAYAO et al. (2021) keinen Effekt der Biokohle-Zufütterung auf die Methanproduktion feststellten, ging sie in den Studien von LENG et al. (2012a), LENG et al. (2012b) und SALEEM et al. (2018) durch den Einsatz von Biokohle deutlich zurück. Die oben genannten Studien wurden alle im Labor oder an wachsenden Rindern durchgeführt, für Milchkühe gibt es bislang jedoch kaum Ergebnisse. Deshalb wurde an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ein Versuch gestartet, in dem der Einfluss der Biokohlezufütterung auf die Methanproduktion von Milchkühen untersucht wurde.

Versuch an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Dieser Versuch war Teil des LIFE-Projekts Farm4More und dauerte von September 2021 bis Jänner 2022. Die im Versuch verwendete Biokohle wurde von der Firma biocharNergy GmbH (Gabersdorf, Steiermark) produziert. Als Ausgangsmaterial für die Biokohleproduktion wurde unbehandeltes Eschenholz verwendet. Weiters wurde in diesem Versuch auch Futterharnstoff als Zusatz eingesetzt. Damit sollte untersucht werden, ob mit Futterharnstoff eine ähnliche Methan-reduzierende Wirkung erzielt werden kann wie mit Nitrat.

Für die Untersuchungen wurden 18 Milchkühe (Fleckvieh und Holstein Friesian) verwendet. Die Kühe hatten *ad libitum*-Zugang zu einer Grundfuttermischung aus 40 % Grassilage, 30 % Maissilage und 30 % Heu (Angaben in % der Trockenmasse). Das Kraftfutter erhielten sie einerseits über den Melkroboter (Fertigmischung, 2 kg/Tag) und andererseits über einen Kraftfutterautomaten (24 % Gerste, 25 % Körnermais, je 8 % Weizen und Trockenschnitzel, 5 % Weizenkleie, je 15 % Raps- und Sojaextraktionsschrot, leistungsangepasst). Weiters erfolgte auch eine bedarfsangepasste Mineralstoffergänzung. Die Milchkühe wurden im Melkroboter gemolken und weiters wurden 3-mal wöchentlich Milchproben gezogen und zur Analyse an das Qualitätslabor St. Michael geschickt.



Abbildung 3: Für die Fütterung vorbereitetes Versuchsfutter

Für den Versuch wurden 3 Versuchsgruppen mit je 6 Kühen gebildet. Eine Versuchsgruppe erhielt, zusätzlich zu den oben beschriebenen Futtermitteln, 2 kg Energiekraftfutter pro Kuh und Tag (34 % Gerste, 36 % Körnermais, je 11 % Weizen und Trockenschnitzel, 7 % Weizenkleie, 1 % Rapsöl). Bei den beiden weiteren Versuchsgruppen wurde in dieses Energiekraftfutter noch 200 g Biokohle pro Kuh und Tag bzw. 200 g Biokohle und 90 g Futterharnstoff pro Kuh und Tag eingemischt. Die Fütterung des Versuchsfutters erfolgte in zwei Teilgaben pro Tag (zur Morgen- und Abendfütterung).

Jede Versuchsgruppe erhielt eines dieser Versuchsfutter fünf Wochen lang. Nach Ablauf der 5 Wochen wurde die Futterzuteilung gewechselt, so dass am Ende des Versuchs jede Kuh jedes Futter einmal erhielt. In den letzten drei Wochen dieser 5-wöchigen Perioden wurden Futteraufnahme, Milchleistung, Milchzusammensetzung und Methanproduktion der Milchkühe erhoben. Die Messung der Methanproduktion erfolgte in den Respirationsskammern der HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Jede Kuh wurde einmal während des Versuchs für die Methanmessungen verwendet, wobei eine Messung vier Tage dauerte. Während der Messungen in den Respirationsskammern wurde zudem auch die Verdaulichkeit der Rationen untersucht. Für die Auswertung standen somit Methanproduktions- und Verdaulichkeitsdaten von sechs Kühen pro Versuchsfutter zur Verfügung.

Ergebnisse

Die Zufütterung von Biokohle hatte in diesem Versuch keinen Einfluss auf die Futter- und Nährstoffaufnahme, die Milchleistung und die Methanproduktion vom Milchkühen (Tabelle 2). Die Methanproduktion pro Tag stieg durch die Biokohlezufütterung um 8,1 % an, während die Methanproduktion pro kg Energie-korrigierter Milchleistung um 12,5 % zurückging. Beide Unterschiede zur Kontrollgruppe waren jedoch nicht signifikant. Ebenso wurden auch die Verdaulichkeit der Ration und die Futterverwertung durch die Biokohleeinmischung weder gefördert noch gehemmt. Die zusätzliche Ergänzung von Futterharnstoff führte zu einer höheren Rohproteinaufnahme, während die Aufnahme an nutzbarem Rohprotein konstant blieb. Dies hatte eine deutlich höhere ruminale Stickstoffbilanz (38,7 g/Tag im Vergleich zu 3,9 bzw. 3,2 g/Tag) und einen signifikant höheren Milchwahnhstoffgehalt (24,6 mg/100 ml im Vergleich zu 18,9 und 18,2 mg/100 ml) der Versuchsgruppe mit Biokohle- und Harnstoffergänzung zur Folge. Die Methanproduktion, die Verdaulichkeit der Ration und die Futterverwertung wurden durch die Zufütterung von Biokohle und Harnstoff nicht reduziert.

Tabelle 2: Futter- und Nährstoffaufnahme, Milchleistung, Milchinhaltsstoffe, Methanproduktion, Verdaulichkeitsparameter und Futterverwertung von Milchkühen bei Verfütterung von Rationen ohne Zusatz, mit Biokohleergänzung oder mit Biokohle- und Futterharnstoffergänzung

| | ohne Zusatz | Biokohle | Biokohle + Harnstoff | p-Wert | rSD |
|---|--------------------|--------------------|----------------------|--------|-------|
| Futter- und Nährstoffaufnahme | | | | | |
| Grundfutteraufnahme, kg TM/Tag | 14,2 | 14,2 | 14,3 | 0,994 | 0,6 |
| Kraftfutteraufnahme, kg TM/Tag | 4,8 | 5,1 | 4,9 | 0,264 | 0,5 |
| Gesamtfutteraufnahme, kg TM/Tag | 19,0 | 19,3 | 19,2 | 0,909 | 0,6 |
| NEL-Aufnahme MJ/Tag | 117,3 | 118,6 | 118,4 | 0,934 | 3,9 |
| Rohproteinaufnahme, g/Tag | 2.661 ^b | 2.683 ^b | 2.934 ^a | 0,009 | 152 |
| nXP-Aufnahme, g/Tag | 2.635 | 2.663 | 2.690 | 0,819 | 84 |
| Ruminale Stickstoffbilanz, g/Tag | 3,9 ^b | 3,2 ^b | 38,7 ^a | <0,001 | 13,7 |
| Milchleistung und Milchinhaltsstoffe | | | | | |
| Energie-korrigierte Milchleistung, kg/Tag | 22,0 | 22,2 | 22,3 | 0,966 | 2,7 |
| Milchfettgehalt, % | 4,19 | 4,25 | 4,24 | 0,836 | 0,20 |
| Milcheiweißgehalt, % | 3,58 | 3,53 | 3,55 | 0,626 | 0,06 |
| Milchharnstoffgehalt, mg/100 ml | 18,9 ^b | 18,2 ^b | 24,6 ^a | <0,001 | 5,1 |
| Methanproduktion | | | | | |
| Methanproduktion, g/Tag | 322 | 348 | 371 | 0,210 | 5 |
| Methanproduktion, g/kg Futteraufnahme | 18,0 | 19,6 | 20,8 | 0,221 | 0,3 |
| Methanproduktion, g/kg ECM | 19,2 | 16,8 | 17,2 | 0,580 | 0,8 |
| Verdaulichkeit und Futterverwertung | | | | | |
| Verdaulichkeit der Organischen Masse, % | 74,6 | 74,9 | 76,4 | 0,305 | 1,4 |
| Futterverwertung, kg TM/kg ECM | 0,868 | 0,880 | 0,870 | 0,907 | 0,050 |

TM = Trockenmasse; NEL = Nettoenergie Laktation; nXP = nutzbares Rohprotein; ECM = Energie-korrigierte Milchleistung; rSD = Residualstandardabweichung; Unterschiedliche Hochbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen.

In einer Untersuchung am LAZBW Aulendorf (Baden-Württemberg, GERSTER et al. (2022)) hatte die Zufütterung von Futterkohle ebenfalls keinen Einfluss auf Futteraufnahme, Milchleistung, Milchinhaltsstoffe und Methanproduktion von Fleckvieh-Milchkühen. Alles in allem muss also festgehalten werden, dass die in diesem Versuch verwendete Biokohle die Methanreduktion aus der Rinderhaltung nicht reduziert. Allerdings können das Ausgangsmaterial und die Herstellungsweise (v.a. die Temperatur bei der Kohleerzeugung) einen wesentlichen Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften der Biokohle haben (SALEEM et al. 2018). Ein abschließendes Fazit, ob Biokohle ein Potential zur Methanreduktion hat, kann daher anhand der bisherigen Erkenntnisse nicht gezogen werden. Dafür braucht es noch weitere Forschung mit unterschiedlich hergestellten Arten von Biokohle.

Empfehlungen für die Praxis

Die oben angeführten Studienergebnisse zeigen, dass es einige verschiedene Futtermittel oder Futtermittelzusatzstoffe gibt, die das Potential haben, Methanemissionen aus der Wiederkäuerfütterung zu reduzieren. Das ist als sehr positiv zu beurteilen, da somit in Zukunft die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft reduziert werden können. Wichtig ist jedoch, dass die eingesetzten Futtermittelzusatzstoffe auch eine EFSA-Zulassung als „Stoff, der die Umwelt günstig beeinflusst“ besitzt. Denn nur durch die Zulassung

ist die Methan-reduzierende Wirkung dieses Zusatzstoffes offiziell bestätigt und ernste Nebenwirkungen können ausgeschlossen werden. Einen Überblick über den aktuellen Stand der Zulassungen gibt Ihnen der nachfolgende Beitrag von DI Franz Doppelreiter. Wenn eine Zulassung erteilt ist, kann der Einsatz dieses Futtermittelzusatzstoffes empfohlen werden. Wichtig wird jedoch sein, dass die Landwirtinnen und Landwirte für dieses klimaschonende Verhalten belohnt werden und nicht die Kosten für den Einsatz von Methan-reduzierenden Futtermittelzusatzstoffen tragen müssen.

Literatur

ALEMU, A.W., A.L. SHRECK, C.W. BOOKER, S.M. McGINN, L.K.D. PEKRUL, M. KINDERMANN und K.A. BEAUCHEMIN, 2021: Use of 3-nitrooxypropanol in a commercial feedlot to decrease enteric methane emissions from cattle fed a corn-based finishing diet. *J. Anim. Sci.* 99.

ARNDT, C., A.N. HRISTOV, W.J. PRICE, S.C. McCLELLAND, A.M. PELAEZ, S.F. CUEVA, J. OH, J. DIJKSTRA, A. BANNINK und A.R. BAYAT, 2022: Full adoption of the most effective strategies to mitigate methane emissions by ruminants can help meet the 1.5°C target by 2030 but not 2050. *P. Natl. Acad. Sci.* 119, e2111294119.

BEAUCHEMIN, K.A., E.M. UNGERFELD, R.J. ECKARD und M. WANG, 2020: Review: Fifty years of research on rumen methanogenesis: lessons learned and future challenges for mitigation. *Animal* 14, s2-s16.

BELANCHE, A., C.J. NEWBOLD, D.P. MORGAVI, A. BACH, B. ZWEIFEL und D.R. YÁÑEZ-RUIZ, 2020: A meta-analysis describing the effects of the essential oils blend agolin ruminant on performance, rumen fermentation and methane emissions in dairy cows. *Animals* 10, 620.

DIJKSTRA, J., J.M. FORBES und J. FRANCE, 2005: Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. 2nd edition, CABI Publishing.

DIJKSTRA, J., A. BANNINK, J. FRANCE, E. KEBREAB und S. VAN GASTELEN, 2018: Short communication: Antimethanogenic effects of 3-nitrooxypropanol depend on supplementation dose, dietary fiber content, and cattle type. *J. Dairy Sci.* 101, 9041-9047.

EUROPÄISCHE UNION, 2022: Register of feed additives pursuant to Regulation (EC) No 1831/2003 - Annex I: List of feed additives. Edition 06/2022, Europäische Union, Luxemburg.

GERSTER, E., S. ENGEL, S. FEY und W. REUTLINGER, 2022: Methanemissionen von Fleckviehmilchkühen beim Einsatz von Futterkohle. Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 03.-04.05.2022, Soest, 97-100.

GUGGENBERGER, T., G. TERLER, D. EINGANG und S. GAPPMAIER, 2021: Wirkung einer Gabe von 100 g Zitronengras auf die Methan (CH₄)-Konzentration in der Atemluft von Masttieren. Abschlussbericht Lemongras, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 35 S.

GUGGENBERGER, T., G. TERLER, M. HERNDL, C. FRITZ und F. GRASSAUER, 2022: Langzeitbewertung von Treibhausgasemissionen in Österreich. Forschungsbericht, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 33 S.

LENG, R.A., S. INTHAPANYA und T.R. PRESTON, 2012a: Biochar lowers net methane production from rumen fluid *in vitro*. *Livest. Res. Rural Dev.* 24, 103.

LENG, R.A., T.R. PRESTON und S. INTHAPANYA, 2012b: Biochar reduces enteric methane and improves growth and feed conversion in local "Yellow" cattle fed cassava root chips and fresh cassava foliage. *Livest. Res. Rural Dev.* 24, 199.

- MELGAR, A., K.C. WELTER, K. NEDELKOV, C.M.M.R. MARTINS, M.T. HARPER, J. OH, S.E. RÄISÄNEN, X. CHEN, S.F. CUEVA, S. DUVAL und A.N. HRISTOV, 2020: Dose-response effect of 3-nitrooxypropanol on enteric methane emissions in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 103, 6145-6156.
- MELGAR, A., C.F.A. LAGE, K. NEDELKOV, S.E. RÄISÄNEN, H. STEFENONI, M.E. FETTER, X. CHEN, J. OH, S. DUVAL, M. KINDERMANN, N.D. WALKER und A.N. HRISTOV, 2021: Enteric methane emission, milk production, and composition of dairy cows fed 3-nitrooxypropanol. *J. Dairy Sci.* 104, 357-366.
- SALEEM, A.M., J.G.O. RIBEIRO, W.Z. YANG, T. RAN, K.A. BEAUCHEMIN, E.J. McGEOUGH, K.H. OMINSKI, E.K. OKINE und T.A. McALLISTER, 2018: Effect of engineered biocarbon on rumen fermentation, microbial protein synthesis, and methane production in an artificial rumen (RUSITEC) fed a high forage diet. *J. Anim. Sci.* 96, 3121-3130.
- TAMAYAO, P.J., G.O. RIBEIRO, T.A. McALLISTER, H.E. YANG, A.M. SALEEM, K.H. OMINSKI, E.K. OKINE und E.J. McGEOUGH, 2021: Effects of post-pyrolysis treated biochars on methane production, ruminal fermentation, and rumen microbiota of a silage-based diet in an artificial rumen system (RUSITEC). *Anim. Feed Sci. Technol.* 273, 114802.
- TEOH, R., E. CARO, D.B. HOLMAN, S. JOSEPH, S.J. MEALE und A.V. CHAVES, 2019: Effects of hardwood biochar on methane production, fermentation characteristics, and the rumen microbiota using rumen simulation. *Front. Microbiol.* 10, 1534.
- UMWELTBUNDESAMT, 2022: Klimaschutzbericht 2022. Umweltbundesamt, 258 S.
- VAN GASTELEN, S., J. DIJKSTRA und A. BANNINK, 2019: Are dietary strategies to mitigate enteric methane emission equally effective across dairy cattle, beef cattle, and sheep? *J. Dairy Sci.* 102, 6109-6130.
- VAN GASTELEN, S., J. DIJKSTRA, G. BINNENDIJK, S.M. DUVAL, J.M.L. HECK, M. KINDERMANN, T. ZANDSTRA und A. BANNINK, 2020: 3-Nitrooxypropanol decreases methane emissions and increases hydrogen emissions of early lactation dairy cows, with associated changes in nutrient digestibility and energy metabolism. *J. Dairy Sci.* 103, 8074-8093.
- VÁZQUEZ-CARRILLO, M.F., H.D. MONTELONGO-PÉREZ, M. GONZÁLEZ-RONQUILLO, E. CASTILLO-GALLEGOS und O.A. CASTELÁN-ORTEGA, 2020: Effects of three herbs on methane emissions from beef cattle. *Animals* 10, 1671.
- VYAS, D., S.M. MCGINN, S.M. DUVAL, M. KINDERMANN und K.A. BEAUCHEMIN, 2016: Effects of sustained reduction of enteric methane emissions with dietary supplementation of 3-nitrooxypropanol on growth performance of growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 94, 2024-2034.
- VYAS, D., S.M. MCGINN, S.M. DUVAL, M.K. KINDERMANN und K.A. BEAUCHEMIN, 2018: Optimal dose of 3-nitrooxypropanol for decreasing enteric methane emissions from beef cattle fed high-forage and high-grain diets. *Anim. Prod. Sci.* 58, 1049-1055.
- WINDERS, T.M., M.L. JOLLY-BREITHAUPT, H.C. WILSON, J.C. MacDONALD, G.E. ERICKSON und A.K. WATSON, 2019: Evaluation of the effects of biochar on diet digestibility and methane production from growing and finishing steers. *Transl. Anim. Sci.* 3, 775-783.

Futtermittelzusatzstoffe – Rechtliche Situation und praktische Umsetzung

Feed additives - Legal situation and practical implementation

Franz Doppelreiter^{1*}

Zusammenfassung

Futtermittelzusatzstoffe spielen als Mikrokomponenten eine wichtige Rolle in der Tierernährung. Es gibt aber zahlreiche futtermittelrechtliche Anforderungen für die Hersteller, Vertreiber und die Landwirte als Anwender zu beachten. Nicht jeder Zusatzstoff darf vom Landwirt zur Mischfutterproduktion eingesetzt werden und auch die Produzenten müssen sich an rechtliche Vorgaben der betreffenden Zulassungsverordnungen halten. Im vorliegenden Beitrag werden unterschiedliche rechtliche Anforderungen und deren praktische Umsetzung behandelt.

Schlagwörter: Mikrokomponenten, Abgrenzung, Verwendungszweck, Zusatzstoffverordnung

Summary

Feed additives as microcomponents are very important for animal nutrition. However, there are numerous legal requirements for manufacturers, distributors and farmers as users to observe. Not every additive may be used by the farmer for compound feed production, and producers also have to comply with legal requirements of the relevant authorization regulations. This article deals with different legal requirements and their practical implementation concerning feed additives, as well as delimitation to other legal areas.

Keywords: microcomponents, additives, delimitation

Einleitung

Futtermittelzusatzstoffe sind ein wichtiges Hilfsmittel in der Tierernährung, um Rezepturen dem leistungsorientierten Nährstoffbedarf der Tiere anzupassen. Darüber hinaus erfüllt diese Produktgruppe auch moderne politische Vorgaben, wie z.B. die Verbesserung von Nachhaltigkeit und Umweltschutz, indem sich individuelle Schwachstellen größerer Rezepturkomponenten ausgleichen lassen und damit auch die Ausscheidung von wertvollen Nährstoffen, wie Stickstoff oder Phosphor, minimiert werden kann. Zum besseren Verständnis könnte man bei Zusatzstoffen im Zusammenhang mit der Tierernährung von **Mikrokomponenten** sprechen, während die Einzelfuttermittel bzw. Futtermittelausgangserzeugnisse als Hauptbestandteile eines Mischfuttermittels die **Makrokomponenten** darstellen.

¹ Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Institut für Tierernährung und Futtermittel, Spargelfeldstraße 191, A-1220 Wien

* Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Franz Doppelreiter, email: franz.doppelreiter@ages.at

Definitionen

Nach dem Futtermittelrecht sind Zusatzstoffe in der Definition für Futtermittel enthalten, aufgrund der diversen Besonderheiten werden sie aber gesondert dargestellt. Die historisch erste umfangreiche rechtliche Zusammenfassung der gängigen Zusatzstoffe erfolgte mit der Richtlinie 70/524/EWG, die erst mehr als drei Jahrzehnte später durch die aktuelle Zusatzstoffverordnung (EG) 1831/2003 abgelöst wurde. Die derzeit gültige Definition für Zusatzstoffe lautet: „Futtermittelzusatzstoffe“ sind Stoffe, Mikroorganismen oder Zubereitungen, die keine Futtermittel-Ausgangserzeugnisse oder Vormischungen sind und bewusst Futtermitteln oder Wasser zugesetzt werden, um insbesondere eine oder mehrere der in Artikel 5 Absatz 3 genannten Funktionen zu erfüllen. Im Vergleich dazu werden Futtermittel gemäß Verordnung (EG) 178/2002 folgendermaßen beschrieben: „Futtermittel“ sind Stoffe oder Erzeugnisse, auch Zusatzstoffe, verarbeitet, teilweise verarbeitet oder unverarbeitet, die zur oralen Tierfütterung bestimmt sind.

Eine weitere wichtige Definition ist jene der „oralen Tierfütterung“: Dabei handelt es sich um die Aufnahme von Futtermitteln in den tierischen Verdauungstrakt durch das Maul bzw. den Schnabel, um den Nahrungsbedarf der Tiere zu decken oder die Produktivität von normal gesunden Tieren aufrechtzuerhalten. Neben einer gesonderten Regelung in der Verordnung (EG) 767/2009 ist dieser Text die Basis dafür, dass, neben sonstigen irreführenden Behauptungen, alle Aussagen zu Wirkungen von Futtermittelzusatzstoffen in Richtung Prävention oder Therapie von Krankheiten unzulässig sind, sofern sie nicht den Anwendungsbereich von kokzidiösen Abwehrstoffen (Kokzidiostatika) betreffen oder jenen der Futtermittel für bestimmte Ernährungszwecke (Diätfuttermittel) nach Verordnung (EU) 2020/354.

Zulassung

Zusatzstoffe sind die einzige Produktgruppe innerhalb der Futtermittel, für die eine Zulassung benötigt wird. Zu diesem Zweck ist es erforderlich, einen entsprechenden Antrag an die Europäische Kommission zu richten und diesem die erforderlichen bzw. gemäß Verordnung (EG) 429/2008 erstellten Antragsunterlagen beizulegen. Das in der Folge ablaufende Verfahren folgt einem bestimmten Zeitplan, ein Zeithorizont bis zum Vorliegen einer Zulassungsverordnung ist jedoch schwer abzuschätzen. Erfahrungsgemäß ist ein Verfahren kaum vor Ablauf eines Jahres erledigt und kann sich auch über mehrere Jahre hinziehen. Für Details und weitere Informationen die Zulassung betreffend ist die Internetseite des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit in Deutschland zu empfehlen (www.bvl.bund.de/Arbeitsbereiche/Futtermittel/Häufig_gesucht/Zulassung_von_Futtermittelzusatzstoffen).

Kategorien und Gruppen

Futtermittelzusatzstoffe sind eine sehr umfangreiche und heterogene Gruppe, die in fünf Kategorien unterteilt wird, die ihrerseits wieder aus diversen Funktionsgruppen bestehen (vollständige Aufgliederung siehe Anhang I der Verordnung (EG) 1831/2003):

1. **technologische** Zusatzstoffe (Konservierungsstoffe, Antioxidantien, Bindemittel, Emulgatoren, Stabilisatoren, Geliermittel, Silierzusatzstoffe, Fließhilfsstoffe, Trennmittel, Stoffe zur Reduktion der Mykotoxinbelastung (Mykotoxinreduzierer), Hygienisierungsmittel, etc.),
2. **sensorische** Zusatzstoffe (an Produkten umfangreichste Kategorie der Farb- und Aromastoffe),
3. **ernährungsphysiologische** Zusatzstoffe (Vitamine, Spurenelemente, Aminosäuren, Harnstoff, etc.),

4. **zootechnische** Zusatzstoffe (Verdaulichkeitsförderer, Darmstabilisatoren, Stoffe, die die Umwelt günstig beeinflussen, sonstige zootechnische Zusatzstoffe und Mittel zur Stabilisierung des physiologischen Zustandes),
5. **Kokzidiostatika** und **Histomonostatika** (derzeit nur Kokzidiostatika zugelassen).

Die Zuordnung eines Zusatzstoffes zu Kategorie und Funktionsgruppe ist anhand der Identifikationsnummer recht einfach zu erkennen: So beginnen beispielsweise Silierzusatzstoffe immer mit der Zeichenfolge 1k, Bindemittel mit 1g und Vitamine mit 3a. Eine übersichtliche Darstellung aller derzeit zugelassenen Zusatzstoffe mit den verlinkten Original-Zulassungsverordnungen enthält das EU-Zusatzstoffregister, das unter https://food.ec.europa.eu/system/files/2022-12/animal-feed_additives_eu-register_1831-03_0.pdf eingesehen werden kann. Zu beachten ist dabei, dass das Register selbst nur informellen Charakter besitzt, rechtlich bindend sind nur die jeweiligen Zulassungsverordnungen.

Ergänzend zum Register ist auszuführen, dass in diesem auch Produkte angeführt sind, die noch die alten E-Nummern oder nur Ziffern tragen. Das bedeutet aber nicht, dass alle Lebensmittelzusatzstoffe ebenfalls zulässig wären oder dass Gruppen, wie die phyto-genen Aromastoffe grundsätzlich verwendbar sind. Bei diesen „Altprodukten“ handelt es sich vielmehr um Zusatzstoffe, für die vor dem 8. November 2010 ein Antrag auf Zulassung als Futtermittelzusatzstoff eingebracht werden musste und für die im Zuge der Neubewertung aller Zusatzstoffe das Verfahren noch nicht abgeschlossen werden konnte. Folglich dürfen nur solche Produkte bis zum Abschluss der Neubewertung weiterhin verwendet werden, für die ein Zulassungsantrag und die nötigen Antragsunterlagen vorliegen.

Verwendungszweck

Hinsichtlich des Verwendungszwecks sind einige Punkte zu beachten, auf die hier anhand einiger Beispiele eingegangen wird.

- a. Für Bindemittel (1g) ist die Definition nach Anhang I der Zusatzstoffverordnung maßgeblich, nach der es sich um technologische Stoffe handelt, die die Tendenz der Partikel eines Futtermittels, haften zu bleiben, erhöhen. Es geht hier ausschließlich um die Beeinflussung der Futtermittelqualität. Folglich ist es nicht zulässig, im Zusammenhang mit solchen Produkten deren Bindung von Stoffwechselprodukten, Schadgasen oder Toxinen zu bewerben, da dies ein Verstoß gegen den zulässigen Verwendungszweck und die Zulassungsbedingungen wäre.
- b. Zusatzstoffe zur Minderung der Belastung mit Mykotoxinen (1m) dürfen in einem Mischfutter auch als Mykotoxinreduzierer bezeichnet werden. Der Einsatz dieser Produkte ist jedoch nur dann erlaubt, wenn im betreffenden Mischfuttermittel der futtermittelrechtliche Richt- oder Grenzwert für das jeweilige Mykotoxin eingehalten wird. Zusätzlich ist es unzulässig, den Begriff Toxinbinder im Rahmen der Produktkennzeichnung zu verwenden.
- c. Stoffe, die sich günstig auf die Umwelt auswirken: In dieser Funktionsgruppe gibt es mit 3-NOP (3-Nitro-Oxy-Propanol, 4c1) erst ein zugelassenes Produkt. Angebliche Wirkungen betreffend die Bindung von Schadgasen unterschiedlicher Art (Ammoniak, Methan, etc.) im Zusammenhang mit anderen Stoffen, wie z.B. Tonmineralien oder Aromastoffen sind somit nicht erlaubt.
- d. Mittel zur Stabilisierung des physiologischen Zustandes: Hier gibt es noch kein zugelassenes Produkt, es liegen aber erste Anträge vor mit dem Ziel, z.B. CBD als Zusatzstoff zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit gegen Stressfaktoren einzusetzen. Im Zusammenhang mit Stress sei an dieser Stelle auch auf einen entsprechenden besonderen Ernährungszweck (Diätfuttermittel) für Hunde und Schweine verwiesen, der bei Einhaltung der diesbezüglichen rechtlichen Anforderungen in Anspruch genommen werden kann.

Abgrenzung

Immer wenn es um Zusatzstoffe geht, spielt auch die Abgrenzung zu anderen Produkten oder gar Rechtsmaterien eine wichtige Rolle. Oftmals steht die Behörde in der Praxis vor der Herausforderung, unter Beachtung aller objektiven Informationen ein Produkt einem futtermittelrechtlichen Verwendungszweck zuzuordnen. Um diese Problematik systematisch abzuklären, kann mit Hilfe von Prüffragen vorgegangen werden (modifiziert nach Frau Dr. Sabine Kruse, deutsches Landwirtschaftsministerium):

1. Ist der Stoff unter Berücksichtigung des objektiven Verwendungszweckes (ergibt sich aus der wissenschaftlich begründeten Beurteilung der Wirkungen, die mit dem Stoff erreicht werden können, unabhängig davon, ob diese Wirkungen offengelegt, behauptet oder beabsichtigt sind) als **Zusatzstoff** im Sinne der Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 anzusehen?

Prüfung an Hand des Registers der Futtermittelzusatzstoffe oder im Falle nicht zugelassener Produkte durch Abgleich mit den Funktionsgruppen nach Anhang I der Zusatzstoffverordnung.

2. Ist der Stoff unter Berücksichtigung des objektiven Verwendungszweckes als **Tierarzneimittel** anzusehen?

Prüfung anhand der Definition für Tierarzneimittel gemäß Artikel 4 der Verordnung (EU) 2019/6 und der Kollisionsnorm gemäß Artikel 3 der gleichen EU-Verordnung. Hier sind sowohl pharmakologisch unstrittige, als auch behauptete Wirkungen einzubeziehen. Die Kollisionsnorm besagt im Wesentlichen, dass bei nicht eindeutiger Zuordnung Futtermittelzusatzstoff oder Arzneimittel das Arzneimittelrecht Vorrang hat.

3. Ist der Stoff als Futtermittelausgangserzeugnis bzw. **Einzelfuttermittel** zu betrachten?

Prüfkriterien sind der Einzelfuttermittelkatalog in Form der Verordnung (EU) 68/2013, das Einzelfuttermittelregister (www.feedmaterialsregister.eu) und die Positivliste der Normenkommission für Einzelfuttermittel im Zentrallausschuss der Deutschen Landwirtschaft. Ein Einzelfuttermittel muss der entsprechenden Definition entsprechen und demnach einen nennenswerten Beitrag zur Nährstoffversorgung eines Tieres liefern oder sich günstig auf den Verdauungstrakt oder dessen Eubiose auswirken.

Toleranzen und Kennzeichnung

Bei Zusatzstoffen und Vormischungen (Mischung aus zwei oder mehr Zusatzstoffen oder zumindest ein Zusatzstoff mit einem Trägerstoff) ist zusätzlich erwähnenswert, dass die gesetzlichen Toleranzen gemäß Anhang IV der Verordnung (EG) 767/2009 nicht anwendbar sind, da diese nur für Einzel- und Mischfuttermittel gelten. Praktische Auswirkung dieses Umstandes ist ein geringerer Spielraum bei der Vermarktung dieser Produkte, da im Falle einer Kontrolle durch die Futtermittelüberwachungsbehörden nur die analytische Messunsicherheit der verwendeten Untersuchungsmethode den zulässigen Bereich der Abweichung vom deklarierten Gehalt vorgibt. Kennzeichnungsbestimmungen für Zusatzstoffe und Vormischungen finden sich in Artikel 16 der Zusatzstoffverordnung.

Für den Landwirt zu beachten

Bei der Verwendung von Zusatzstoffen ist darauf zu achten, dass bestimmte rechtliche Vorgaben erfüllt werden:

1. Beim Zukauf von Mischfutter gibt es keine Vorgaben, welche Zusatzstoffe in diesen enthalten sein dürfen.

2. Wenn der Landwirt nur Primärproduzent gemäß Verordnung (EG) 183/2005 über die Vorgaben zur Futtermittelhygiene ist, darf er nur Silierzusatzstoffe zukaufen und für die Silierung einsetzen.
3. Für die eigene Herstellung von Mischfutter mit diversen Zusatzstoffen oder Vormischungen gibt es erhöhte Dokumentationsverpflichtungen in Form einer Aufzeichnungspflicht über die bezogenen und verwendeten Produkte, die Rezeptur der hergestellten Mischung und die bestimmungsgemäße Verwendung des produzierten Mischfutters. In diesem Fall dürfen Aminosäuren, Harnstoff, Aromastoffe, Emulgatoren, Antioxidantien ohne Höchstgehalt, Konservierungsstoffe, Säureregulatoren, Bindemittel, sowie Fließ- und Gerinnungshilfsstoffe eingesetzt werden. Zusätzlich gilt unter diesen Vorgaben, dass die LFBIS-Nummer weiterhin ausreicht für die Registrierung als Futtermittelunternehmer und die Futtermittelkontrolle durch die Landeskontrollbehörde, meist sind das die zuständigen Amtstierärzte der Bezirksverwaltungsbehörden.
4. Bei Verwendung anderer, als unter Punkt 2 und 3 genannter Zusatzstoffe (z.B. Vitamine, Spurenelemente, Enzyme, Mikroorganismen) oder Vormischungen, die solche Zusatzstoffe enthalten, zur eigenen Mischfutterproduktion ist eine Registrierung oder gar Zulassung beim Bundesamt für Ernährungssicherheit (BAES) erforderlich und dann unterliegt der betroffene Landwirt auch der Kontrolle dieser Bundesbehörde. Es gibt derzeit nur sehr wenige Betriebe, die beim BAES registriert sind (z.B. HBLFA Raumberg-Gumpenstein) und keinen landwirtschaftlichen Betrieb in Österreich, der eine Zulassung hat.
5. Zusatzstoffe dürfen immer nur unter jenen Bedingungen eingesetzt werden, für die sie laut Zulassungsverordnung zugelassen sind. Das umfasst einerseits die Zieltierart, für die das Produkt bestimmt ist und auch die jeweilige Futterart, für die der Zusatzstoff beantragt wurde. In der Regel ist der Einsatz nur in Mischfutter gestattet, die Verwendbarkeit in Einzelfuttermittel oder über das Tränkwasser muss explizit angeführt sein. Weiters ist für einzelne Zusatzstoffe in den Zulassungsbedingungen vorgeschrieben, dass sie nur als Vormischung in das Mischfutter eingebracht werden dürfen. Dabei geht es insbesondere um Produkte, die bei inhomogener Einmischung ein höheres Gesundheitsrisiko verursachen können (z.B. Spurenelementverbindungen).

Praktische Beispiele

Hinsichtlich des praktischen Einsatzes ist zu beachten, dass jeder Verwendungszweck eines Zusatzstoffes den Zulassungsbedingungen entsprechen muss. Nachfolgend werden dazu einige Beispiele angeführt mit zulässigen Mehrfachanwendungen:

1. Ameisensäure (1k236) ist als Silierzusatzstoff, als Konservierungsstoff und als Hygieneverbesserer zugelassen,
2. Propionsäure (1k280, E280) als Konservierungsstoff, Aromastoff und Silierzusatzstoff,
3. Bentonit (1m558i) als Bindemittel und Mykotoxinreduzierer,
4. Klinoptilolith (1g568) als Bindemittel und Fließhilfsstoff,
5. Zitronensäure (1a330) als Konservierungsstoff und Säureregulator,
6. Cystein (3c392), Histidin (3c352), Isoleucin (3c381) und Arginin (3c363) als Aromastoff und Aminosäure,
7. Taurin als Aromastoff (2b16056) und vitaminähnliche Substanz (3a370).

Im Gegensatz dazu sind nachfolgende Varianten nicht erlaubt, weil bestimmte Anwendungen nicht zugelassen sind:

1. Klinoptilolith (1g568) darf nicht zur Verbesserung der Umwelt (durch reduzierte Schadgase) oder als Mykotoxinreduzierer eingesetzt und beworben werden. Dieser

Zusatzstoff ist zudem nur für die Zugabe in Mischfutter mit bis zu 1 % (10.000 mg/kg) im Alleinfutter, bezogen auf 88 % Trockenmasse zugelassen und darf daher auch nicht in Wasser oder Milch eingemischt werden.

2. Diverse als Silierzusatzstoffe zugelassene Mikroorganismenstämme (Funktionsgruppe 1k) sind nicht als zootechnische Zusatzstoffe („Probiotika“) verwendbar.
3. Mischungen synthetischer oder natürlicher Aromastoffe (Funktionsgruppe 1a) stellen Vormischungen dar, die aber ohne Zulassungsverfahren nicht zur Verbesserung der Umwelt (Schadgasreduktion, Funktionsgruppe 4c) oder als zootechnischer Zusatzstoff (Funktionsgruppe 4d) eingesetzt werden dürfen. Als Beispiel für einen zugelassenen zootechnischen Zusatzstoff kann das Produkt 4d15 genannt werden, das neben den Aromastoffen Thymianöl und Sternanisöl eine Saponinquelle enthält.

Natürliche Gehalte

Abschließend wird auf den Umstand hingewiesen, dass Zusatzstoffe von Natur aus in diversen Einzelfuttermitteln enthalten sind und somit zusatzstoffähnliche Wirkungen entfalten können. Bekannte Beispiele dafür sind Pflanzenöle mit Vitamine E oder tierische Nebenprodukte mit Vitamin D. Ebenso finden sich in vielen Makrokomponenten unterschiedliche Spurenelementanteile oder essentielle Aminosäuren. Hier ist bei Einsatz und Bewerbung darauf zu achten, dass die eigentliche Funktion eines Einzelfuttermittels als Nährstofflieferant oder die positive Wirkung auf die Verdauung im Vordergrund stehen muss, andere Vorteile oder Effekte für die Tierernährung können quasi in Form einer „Nebenwirkung“ angeführt werden, wenn diese durch wissenschaftliche Daten (Literatur, Studien) belegbar ist. Problematisch wird es hinsichtlich der futtermittelrechtlichen Einordnung dann, wenn Einzelfuttermittel ausschließlich mit Wirkungen in Verbindung gebracht werden, die einen zulassungspflichtigen Verwendungszweck für Zusatzstoffe oder gar Arzneimittel darstellen. Als Beispiele dafür können angeblich positive Wirkungen auf die Umwelt durch Schadgasbindung/-vermeidung diverser Holzprodukte (z.B. Lignozellulose) oder Heilversprechungen durch Kräuter (-bestandteile oder -mischungen) genannt werden.

Unterstützung

Sollte es Zweifel seitens der Hersteller und Anwender hinsichtlich gesetzeskonformem Einsatz und Verwendung von Zusatzstoffen bzw. Einzelfuttermitteln mit Zusatzstoffwirkung geben, ist eine Kontaktaufnahme mit der AGES, Institut für Tierernährung und Futtermittel (futtermittel@ages.at) oder der Futtermittelüberwachungsbehörde (BAES) zu empfehlen.

Bericht

50. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2023

Herausgeber:

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

Druck, Verlag und © 2023

ISBN-13: 978-3-903452-02-2

ISSN: 1818-7722