

01|2023

DLG Information

Rationsoptimierung und Fütterungskontrolle
bei Milchkühen



Titelbild: IStock.com/VanderWolf-Images

Alle Informationen und Hinweise ohne jede Gewähr und Haftung

Herausgeber:

DLG e. V.
Fachzentrum Landwirtschaft
Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main

1. Auflage, Stand: 09/2023

© 2023

Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder (auch für den Zweck der Unterrichtsgestaltung) sowie Bereitstellung der Broschüre im Ganzen oder in Teilen zur Ansicht oder zum Download durch Dritte nur nach vorheriger Genehmigung durch DLG e.V., Servicebereich Marketing, Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main, Tel. +49 69 24788-209, M.Biallowons@DLG.org

DLG Information 01|23

Rationsoptimierung und Fütterungskontrolle bei Milchkühen

Eine Information des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung in Zusammenarbeit mit dem Bundesarbeitskreis der Fütterungsreferenten in der DLG und mit Unterstützung der VDLUFA-Fachgruppe VI Futtermitteluntersuchung

Autoren:

- Thomas Bonsels, Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Kassel
- Dr. Christian Böttger, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Bad Sassendorf
- Dr. Jana Denißen, AGRAVIS Raiffeisen AG, Münster
- Thomas Engelhard, Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Iden
- Dr. Thomas Ettle, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Grub
- Dr. Elisabeth Gerster, Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei, Baden-Württemberg, Aulendorf
- Dr. Sandra Hoedtke, LMS Agrarberatung GmbH – Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt, Rostock
- Dr. Detlef Kampf, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Frankfurt am Main
- Dr. Christian Koch, Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung Hofgut Neumühle, Münchweiler an der Alsenz
- Dr. Maria Ledinek, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn
- Viktor Lorenz, Deutscher Raiffeisenverband, Berlin
- Dr. Bernd Losand, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Dummerstorf
- Prof. Dr. Katrin Mahlkow-Nerge, Fachhochschule Kiel, Osterrönfeld
- Dr. Martin Pries, Meschede
- Dr. Wolfram Richardt, Landwirtschaftliche Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH, Lichtenwalde
- Dr. Hubert Schuster, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Grub
- Prof. Dr. Olaf Steinhöfel, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Köllitsch

Unter fachlich kritischer Prüfung von Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, im Auftrag des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie

Gender-Hinweis

In der vorliegenden Fachinformation wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit bei Personenbezeichnungen und personenbezogenen Hauptwörtern häufig das generische Maskulinum verwendet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung aber grundsätzlich für alle Geschlechter. Die verkürzte Sprachform hat daher nur redaktionelle Gründe und beinhaltet keine Wertung.

Abkürzungen

ADF	Säure-Detergenzien-Faser (Acid Detergent Fibre)
ADFom	Säure-Detergenzien-Faser nach Veraschung (Acid Detergent Fibre without residual ash) = aschefreie ADF
ADL	Säure-Detergenzien-Lignin (Acid Detergent Lignin)
bXS	Beständige Stärke
BSQ	Basen-Säure-Quotient
DCAB	Dietary Cation Anion Balance
Duodenum	Zwölffingerdarm (erster Teil des Dünndarms)
ECM	Energiekorrigierte Milch (4% Fett, 3,4% Eiweiß) Umrechnung von Milch in ECM: $1 \text{ kg ECM} = (0,38 \cdot \text{Fettkonzentration \%} + 0,21 \cdot \text{Eiweißkonzentration \%} + 1,05)$
ELOS	Enzymlösliche organische Substanz
GE	Bruttoenergie (Gross Energy)
GF	Grobfutter
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
HFT	Hohenheimer Futterwerttest
KF	Konzentratfuttermittel (Synonym Kraffutter)
KH	Kohlenhydrate
L	Liter
LE	Energiemenge in der Milch und Bestandteil der Bewertung der Energie-Effizienz der Milcherzeugung
ME	Umsetzbare Energie (Metabolisable Energy)
MXP	Mikrobielles Rohprotein
NDF	Neutral-Detergenzien-Faser (Neutral Detergent Fibre)
NDFom	Neutral-Detergenzien-Faser nach Veraschung (Neutral Detergent Fibre without residual ash)
aNDFom	Neutral-Detergenzien-Faser nach Veraschung und Vorbehandlung mit alpha-Amylase (Neutral Detergent Fibre without residual ash and pretreatment with alpha amylase) = aschefreie aNDF
aNDFom _{GF}	Anteil der aNDFom aus dem Grobfutter an der Gesamtration
NEL	Nettoenergie Laktation
NFC	Nicht-Faser-Kohlenhydrate (Non-Fibre Carbohydrates) ($\text{NFC} = \text{TM} - (\text{XA} + \text{XL} + \text{XP} + \text{NDF})$)
NfE	N-freie Extraktstoffe ($\text{NfE} = \text{TM} - (\text{XA} + \text{XL} + \text{XP} + \text{XF})$)
NPN	Nicht-Protein-Stickstoff
NSP	Nicht-Stärke-Polysaccharide
NSBA	Netto-Säure-Basen-Ausscheidung
nXP	Nutzbares Rohprotein am Duodenum
pabKH	Pansenabbaubare Kohlenhydrate
peNDF	Physikalisch effektive NDF
PMR	Teilmischration (Partial Mixed Ration)
RNB	Ruminale N-Bilanz
TM	Trockenmasse
TMR	Gesamtmischration (Total Mixed Ration)
UDP	Im Pansen nicht abgebautes Futter-Rohprotein (Ruminally Undegraded Crude Protein)
VQ NDF	Verdaulichkeit der aNDFom
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein
XS	Stärke
XZ	Zucker

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	6
2	Kenngroßen der Kohlenhydratversorgung	6
2.1	Mono- und Disaccharide	7
2.2	Stärke	7
2.3	Nicht-Stärke-Polysaccharide	8
2.4	Verdauliche aNDFom	9
2.5	Kurzkettinge Fettsäuren	9
3	Kenngroßen der Futterfette	10
4	Kenngroßen der Verdaulichkeit und der Energiekonzentration	11
5	Zusätzliche Kenngroßen zum Futterwert	12
6	Kenngroßen der Proteinversorgung	12
6.1	N-Stoffwechsel beim Wiederkäuer	12
6.2	Im Pansen nicht abgebautes Futter-Rohprotein	14
6.3	Nutzbares Rohprotein am Duodenum	14
7	Synchronismus	14
8	Analytische Aspekte	15
8.1	Grundsätze der Futtermittelanalyse	15
8.2	Analysenmethoden	15
9	Indikatoren und Bewertung der wiederkäuergerechten Fütterung	16
9.1	Systeme zur Bewertung der Strukturwirksamkeit der Ration	16
9.2	Physikalisch effektive NDF (peNDF)	18
9.3	Strukturindex (SI)	19
10	Vorgaben zur Rationsplanung und -gestaltung	20
10.1	Futteraufnahme maximieren	20
10.2	Ausrichtung der Rationen	22
10.3	Empfehlungen zur Nährstoffversorgung	23
10.3.1	Nährstoffversorgung der Trockensteher	24
10.3.2	Leistungsbezogene Fütterung der laktierenden Kühe mit TMR	26
11	Futter- und Energie-Effizienz zur Beurteilung der Fütterung nutzen	29
12	Empfehlungen zur Rationskontrolle	31
13	Instrumente zum Fütterungscontrolling	32
14	Fazit und Ausblick	36
	Literaturquellen	38
	Anhang	40

1 Einführung

Seit über 20 Jahren wird in der modernen Milchkuhhaltung das Fütterungsverfahren der Mischration praktiziert. Die dafür notwendige Technik basiert meistens auf traktorgezogenen oder mobilen selbstfahrenden Futtermischwagen. Eine andere Variante ist die Nutzung stationärer Mischer und Verteilbänder oder mobiler Verteilroboter. Die Verfahren dafür sind inzwischen so weit entwickelt, dass homogene, wiederholbare und dem Bedarf der Tiere entsprechende Mischrationen vorgelegt und protokolliert werden können. Sie decken entweder in Form einer Gesamtmischration (TMR) den Tagesbedarf oder ermöglichen als Teilmischration (PMR) noch eine zusätzliche, milchleistungsabhängige Konzentratfüttergabe (synonym Krafftutter) über in der Regel vom Managementsystem gesteuerte Krafftutterautomaten. Zur richtigen Zusammenstellung solcher Mischrationen sind umfassende Aspekte der Verdauungsphysiologie, wie zum Bedarf an Nährstoffen und Energie, Wiederkäuergerechtigkeit, Synchronität der Nährstoffbereitstellung und Optimierung der Vormagenverdauung zu beachten. Darüber hinaus müssen ebenso praktische Gesichtspunkte wie Mischgenauigkeit und Homogenität, Rationskontrolle, Bewertung der Fütterung, Fütterungscontrolling und Umweltwirkungen berücksichtigt werden.

Doch wieviel kann eine Kuh von einer Ration mit bestimmter Zusammensetzung verzehren? Diese Frage hat insgesamt Priorität, da nur gefressenes Futter auch eine Fütterungswirkung erzielen kann.

Wie muss eine TMR gestaltet sein, damit sie gut gefressen und allen Kühen einer Gruppe weitestgehend gerecht wird? Und wie setzt sich eine PMR zusammen, damit sie durch zusätzliche Konzentratfüttergaben am Automaten leistungsgerecht in einem Fütterungssystem umgesetzt werden kann?

Mit welchen Nährstoffen, welcher Energieform und welchen Qualitätsparametern eine Fütterung bewertet wird, hat sich in den letzten Jahren sehr verändert und vornehmlich verfeinert.

Die vorliegende Broschüre gibt einen kompakten Überblick über die für die Rationsoptimierung notwendigen Futterwert-Kenngrößen, deren Eigenschaften und die für ihre Charakterisierung erforderlichen chemischen, biologischen und physikalischen Methoden und macht Vorgaben für die Rationsplanung. Darüber hinaus werden die Möglichkeiten der Fütterungskontrolle, beginnend mit der Futteraufnahme, der Futtermittelhygiene, der Beurteilung repräsentativer Futtermittelproben und der Wiederkäuergerechtigkeit dargestellt. Das Fütterungscontrolling, d. h. die Beurteilung der Fütterungswirkung als Teil der Produktionskontrolle, stellt schlussendlich die Reaktion des Tieres auf die gefressene Ration dar.

Der Fütterungserfolg wird unter anderem an der Gesundheit, der Fruchtbarkeit und der Milchleistung der Milchkühe gemessen. Diese Merkmale kann der Landwirt sofort erkennen und beurteilen. Dazu ist nicht auszuschließen, dass es zukünftig auch „online“-Informationen zu den Stoffwechselreaktionen aus dem Pansen oder über das Blut geben wird. Für die allgemeine, flächendeckende Anwendung sind diese Informationssysteme aber noch nicht ausgereift.

Einflussfaktoren auf den Fütterungserfolg sind:

- die Qualität der Rationskomponenten und des Fütterungsmanagements selbst,
- die Haltungsbedingungen, Haltungs- und Produktionsverfahren,
- die Genetik,
- das Stallklima und
- das Herden- und Betriebsmanagement.

Letzter Punkt besagt auch, dass der Landwirt als Tierhalter selbst stets ein wesentlicher Teil der Einflussgrößen auf den Fütterungserfolg ist. Die vorliegende DLG Information 1/2023 basiert auf den derzeit gültigen Empfehlungen zur Energie-, Nähr- und Wirkstoffversorgung der GfE unter Beachtung der anstehenden Weiterentwicklungen. Bei der GfE ist eine grundlegende Neufassung der Empfehlungen in Vorbereitung. Die sich daraus ergebenden Änderungen werden nach entsprechender Abstimmung in Wissenschaft und Praxis für die Fortschreibung aufgenommen. Hierdurch wird gewährleistet, dass mit der entsprechenden Sorgfalt und Praxisnähe der jeweils neue Kenntnisstand Anwendung finden kann.

2 Kenngrößen der Kohlenhydratversorgung

Kohlenhydrate (KH) sind zu den Nährstoffen zählende organische Verbindungen, die sich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammensetzen. Chemisch gesehen handelt es sich bei Kohlenhydraten um Polyhydroxy-Aldehyde oder -Ketone. Abhängig vom Aufbau können Kohlenhydrate in Monosaccharide (Einfachzucker), Disaccharide (Zweifachzucker), Oligosaccharide (Drei- bis Zehnfachzucker) und Polysaccharide (Mehrfachzucker mit > 10 verbundenen Monosacchariden wie z. B. Stärke, Zellulose, Pektin, Glykogen) unterschieden werden.

Für den tierischen Körper stellen Kohlenhydrate wichtige Energielieferanten dar und müssen diesem mit der Nahrung zugeführt werden. Sie sind mengenmäßig der wichtigste Nährstoff für den Körper. Dem Körper dienen sie in ihrer verdaulichen Form primär als Energielieferant.

Der größte Teil der Futtermischung für Wiederkäuer besteht aus Kohlenhydraten (siehe Abbildung 1). Im Zellinneren sind die hochverdaulichen Kohlenhydrate wie Stärke (XS) und Zucker (XZ) enthalten, in den Zellzwischenräumen die Pektine. In der Zellwand finden sich Zellulose und Hemizellulosen, deren Verdaulichkeit stark vom Grad der Lignifizierung und vom Fütterungsniveau abhängt. Die einzelnen Kohlenhydrate haben in stark unterschiedlichem Maß Einfluss:

- als Gesamtheit auf die Strukturwirkung der Ration (Pansenfüllung, Wiederkauverhalten, Passagerate des Verdauungsbreis aus dem Pansen, Speichelfluss, pH-Wert im Pansen) durch das Zusammenwirken physikalischer und chemischer Eigenschaften (DLG, 2001b),
- in ihrer verdaulichen Form:
 - auf die Produktivität der Pansenmikroben, deren Wachstum und die gebildete Menge hochverdaulichen Mikrobenrohproteins,
 - auf die Freisetzung von Futterenergie im Vormagensystem,
 - auf die Bildung organischer Säuren,
 - auf den Umfang der intermediären Synthese von Glukose,
 - auf die Bildung von Milchzucker und Milchfett,
- auf den Verdauungsort und die Absorptionsrate im Verdauungstrakt und damit auf die Höhe der Futteraufnahme sowie
- auf die hormonelle Steuerung des Stoffwechsels der Kuh.

2.1 Mono- und Disaccharide

Die einzelnen Kohlenhydrate haben aufgrund ihrer unterschiedlichen chemischen Charakterisierung (chemische Bindungen, funktionelle Gruppen, Molekülstruktur und -größe) und ihrer physikalischen Eigenschaften sowie entsprechend ihrer Anteile im Futter unterschiedliche Wirkungen im Verdauungstrakt. **Mono- und Disaccharide**, wie beispielsweise Glukose, Fruktose oder Laktose und Saccharose, sind im wässrigen Medium leicht löslich und werden sehr schnell und überwiegend bereits im Pansen durch die Mikroorganismen zunächst zu Milch-, Essig-, Propion- und Buttersäure abgebaut (DLG, 2001b). Der Essigsäureanteil ist vorherrschend, im Vergleich zum Abbau der faserbildenden Kohlenhydrate fällt dieser aber geringer aus. Diese Säuren gelangen durch die Pansenwand oder auch später im Verdauungstrakt in die Blutbahn und stehen nach Oxidation zum Energiegewinn oder als Bausteine z. B. für die Fettsäuresynthese im Euter oder zur Neubildung von Glukose (Gluconeogenese) zur Verfügung.

2.2 Stärke

Das Polysaccharid **Stärke** besteht aus α -glycosidisch gebundenen Glukosemolekülen und ist daher für die körpereigenen Verdauungsenzyme angreifbar und somit hochverdaulich. Sie wird je nach Herkunft (z. B. Getreidesamen, Kartoffeln, Leguminosensamen) und aufgrund ihrer sehr variierenden physikochemischen Eigenschaften sehr unterschiedlich verdaut. Einflussfaktoren sind z. B. Löslichkeit und Größenstruktur im Verdauungstrakt. Ein großer

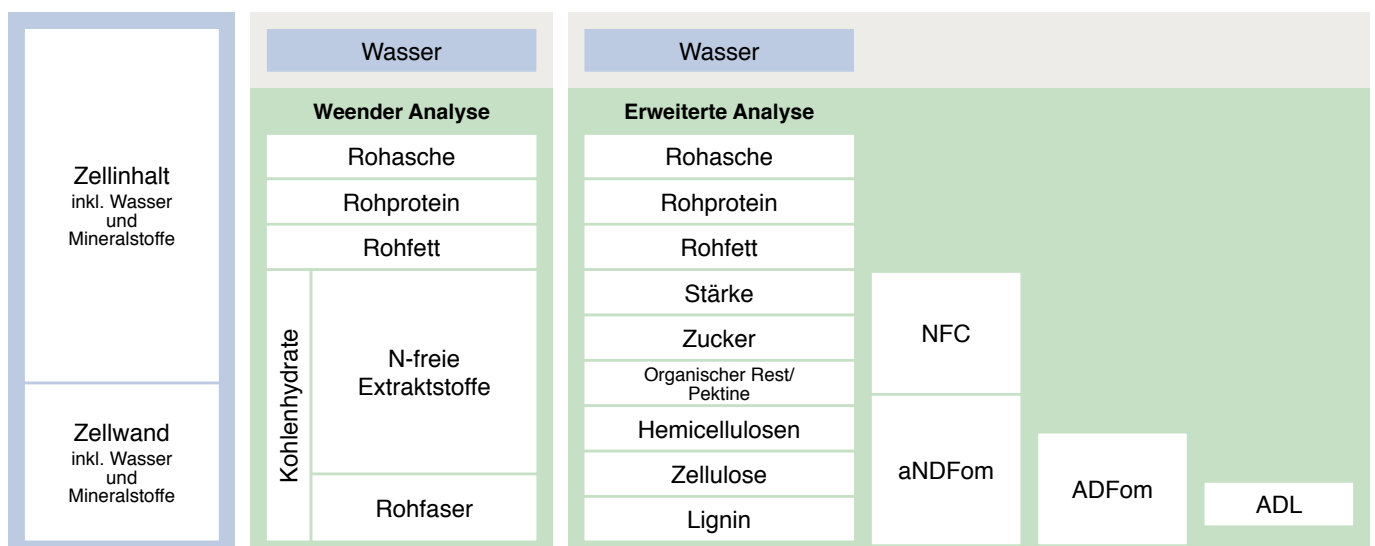


Abbildung 1: Chemische Zusammensetzung einer Pflanze (verändert nach Kirchgöbner, 1997)

Teil der Stärke wird im Pansen mikrobiell aufgeschlossen, zu Di- und Monosacchariden und weiter zu Propionsäure abgebaut. Diese wird entweder durch die Mikroben energetisch genutzt oder in die Blutbahn abgegeben. Aus Propionsäure entsteht in der Leber durch Gluconeogenese Glukose, die im Intermediärstoffwechsel energetisch verwertet wird. Glukose bzw. das im tierischen Körper speicherfähige Glykogen dienen auch als Baustein für die Milchezuckersynthese (Laktose aus Glukose und Galaktose) im Euter. Ein kleinerer Teil der Futterstärke widersteht dem mikrobiellen Abbau aufgrund seiner physikochemischen Eigenschaften bzw. höherer Passageraten durch den Pansen. Dieser Teil wird „unabgebaute“ bzw. „pansenstabile“ Stärke oder Durchflusstärke genannt. Bis zu einem gewissen Umfang kann diese im Dünndarm aufgrund der in der Bauchspeicheldrüse gebildeten Amylase zu Glukose verdaut und in die Blutbahn eingeschleust werden. Ist nicht genügend Amylase bei beispielsweise zu hohen Stärkemengen vorhanden bzw. die Futterstärke zu sehr „geschützt“, entgeht die Stärke der enzymatischen Verdauung im Dünndarm und kann nur noch im Dickdarm mikrobiell genutzt werden und/oder zu Dysbiosen führen. Nicht fermentierte Anteile werden unverdaut mit dem Kot ausgeschieden.

2.3 Nicht-Stärke-Polysaccharide

Zur Gruppe der Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP) zählen Zellulose, Pektine, Glukane und **Fruktane** wie z. B. Inulin, dem beim monogastrischen Tier eine größere Bedeutung beikommt. Beim Wiederkäuer sind eher andere Fruktane zu beachten. Die auch als Fruktosane bezeichneten wasserlöslichen Oligo- und Polysaccharide ersetzen oder ergänzen in einigen Pflanzengruppen Stärke als Speicherkohlenhydrat und sind fast vollständig aus D-Fruktose-Einheiten (meistens ein Molekül Saccharose und ein bis zehn β -glycosidisch gebundene Moleküle Fruktose) aufgebaut (Durst et al., 2021; Steinhöfel und Hoffmann, 2020). Aufgrund ihres enzymatischen Abbaus im Pansen sind sie zusammen mit anderen leichtlöslichen Kohlenhydraten zu bewerten und in der Summe der wasserlöslichen Kohlenhydrate zu berücksichtigen. Zu beachten ist, dass Fruktane über die analytische Bestimmung der Stärke- und Zuckergehalte größtenteils nicht erfasst werden und dann separat zu analysieren sind (Richardt, 2021).

Bei der **Zellulose** sind im Gegensatz zum Polysaccharid Stärke die einzelnen Glukosemoleküle über eine β -glycosidische Bindung miteinander verknüpft und damit für die körpereigenen Enzyme nicht angreifbar. Sie können jedoch durch die Enzyme der im Pansen bzw. im Dickdarm lebenden Mikroorganismen gespalten werden. Der für Monogastriden weitestgehend unverdauliche Anteil der β -glycosidisch gebundenen Kohlenhydrate wurde ursprünglich über die Methodik der **Rohfaseranalyse** charakterisiert. Im Umkehrschluss stellt die Differenz zwischen der Summe aller Kohlenhydrate und der Rohfaser (XF) den Anteil der leicht verdaulichen Kohlenhydrate, also die sogenannten **N-freien Extraktstoffe (NfE)**, dar.

Mit der Methode der Rohfaseranalyse und der Differenzbildung aus Gesamtkohlenhydraten und Rohfaser zu den NfE werden die Kohlenhydrate im Hinblick auf den Futterwert in Abhängigkeit von der Futterart aber nur unzureichend differenziert. So geht z. B. bei den Gräsern der größte Teil des weitgehend unverdaulichen **Lignins** während der Rohfaseranalytik in Lösung und wird damit den NfE zugerechnet. Eine differenzierte Analytik der Kohlenhydrate (Zucker, Stärke, Zellulose, Hemizellulose) und des Lignins für die Routinefutteruntersuchung ist jedoch zu aufwändig. Mit der erweiterten Faseranalytik nach van Soest werden die sich vorrangig in den Zellwänden befindlichen schwerer verdaulichen Faserstoffe Zellulose, Hemizellulosen und Lignin besser und umfangreicher erfasst (van Soest et al., 1991).

Analytisch erfolgt dies mit dem in neutraler Detergenzienlösung unlöslichen Rest. Die ursprüngliche NDF-Analytik beschreibt allerdings nur den Anteil des nach der Behandlung mit neutraler Detergenzienlösung getrockneten Rückstands an der eingewogenen Futterprobe und beinhaltet daher auch noch mineralische Anteile aus den Zellwänden und des der Probe anhaftenden Schmutzes. Dieser mineralische Anteil kann durch eine Veraschung des Rückstands genau bemessen und abgezogen werden. Mit dieser Prozedur wird dann der Anteil der organischen NDF, die **NDFom** bestimmt (van Soest et al., 1991).

Bei stärkehaltigen **Grobfuttermitteln (GF)**, insbesondere der Maisganzpflanze, führt die Behandlung mit neutraler Detergenzienlösung aber nicht zur vollständigen Lösung der Stärke, so dass überhöhte NDF-Konzentrationen berechnet werden. Deshalb wird in der Futterwertbestimmung eine Amylase-Vorbehandlung durchgeführt, um diese Stärke zu eliminieren. Das Ergebnis wird als **aNDFom** bezeichnet. Vom Gesamtverständnis umfassen die aNDFom alle schwerverdaulichen, im Verdauungstrakt nur mikrobiell abbaubaren Kohlenhydrate.

Die Differenz aus dem gesamten organischen Anteil des Futters (organische Masse – OM) und der Summe aus aNDFom, Rohfett (XL) und Rohprotein (XP) wird als **Nicht-Faser-Kohlenhydrate (NFC)** bezeichnet und soll den leicht verdaulichen Anteil der Kohlenhydrate des Futters charakterisieren. Die organischen Säuren im Futter (kurzkettige Gärsäuren bzw. nativen Ursprungs) und ein Teil des Pektins werden analytisch teilweise durch die NDF-Analyse miterfasst. Mit der in **saurer Detergenzienlösung** unlöslichen **Faser (ADF)** werden im Wesentlichen die Zellulose und das Lignin beschrieben. Auch hier wird der nach der Prozedur verbleibende und getrocknete Rückstand anschließend verascht und der organische Anteil der Säure-Detergenzienfaser (**ADFom**) an der

Trockenmasse (TM) bestimmt. ADFom ist als Bestandteil der aNDFom anzusehen. Die aNDFom umfasst gegenüber der ADFom zusätzlich die **Hemizellulosen**. Hemizellulosen sind ebenfalls Polysaccharide, die aber auch aus anderen Monosacchariden als Glukose, wie aus den Pentosen Xylose und Arabinose sowie anderen Hexosen wie Mannose und Galactose, bestehen können. Entscheidend ist ihr amorpher Charakter, weswegen sie in alkalischer und in saurer Umgebung löslich und meist auch verdaulicher sind als Zellulose, sofern sie nicht mit Teilen des Lignins kovalent verbunden sind.

2.4 Verdauliche aNDFom

Der verdauliche Anteil der Kohlenhydrate ist der größte Energie- und Substratlieferant für die im Pansen stattfindenden mikrobiellen Aktivitäten. Um die Produktivität der Pansenmikroben im Hinblick auf die Umsetzung der Nährstoffe des Futters in hochverdauliche mikrobielle Biomasse (mikrobielles Protein) einschätzen zu können, ist es wichtig, neben den hochverdaulichen NFC bzw. dem Stärke-, Zucker-, und Fruktananteil auch den Energiebeitrag der verdaulichen Faserkohlenhydrate (**verdauliche aNDFom**) zu kennen. Da bei wiederkäuergerechten Rationen der Anteil der Faserkohlenhydrate größer ist als der der anderen Kohlenhydrate, sollte die Verdaulichkeit der NDF (VQ NDF) bekannt sein (Oba und Allen, 1999). Der Kenngröße VQ NDF wird künftig eine größere Bedeutung für die Rationsoptimierung zukommen (Tabelle 1). Bei noch wachsenden Pflanzen verringert sich die VQ NDF mit zunehmendem Vegetationsstadium bzw. Reifegrad.

Für Futterstoffe in einem hohen vegetativen Reifestadium (Stroh, GPS, Silomais) bzw. für Samen und deren Verarbeitungsprodukte nimmt der Zusammenhang zwischen der Verdaulichkeit der Faser und der Höhe des Fasergehaltes selbst ab.

Tabelle 1: Aus Verdaulichkeitsuntersuchungen am Hammel ermittelte Angaben zur Verdaulichkeit der NDF¹⁾ verschiedener Futtermittel (Denißen, 2020; Priepke, 2021)

	Prüfungen	aNDFom		VQ NDF	
		Mittlerer Gehalt (g je kg TM)	Spannweite (g je kg TM)	Mittlere Verdaulichkeit (%)	Spannweite (%)
Grasernteprodukte	109	487	334–708	74	47–89
Silomais	43	390	308–489	58	28–74
Luzerneprodukte	23	464	345–640	53	41–73
Rotklee	11	427	375–466	74	69–82
Ganzpflanzensilagen	9	516	386–586	48	30–67
Mischrationen ²⁾	18	377	255–479	71	63–82
Getreideschlempen	12	471	316–606	69	44–90
Zuckerrübenprodukte	15	396	112–615	88	70–99
Getreidearten	68	220	101–350	66	2–91
Körnerleguminosen	14	206	150–302	83	44–100
Rapsprodukte	5	269	209–322	54	46–63
Biertreber	4	643	613–673	66	64–68
Stroh	1	813		57	

¹⁾ hier für aNDFom ²⁾ verschiedene Nutzungsrichtungen

2.5 Kurzkettige Fettsäuren

Bei den kurzkettigen Fettsäuren sind sowohl die Gehalte in den Futtermitteln (vor allem Silagen, siehe Kapitel 5) als auch ihre Entstehung im Pansenstoffwechsel zu betrachten.

Während des Abbaus der KH im Pansen entsteht aus faserreichen Rationen vermehrt Essigsäure, dazu geringe Anteile an Propion- und Buttersäure. Aus konzentrat- bzw. stärkereichen Rationen werden, bezogen auf das Verhältnis der Fettsäuren zueinander, höhere Mengen an Propion- und Buttersäure und geringere Mengen an

Essigsäure als beim Abbau faserreicher Rationen gebildet. Bei sehr hohen Anteilen an leichtlöslichen Kohlenhydraten kommt es über den Zwischenschritt der Laktatbildung im Zuge der Propionsäuresynthese zu einer Anhäufung an Milchsäure und in der Folge einer deutlichen Reduktion des pH-Wertes im Pansen, womit das Risiko des Auftretens von Pansenazidosen erhöht ist (Jeroch et al., 2020). Dies kann z. B. durch Überschreitung der Kapazität zum Weiterabbau zu Propionsäure durch laktatverwertende Mikroben wie *Streptococcus bovis* und *Selenomonas ruminantium* passieren. Die kurzkettigen Fettsäuren gelten grundsätzlich als physiologisch wertvolle Energielieferanten.

Aus den vorgenannten Gründen ist für die Rationsplanung bei der hochleistenden Kuh eine gezielte Kohlenhydrat-Versorgung unerlässlich. Zu den wichtigsten weiteren Kenngrößen des Futterwertes zählen im Wesentlichen die Angaben zu den Struktur-KH und zur Strukturwirksamkeit sowie zu den Konzentrationen an Energie und an hydrolysierbaren KH wie Stärke, Zucker und Fruktane (Tabelle 2).

Tabelle 2: Bewertung der verschiedenen Kohlenhydratfraktionen

Kenngroße	Zielfunktion
aNDFom	Strukturversorgung, Energieanteil, Futteraufnahme; Berechnung peNDF
NFC	Energieversorgung Pansenmikroben
ADFom	Wiederkauen, Hemizelluloseanteil als Differenzbildung aus NDF und ADF
Stärke	Versorgung der Pansenmikroben mit Energie; Berechnung pansenstabile Stärke; Einschätzung Pansen-pH-Wert
Zucker	Versorgung der Pansenmikroben mit schnell verfügbarer Energie; Einschätzung Pansen-pH-Wert
Fruktane	Einschätzung Pansen-pH-Wert, Energieversorgung
Hemizellulosen	pansenverdauliche Kohlenhydrate für Produktivität Pansenmikroben; Stabilisierung Pansenmikroben
Verdauliche NDF	Energieversorgung Pansenmikroben; Einschätzung Pansen-pH-Wert

3 Kenngrößen der Futterfette

Grobfuttermittel wie Mais und Gras bzw. deren Verarbeitungsprodukte enthalten gegenüber fettreichen bzw. fettreicheren Samen der Ölsaaten, Hülsenfrüchte und Leguminosen geringe Fettanteile. Die Milchkuh hat an sich keinen Bedarf an Futterfett, da die Futterfette durch die Pansenmikroben zum größten Teil abgebaut und intermediär wieder gebildet werden. Die Kuh deckt ihren Energiebedarf über die aufgenommene Futtermenge und die entsprechende Energiedichte der Ration. Reicht die aufgenommene Energiemenge nicht aus, wird Körpersubstanz abgebaut.

Eine Möglichkeit der Erhöhung der Energiedichte, z. B. bei hohen Leistungen und einer begrenzten Futteraufnahme, stellt der Einsatz von Futterfetten dar. Hohe Zulagen an Fett in Rationen für Milchkühe sind im Allgemeinen aber unerwünscht, da dies zu einer Beeinträchtigung insbesondere der zellulolytischen Pansenmikroben und damit verbunden zu einer Abnahme des Abbaus von NSP im Pansen führen kann (Jeroch et al., 2020). Dies begründet sich vornehmlich mit der Sensitivität und damit verbunden der begrenzten Kapazität der Pansenmikroben zur Hydrierung ungesättigter Fettsäuren im Pansen. Daher sollte die über das Futter zugeführte Fettmenge einen Anteil von ca. 40 g je kg TM bzw. 800 g je Tier und Tag der Gesamtration nicht überschreiten (bezogen auf eine Futteraufnahme von 20 kg TM je Tag; DLG, 2001a). Höhere Fettzusätze sind möglich, wenn diese über Fettquellen erfolgen, die im Pansen nicht abgebaut werden können. Mit solchen pansengeschützten Fetten kann der Fettgehalt auf max. ca. 60 g je kg TM bzw. 1200 g je Tier und Tag der Gesamtration angehoben werden (Hoffmann, 2021). Eine max. Menge von 0,5 kg pansengeschütztem Fett je Tier und Tag sollte nicht überschritten werden. Allerdings müssen die pansengeschützten Fette qualitativ so aufgebaut sein, dass mindestens 90% der Fettsäuren unverändert durch den Pansen hindurch in den Dünndarm (hoher Anteil Durchflussfettsäuren) gelangen und dabei eine hohe Gesamtverdaulichkeit (vorwiegend im Dünndarm) aufweisen (Hoffmann, 2021).

Schematische Einordnung der Pansenstabilität von pansengeschützten Fetten (nach Hoffmann, 2021):

Öle < kristalline Fette < gehärtete Fette < fraktionierte Fette < Ca-verseifte Fette < umhüllte/gekapselte Fette*

* unter Berücksichtigung der technologischen Weiterverarbeitungseigenschaften wie Pelletierung

Generell ist beim Einsatz von höheren Fettmengen zu beachten, dass mit einer gezielten Beeinflussung der Futteraufnahme ein vergleichbarer Effekt auf die Energieaufnahme gegenüber der Erhöhung der Energiekonzentration in der Ration durch den Einsatz von pansengeschütztem Fett zu erreichen ist.

Beispiel:

- 1,0 kg höhere TM-Futteraufnahme mit 7,0 MJ NEL je kg TM der Gesamtration
= + 7,0 MJ NEL je Tier und Tag
- 0,4 kg Ca-verseiftes, pansengeschütztes Fett mit 16,0 MJ NEL je kg TM
= + 6,4 MJ NEL je Tier und Tag

4 Kenngrößen der Verdaulichkeit und der Energiekonzentration

Die Verdaulichkeit eines Futtermittels insgesamt steht, unter Beachtung des Fettgehaltes im Futtermittel, in einem sehr engen Zusammenhang mit dem Energiegehalt des Futtermittels. Sie kann realistisch nur in einem Verdauungsversuch am Zieltier ermittelt werden. Als Modelltier für alle Wiederkäuer wird dafür das Schaf genutzt. Verdaulichkeitsversuche am Tier sind aufwändig, relativ langwierig und werden bezüglich des Tierwohls und des Tiereschutzes durchaus kritisch betrachtet. Daher wurden für die Schätzung der Energiekonzentration von Futtermitteln, ausgehend von deren Inhaltsstoffen, Gleichungen entwickelt, die auch auf *in-vitro*-Kenngrößen zur Beurteilung der Verdaulichkeit basieren. *In-vitro*-Verfahren ahmen Verdauungsvorgänge unter Laborbedingungen nach. Dabei wird unter standardisierten Bedingungen gewonnener und aktiver Pansensaft (Verfahren nach Tilly und Terry, Gasbildung nach dem **Hohenheimer Futterwertest – HFT**), aber auch kommerziell hergestellte Enzympräparate wie Zellulase und Pepsin (Zellulasemethode nach Nehring und Friedel, **Enzymlöslichkeit der organischen Substanz – ELOS** nach DeBoever) genutzt. In den deutschen Futtermittellaboren werden der Hohenheimer Futterwertest (HFT) und die Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS) (VDLUFA, 2012) angewendet. Beide Methoden erzeugen Aussagen zur potenziellen Verdaulichkeit der organischen Substanz des Futtermittels (Steingass und Menke, 1986; De Boever et al., 1986). Dennoch sind neben der Nutzung zur Evaluierung von *in-vitro*-Methoden die Verdaulichkeitsbestimmungen am Tier unerlässlich.

Gegenwärtiger Maßstab für Informationen zur vom Tier nutzbaren Energiekonzentration von Futtermitteln für die Wiederkäuerfütterung sind die **Umsetzbare Energie (ME, metabolizable energy)** und die **Nettoenergie-Laktation (NEL)** (siehe Abbildung 2). Bei wachsenden Tieren wird das Futter auf der Stufe der umsetzbaren Energie berechnet, weil sich die Verwertbarkeit der ME im Laufe des Wachstums der Tiere in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des täglichen Körpermassewachstums (Anteile Körpereiwweiß, Körperfett, Mineralisierung, Wasseranteil) deutlich verändert. Die Verwertung der ME ist für die verschiedenen Stoffwechselziele wie Muskelwachstum, Fettansatz, Milchbildung oder Reproduktion deutlich unterschiedlich. So geht die GfE (2001) davon aus, dass die für die Milchbildung verwendete Umsetzbare Energie zu 60% in Milchenergie umgesetzt wird. Bei wachsenden Tieren ist die Verwertung für den Körpermasseansatz mit 40% (Mastbullen, Aufzuchttrinder) deutlich niedriger. Wachsende Tiere mit höherem Fettanteil im Körpermasseansatz (Mastfärsen, Ochsen) verwerten die ME für den Ansatz mit 43% etwas günstiger.

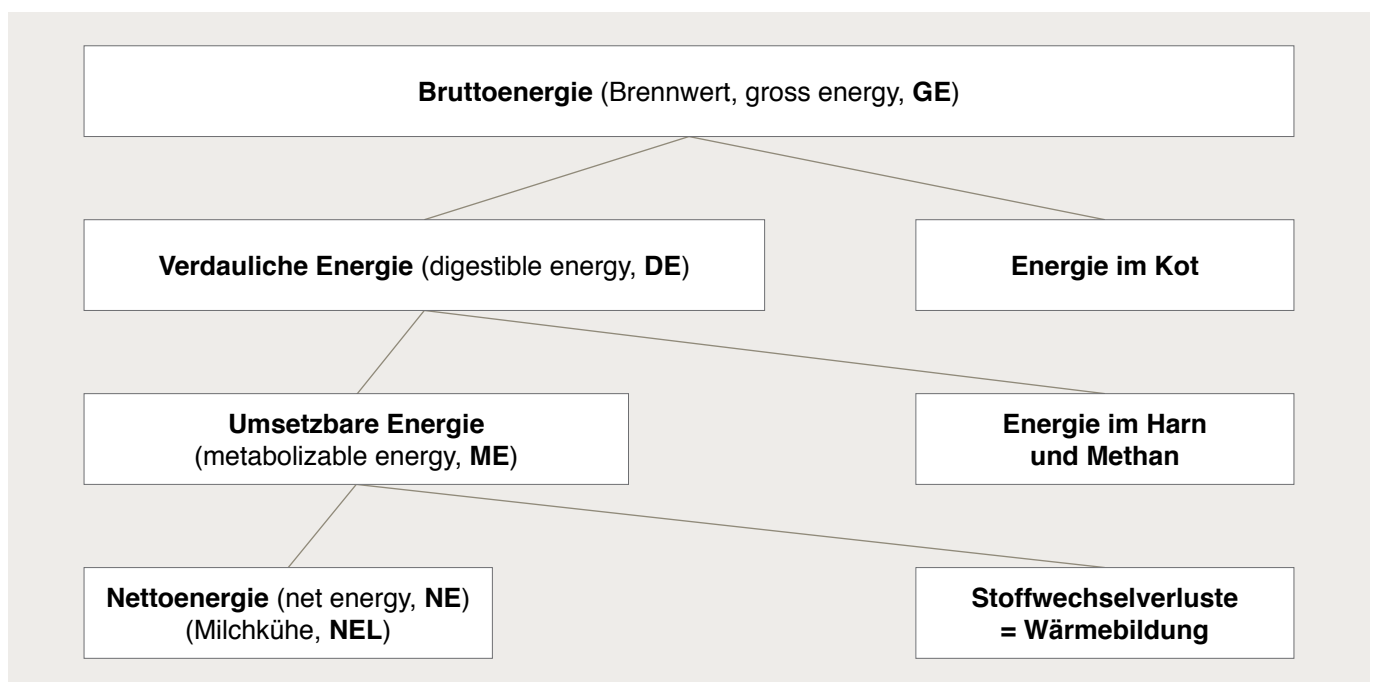


Abbildung 2: Schema des Umsatzes von Futterenergie im Tier

5 Zusätzliche Kenngrößen zum Futterwert

In Ergänzung zu den fütterungsrelevanten Kennzahlen sollten zur Beurteilung der **Gärqualität** die Kenngrößen des DLG-Bewertungsschlüssels für Grobfutter herangezogen werden (DLG, 2004; DLG, 2006b).

Hierbei werden zur analytischen Bestimmung des Futterwertes des Grobfutters insbesondere die analytisch ermittelten Konzentrationen an Essig- und Buttersäure, an Ammoniakstickstoff sowie der gemessene pH-Wert in Abhängigkeit von der TM berücksichtigt und über eine Gesamtpunktzahl ausgedrückt (DLG, 2006b). Dazu hat es sich bewährt, zusätzlich auch die Gehalte an Milchsäure zu analysieren.

In Ergänzung zur chemischen Untersuchung des Grobfutters ist als weitere wichtige Bewertung die Sinnenprüfung zu nennen, die hinsichtlich der Eignung zur Fütterung ebenso wesentlich zur Erfassung des Konserviererfolges (DLG, 2004; DLG, 2006b) beiträgt. Hiermit kann insbesondere die hygienische Beschaffenheit der Silagen anhand einer Geruchsprüfung auf Fehlgärung, Erwärmung sowie Hefen- und Schimmelbildung bewertet werden. Dazu werden über eine Sicht- und Farbprüfung Witterungseinflüsse und Fehlgärungen, die mikrobielle Zersetzung von Pflanzenteilen sowie Schimmel und Verschmutzung eingeschätzt. Auch hier ergibt sich über eine Einzelbenotung eine Gesamtpunktzahl.

Die **Gärsäuren** Milch-, Essig- und Buttersäure sind, im Gegensatz zu den Umsetzungen im Pansen, als Indikatoren für den Siliererfolg und die Gärqualität zu bewerten und in diesem Zusammenhang von großer Bedeutung. Für den Konserviererfolg ist es maßgeblich, Schadkeime möglichst rasch durch Milchsäurebakterien zu unterdrücken, indem über die stark säuernde Milchsäure der pH-Wert abgesenkt wird. Neben Milchsäure wird je nach Gärsubstrat und der am Silierprozess beteiligten Bakterien auch Essigsäure gebildet. Ein guter Siliererfolg wird über möglichst hohe Gehalte an Milchsäure (min. 3–5% in der TM in Abhängigkeit von der TM und des XP-Gehaltes bzw. der Pufferkapazität) sowie max. 3% Essigsäure in der TM und dem Fehlen von Buttersäure ausgedrückt. Der (kritische) pH-Wert gilt gegenüber den vorgenannten Parametern als das geeignetere Mittel, um die Güte des Gärerfolges zu bewerten. Höhere Essigsäureanteile sichern zwar die (aerobe) Stabilität der Silage ab, können sich allerdings negativ auf die gefressene Menge an Silage auswirken. Das Auftreten von Buttersäure steht in engem Zusammenhang mit Fehlgärungen, Verderb und Verschmutzungen des Futters. Weiterführende Informationen sind dem Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung zu entnehmen (DLG, 2011).

Alkohole zählen zu den flüchtigen organischen Verbindungen und gelten als unerwünscht. Der Geruch nach Alkohol, Most oder Hefen deutet auf Vermehrung von Hefepilzen hin. Dabei stellt weniger der Alkohol selbst, als vielmehr die sich dabei vermehrenden Hefepilze, ein Risiko hinsichtlich Nacherwärmung bei der Futterentnahme dar. Ethanolgehalte, insbesondere in Maissilagen, sind meist mit erhöhten Konzentrationen an geruchsintensiven und flüchtigen Estern wie Ethylacetat und Ethyllactat verbunden, die einen fruchteter- bzw. klebstoffähnlichen Geruch aufweisen und mit Futteraufnahme- und Leistungseinbußen sowie Beeinträchtigungen der Tiergesundheit in Verbindung gebracht werden. Für die Einschätzung des Gebrauchswertes von Silagen sind Ethanolgehalte > 1,0% als kritisch zu bewerten (DLG, 2011). Dem gegenüber kann als erwünschter Alkohol 1,2-Propandiol als Produkt der heterofermentativen Milchsäuregärung sowohl in Gras- als auch in Maissilagen häufig in beträchtlichen Konzentrationen auftreten.

Darüber hinaus sind die Konzentrationen an Rohasche als Hinweis auf die Verschmutzung sowie an Ammoniakstickstoff als Indikator für den Protein bzw. Aminosäurenabbau während des Silierprozesses zu betrachten. Weiterführende Informationen enthält das Handbuch Futter- und Substratkonservierung (DLG, 2011).

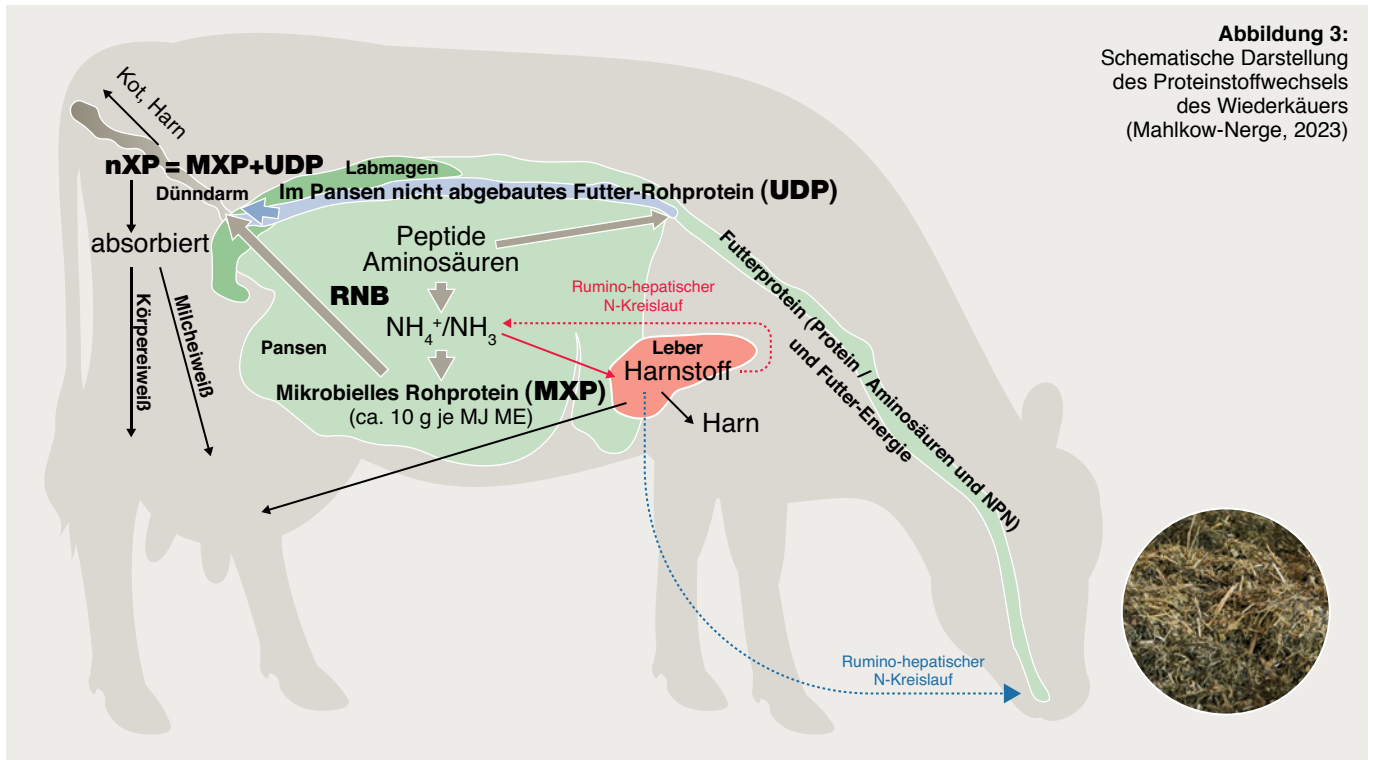
6 Kenngrößen der Proteinversorgung

6.1 N-Stoffwechsel beim Wiederkäuer

Beim Wiederkäuer geht der Verdauung durch körpereigene Enzyme eine Verdauung durch proteolytische Enzyme von Mikroorganismen (vor allem Bakterien, ferner Protozoen und Pilze) des Vormagensystems, insbesondere des Pansens, voraus. Mit dem Futter nimmt das Tier stickstoffhaltige Verbindungen (Proteine/Aminosäuren und Nicht-Protein-Stickstoff (NPN)) auf (siehe Abbildung 3). Vom gesamten Futter-XP werden im Pansen ca. drei Viertel durch die Mikroben ab- und in mikrobielles XP (MXP) umgebaut. Etwa ein Viertel gelangt als nicht abgebautes XP direkt in den Dünndarm. Beide Fraktionen können dort zur Verdauung genutzt werden. Insgesamt wird von dem gefütterten Stickstoff in Form des Futter-XP etwa ein Drittel vom Tier verwertet, ca. zwei Drittel werden über Kot und Harn wieder ausgeschieden.

Mikrobielle Proteinsynthese

Im Pansen existieren mehr als 200 verschiedene Arten von Mikroben, die sich in der Nutzung der Stickstoffquelle unterscheiden. Während die meisten Pansenbakterien, nämlich die zellulose- und hemizelluloseabbauenden



Bakterien, hauptsächlich Ammoniak als Stickstoffquelle für ihre Proteinsynthese verwenden, nutzen andere Arten mehrere Stickstoffquellen oder ganz bestimmte Aminosäuren. Durch Transaminierungsprozesse sind die Mikroorganismen in der Lage, Stickstoff auf N-freie Moleküle zu übertragen und somit Aminosäuren und Proteine selbst aufzubauen (Loeffler und Gäbel, 2013).

Grundsätzlich sind die Bakterien und Protozoen im Pansen in der Lage, aus NPN-Verbindungen alle essenziellen und nicht-essenziellen Aminosäuren herzustellen (Stangl, 2014). Dafür müssen die Energieversorgung sowie eine ausreichende Lieferung mit Stickstoff und essenziellen Wirkstoffen (z. B. die Mineralstoffe P, S, Co und fettlösliche Vitamine A, D und E) für das Wachstum und die Aktivität der Bakterien sichergestellt sein (Lebzien, 2005) und die Verfügbarkeit des Stickstoffs an die Futterenergie (Pansensynchronisation) angepasst werden.

Mit steigender Energieversorgung nimmt die MXP-Synthese linear zu, wenn seitens der Rationsgestaltung kein negativer Einfluss auf die Mikrobenvielfalt und die Proteinsyntheseleistung besteht. Unter optimalen Bedingungen werden so ca. 10 g MXP pro MJ ME bzw. ca. 16 g MXP pro MJ NEL erzeugt. Nach Kaufmann und Hagemeyer (1975, zitiert in Stangl, 2014) muss für die energieabhängige Proteinsynthese eine entsprechende Menge an Stickstoff, vor allem als Ammoniak zur Verfügung stehen. Um die MXP-Synthese zu optimieren und zu maximieren, ist die Energieversorgung über Kohlenhydrate von fundamentaler Bedeutung. Werden jedoch zu hohe Mengen an leicht und umfangreich abbaubaren Kohlenhydraten in Form von Stärke (z. B. aus Getreide wie Weizen) verfüttert, kann dies zu Störungen der Pansenfermentation, wie Pansenazidosen bzw. -dysbiosen, führen, wodurch die Effizienz der Proteinsynthese der Mikroben reduziert und nicht vollständig ausgenutzt wird. Werden hingegen hoch verdauliche Kohlenhydrate aus Pflanzenfasern (NDF und ADF) verfüttert, wird bei optimaler Stickstoffversorgung die MXP-Synthese maximiert (siehe Abbildung 4 zur Abbaugeschwindigkeit von Kohlenhydraten und XP verschiedener Futtermittel und Tabelle 12 zu den empfohlenen Mengen an Stärke in Rationen für Milchkühe).

Harnstoffzyklus

Enthält die Futtermittelration zwischen 13 und 15% XP in der TM, wird das bei den Abbauvorgängen im Pansen entstehende Ammonium vor allem für die MXP-Synthese verwendet. Bei höheren XP-Gehalten in der Ration entstehen Ammoniumüberschüsse (Weiß, 2011). Das über den Bedarf der Pansenbakterien hinaus im Pansen vorliegende Ammonium wird über die Pansenwand in die Blutbahn aufgenommen oder in späteren Abschnitten des Magen-Darm-Traktes absorbiert.

Da Ammonium (Ammoniak) ein starkes Zellgift ist, wird dieses normalerweise schnell zu unschädlichem Harnstoff umgewandelt (Stangl, 2014). Dies geschieht über die Passage des Ammoniaks über die Pfortader zur Leber, wo der Umwandlungsprozess und somit die Entgiftung stattfindet. Ein Teil des so entstandenen Harnstoffs wird in der Niere herausgefiltert und über den Harn ausgeschieden. Über einen zweiten Entsorgungsweg gelangt Harnstoff mit dem Blut in das sezernierende Eutergewebe und wird mit der Milch ausgeschieden (Weiß, 2011).

Die Situation des Ammoniaküberschusses in den Vormägen ist häufig verbunden mit einer für diese Menge nicht ausreichenden Versorgung mit energieliefernden Kohlenhydraten. Durch die Mangelsituation in diesem Bereich fehlt den Mikroorganismen die benötigte Energie für die XP-Synthese, was durch die RNB und den Milchharnstoff beurteilt werden kann. Die Stickstoffausnutzung wird ineffizient, eine Stoffwechselbelastung des Tieres sowie eine erhöhte Ausscheidung an Stickstoff (Stangl, 2014) und unter Umständen Umweltbelastungen sind die Folgen (Lebzien, 2005).

Ruminohepatischer Stickstoffkreislauf

Bei einer bedarfsgerechten Versorgung mit XP wird über die Niere nur wenig Harnstoff abgegeben. Der Harnstoff gelangt in dieser Situation vermehrt über die Speichelflüssigkeit in den Pansen oder diffundiert aus dem Blut direkt zurück in den Pansen (Weiß, 2011). Der erneut im Pansen angekommene Harnstoff wird durch die von den Mikroorganismen gebildeten Ureasen zu Ammonium gespalten und steht somit den Pansenmikroorganismen wieder als Stickstoffquelle zur Verfügung. Dieser Kreislauf des rezirkulierenden Harnstoffs wird als ruminohepatischer N-Kreislauf bezeichnet. Je nach Versorgungszustand mit Stickstoff wird dieser kontinuierliche Kreislauf angepasst, weshalb Wiederkäuer über eine sehr effiziente Stickstoffausnutzung verfügen (Stangl, 2014). Somit reduziert sich die Harnstoffabgabe über den Harn bei einer im Vergleich zur Energieversorgung geringen Versorgung mit XP (< 13 % in der TM) weiter, bei einer im Vergleich zur Energieversorgung höheren Versorgung mit XP (> 16% in der TM) steigt die Harnstoffabgabe über den Harn hingegen an.

6.2 Im Pansen nicht abgebautes Futter-Rohprotein

Ein Teil des mit dem Futter zugeführten Proteins wird nicht im Pansen abgebaut, sondern gelangt direkt in den Darm (Im Pansen nicht abgebautes Futter-XP (Ruminally **U**ndegraded **C**ruide **P**rotein = **UDP**)). Der Umfang des Proteinabbaus im Pansen hängt von der Sekundär- und Tertiärstruktur der Futterproteine sowie der Struktur der Disulfidbrücken ab. Neben der Löslichkeit der Proteine können auch mögliche Vorbehandlungen der Futterproteine die Abbaubarkeit beeinflussen. Die Abbauraten der Proteine der verschiedenen Futtermittel schwankt demnach. Zudem spielt auch die Höhe der Futteraufnahme eine Rolle, da diese die Passagegeschwindigkeit des Futters beeinflusst. Im Durchschnitt kann von einer Schwankung der UDP-Gehalte von 5 bis 45 % für nicht speziell behandelte Futtermittel ausgegangen werden (Jeroch et al., 2020). Mit zunehmender Leistung steigt, infolge der nicht linear mit ansteigenden mikrobiellen Proteinsynthese, die Bedeutung der Versorgung mit höheren Anteilen UDP (Jeroch et al., 2020).

6.3 Nutzbares Rohprotein am Duodenum

Das MXP ergibt zusammen mit dem UDP das **nutzbare Rohprotein am Duodenum (nXP)** und stellt damit die Proteinmenge dar, die den Kühen nach dem Vormagensystem für die Proteinverdauung zur Verfügung steht. Das nXP gelangt durch den Labmagen in den Dünndarm und wird durch Ansäuerung sowie die körpereigenen Enzyme des Wiederkäuers verdaut und bis zu den Grundbausteinen der Aminosäuren abgebaut und resorbiert. Da der größere Anteil des am Dünndarm anflutenden nXP aus Mikrobenprotein (bei sehr gut abgestimmten Rationen bis zu 85 bis 90% der nXP-Menge am Dünndarm) besteht, wird die biologische Wertigkeit des nXP im Dünndarm gegenüber dem ursprünglich gefütterten Futter-XP optimiert. Dennoch ist zu berücksichtigen, dass der Prozentsatz bei einer geringeren Futteraufnahme gegenüber Hochleistungskühen mit sehr hohen Futteraufnahmen insgesamt höher ausfällt.

7 Synchronismus

Um Milchkühe art- und bedarfsgerecht mit Nährstoffen zu versorgen, muss insbesondere der Pansenstoffwechsel über eine hohe Aktivität der Pansenmikroorganismen funktionieren. Dazu ist ein ausgeglichenes Verhältnis von im Pansen nutzbarem Stickstoff und Energie anzustreben, welches über die ruminale Stickstoffbilanz (RNB) in der Ration um 0 ausgedrückt wird. Der optimale Bereich deckt eine leicht negative bis ausgeglichene RNB in der Ration ab (-1 bis 0 g RNB je kg TM). Eine RNB bis +1 g je kg TM tolerieren Kühe gut, da sie ihre Harnstoffausscheidungen über Blut, Leber und Niere erhöhen bzw. reduzieren und damit ohne Gesundheits- und Leistungsschäden sehr gut regulieren können. Aus Umweltaspekten (N- Effizienz und -Ausscheidung) sollte eine positive RNB aber möglichst vermieden werden.

Das Konzept des Synchronismus beruht darauf, dass Menge und zeitlicher Verlauf des Kohlenhydrat- und XP-Abbaus im Pansen aufeinander abgestimmt („synchronisiert“) werden. Dabei wird eine maximale Effizienz der mikrobiellen Synthese, ausgedrückt in Gramm mikrobielles XP je kg im Pansen abgebauter/fermentierter (XP-freier) organischer Masse oder Kohlenhydrate, erreicht. Insbesondere bei höheren Leistungen steigt die Bedeutung, Energie und Protein für die Mikroben im Pansen möglichst synchron bereitzustellen. Eine Übersicht zur Abbaugeschwindigkeit von Kohlenhydraten und XP verschiedener Futtermittel zeigt Abbildung 4, hier ist auch die jeweilige Kombination der schnell, mittel und langsam verfügbaren Nährstoffquellen zu entnehmen. Bei einer TMR-Fütterung mit *ad libitum* Vorlage überlappen sich die verschiedenen Abbauspezifika der einzelnen Futtermittel stärker als bei getrennter Vorlage von Futtermitteln (z. B. PMR + Konzentratfutter im AMS oder an der Kraftfutterstation), wodurch bei einer TMR-Fütterung grundsätzlich eine bessere Nährstoffsynchronität gegeben ist.

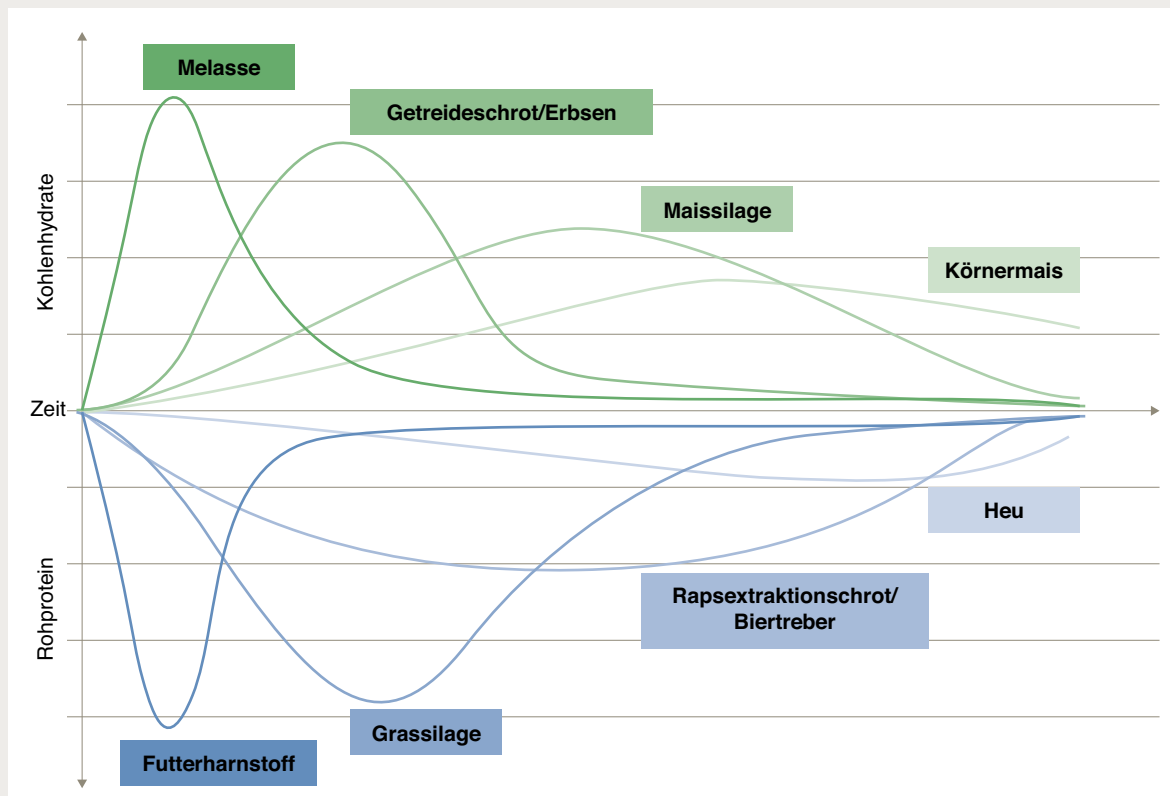


Abbildung 4: Abbaugeschwindigkeit der Kohlenhydrate und des Rohproteins verschiedener Futtermittel (abnehmend jeweils von links nach rechts) (Quelle: LfL, 2021)

8 Analytische Aspekte

8.1 Grundsätze der Futtermittelanalyse

Die Untersuchung und Bewertung eines Futtermittels beginnt mit der Probenahme. Der jeweilige Auftraggeber der Untersuchung trägt die Verantwortung für eine repräsentative und ordnungsgemäße Probenahme und die Verbringung der Probe ins Labor. Als Orientierung sollte dabei auf DIN EN ISO 6497 (2005) zur „Probenahme von Futtermitteln zur Eigenkontrolle“, VO (EG) 152/2009 mit Ergänzung VO(EG) 691/2013 zur „Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Untersuchung von Futtermitteln“ und die VDLUFA – Verbandsmethode „Probenahme von Futtermitteln“ (VDLUFA, 2012) zurückgegriffen werden.

Im Interesse der Analysensicherheit sollten zudem die Untersuchungseinrichtungen zertifiziert sein, d. h. einer regelmäßigen externen und internen Qualitätssicherung unterliegen. Dazu gehören zum Zwecke der Nachvollziehbarkeit und der Transparenz der Analytik sowohl die ausführliche Dokumentation der Untersuchungen als auch das Mitführen von Standard- oder Referenzproben, die beispielsweise aus Ringuntersuchungen gewonnen wurden.

Im Gegensatz zur amtlichen Futtermittelkontrolle, die an das Futtermittelgesetz gebunden nach bundes- bzw. EU-weit einheitlicher Methodik vorgehen muss, gibt es für die Futtermitteluntersuchung und -bewertung im Rahmen der Produktionskontrolle jedoch keine verbindlichen Regelungen. Futtermitteluntersuchungen und -bewertungen können deshalb zwischen den Bundesländern und auch zwischen den Laboren eines Bundeslandes variieren. Beispielhaft ist hier die Stärkeanalytik zu nennen, die im Rahmen der Futtermittelüberwachung mit der vom Gesetzgeber vorgeschriebenen polarimetrischen Methode durchzuführen, aus wissenschaftlicher Sicht die enzymatische Methode allerdings als die genauere Methode anzusehen ist (Südekum, 2009).

8.2 Analysemethoden

Referenzmethode: Der Begriff bezeichnet die für einen Analysenparameter allgemein anerkannte Methode. Es können auch mehrere Methoden als Referenzmethoden anerkannt sein (vgl. XP). Da die Methode in erheblichen Maß das Analyseergebnis beeinflussen kann, sind eine Standardisierung und exakte Beschreibung der Methode dringend notwendig. Zu jedem Analysenparameter ist es deshalb erforderlich, auch die Analysemethoden auf dem Attest mit anzugeben. Die Festlegung einer Methode kann regional, national oder im internationalen Maßstab erfolgen. Im deutschsprachigen Raum ist der Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) dafür zuständig. Die Methoden sind in entsprechenden Methodenbüchern veröffent-

licht und grundsätzlich für alle Labore zugänglich (VDLUFA, 2012). Im europäischen oder internationalen Maßstab sind es die DIN-ISO-Methoden oder AOAC-Methoden, welche länderübergreifend standardisiert und anerkannt sind.

NIRS: Parallel zu den in der Regel material- und zeitaufwändigen Referenzmethoden hat sich für die Bestimmung organischer Inhaltsstoffe die NIRS (Nah-Infrarot-Spektroskopie) etabliert. Aufgrund des Messprinzips können nur organische Bestandteile erfasst werden (VDLUFA, 2003). Die Messung des Gehaltes an Mineralstoffen oder anderen anorganischen Bestandteilen ist nicht möglich. Weiterhin ist die Messung von Bestandteilen in geringer Konzentration (in der Regel unter 1 %) nur bedingt möglich und mit größeren Fehlern behaftet. Die Genauigkeit der Messung orientiert sich an der Referenzmethode. Die Vorteile der NIRS liegen in einer kürzeren Untersuchungsdauer, geringeren Kosten und gegenüber nasschemischer Untersuchungen entfallenden Analysechemikalien.

Eine detaillierte Beschreibung der Methoden mit Bezug zu den methodischen Vorschriften ist Anhang A1 zu entnehmen.

9 Indikatoren und Bewertung der wiederkäuergerechten Fütterung

9.1 Systeme zur Bewertung der Strukturwirksamkeit der Ration

Grobfutter spielt in der Fütterung aller Wiederkäuer eine besondere Rolle. Es ist das Wiederkäuerfutter schlechthin. Auch in sehr leistungsorientierten Rationen sollten mindestens 55 bis 65 % der täglichen TM-Futteraufnahme aus Grobfutter bestehen. Es ist als ursprüngliches Alleinfutter aller Wiederkäuer damit auch der grundlegende Energie- und Nährstofflieferant der Mikroorganismen des Vormagens. Erst die durch diese mikrobielle „Vorverdauung“ entstehende Mikrobenmasse kann im weiteren Verdauungstrakt durch tiereigene Enzyme verdaut werden. Daher geht es bei der Rationsgestaltung vordergründig um eine möglichst hohe mikrobielle Verdaulichkeit der Rationskomponenten. Dafür muss das Futter durch das Tier selbst mechanisch so zerkleinert werden, dass die Mikroben es mit ihren Enzymen vorverdauen können. Das passiert durch das Kauen, Wiederkauen und das damit verbundene Einspeicheln im Zusammenspiel mit regelmäßigen Pansenbewegungen zum Durchmischen des Verdauungsbreies. Die Mikroorganismen des Vormagensystems aus Pansen, Netz- und Blättermagen haben konkrete Ansprüche an ihre Lebensumgebung, die sich im Verlauf der Evolution der Wiederkäuer als optimal herausgestellt haben. Durch das Kauen und ständige intensive Wiederkauen wird das Futter stark zerkleinert und damit die Ansatzfläche für die Pansenbakterien vergrößert. Gleichzeitig wird über die alkalischen Bestandteile des Speichels (Natriumbikarbonat, Phosphat) auch der Pansen-pH-Wert infolge der aus dem mikrobiellen Abbau des Futters massenhaft freigesetzten, kurzkettigen und energiereichen Fettsäuren (Essig-, Propion-, Buttersäure) abgepuffert. Ohne diese „Abpufferung“ der Säuren würde der Panseninhalt übersäuern und damit die Lebensfähigkeit der gewünschten Mikroorganismen eingeschränkt. Hier hat sich in der evolutionären Entwicklung ein Verdauungssystem aus mikrobieller Vorverdauung und anschließender Verdauung mit tiereigenen Verdauungsenzymen herausgebildet, welches nur über die Gestaltung mikrobienfreundlicher und wiederkäuergerechter Bedingungen im Pansen als Ganzes funktioniert.

Neben der ausreichenden Versorgung mit Energie und Nährstoffen hat die Fütterung daher auch die Aufgabe, das Wiederkauen zu garantieren, um durch diese Zerkleinerung gleichzeitig mit den Puffersubstanzen des Speichels den Pansen-pH-Wert zu stabilisieren, insbesondere dann, wenn viele Fettsäuren im Pansen freigesetzt werden. Diese Funktion kann das Futter am besten erfüllen, wenn es ausreichend „grob“ oder „rau“, also zerkleinerungswürdig (Partikelgröße > 8 mm) ist und damit eine geeignete physikalische Strukturwirksamkeit hat. Um die Erfüllung dieser Struktur-Funktion bewerten zu können, werden Methoden und Kennzahlen gebraucht, die zu wiederholbaren Bewertungsergebnissen führen. Als Möglichkeiten für die Anwendung in der Praxis wurden die strukturwirksame Rohfaser (swXF) nach Hoffmann (1990), der Strukturwert (SW) nach De Brabander et al. (1999) und der Strukturindex (SI) mit der zugrundeliegenden aNDFom aus dem Grobfutter nach Rutzmoser et al. (2011) vorgestellt (Tabelle 3). In den Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2014) wurde das System der **physikalisch effektiven NDF (peNDF)** veröffentlicht und damit zur Anwendung in Deutschland zur Bewertung der Strukturwirksamkeit in Mischrationen vorgeschlagen.

Die swXF berücksichtigt ausschließlich den Kau- und Wiederkauaufwand für das jeweilige Futtermittel und wird grundsätzlich für Grobfutter sowie bestimmte Saftfutter berechnet. Sie ergibt sich aus dem analytisch bestimm- baren Rohfasergehalt und einem Faktor für die Strukturwirksamkeit dieser Rohfaser (Tabelle 3). Der Bedarf an swXF ergibt sich als Menge je Tier und Tag sowie aus der Körpermasse des Tieres und verringert sich mit steigender Futteraufnahme je kg Futter.

Der SW nach De Brabander wird für alle Futtermittel, nicht nur für Grobfutter, ermittelt oder angegeben. Die Ableitung der Werte und Schätzgleichungen sowie des Bedarfs erfolgte auf Basis von Versuchen an Milchkühen und Mastrindern mit gestaffelten Anteilen des zu prüfenden Futtermittels. Der SW ist bei den Grobfuttermitteln grundsätzlich abhängig vom analytisch bestimmten Fasergehalt. Der Strukturwert berücksichtigt aber z. B. auch die

Tabelle 3: Kenngrößen zur Bewertung der Strukturwirkung von Wiederkäuerfutter

Bewertungsgröße	Abkürzung	Dimension	Beschreibung
Strukturwirksame Rohfaser ¹⁾	swXF	g je 100 kg KM	Faktor f Strukturwirksamkeit der Rohfaser in Abhängigkeit vom XF-Gehalt
Strukturwert ²⁾	SW	je kg TM	Für einzelne Futtermittel angegeben, Ableitung aus Versuchen mit gestaffelter Gabe des Prüffutters SW für Grobfutter nach Fasergehalt (Rohfaser oder NDF), Häcksellänge, Stärke bei Ganzpflanzensilagen Konzentratfutter nach im Pansen abgebauten Stärke- und Zuckergehalt sowie Pansenbeständigkeit
Strukturindex ³⁾	SI	(dimensionslos)	Bezieht pansenabbaubare Stärke und Zucker sowie aNDFom aus dem Grobfutter gleichzeitig mit ein
Physikalisch effektive NDF ⁴⁾	peNDF	g je kg TM	Mechanische Fraktionierung der Gesamtration nach Partikellänge über standardisierte Prozedur der „PennState“-Schüttelbox. Festlegung im Orientierungsbereich nach Futteraufnahme und Stärkegehalt
aNDFom aus Grobfutter	aNDFomGF	g je kg TM	Anteil aNDFom aus Grobfutter an der Gesamtration

¹⁾ nach Hoffmann (1990) ²⁾ nach De Brabander et al. (1999) ³⁾ nach Rutzmoser et al. (2011) ⁴⁾ nach GfE (2014)

Häcksellänge und -aufbereitung sowie den Stärkegehalt bei den Mais- und anderen Getreideganzpflanzensilagen und Konzentratfuttermitteln, weil deren Häcksellänge den Kau- und Wiederkauaufwand und damit die Beimischung des abpuffernden Speichels einerseits beeinflusst und andererseits der Stärkeanteil eine schnelle und umfassendere Freisetzung von Säuren im Pansen verursacht. Der Bedarf an SW ergibt sich je kg TM-Futteraufnahme. Wegen der Berücksichtigung des Einflusses der höheren ruminalen Säurefreisetzung bei stärkerreicheren Futtermitteln muss bei deren Einsatz gleichzeitig der Strukturwert je kg TM in energiereichen Rationen angehoben werden.

Der Strukturindex wurde anhand von Daten aus einem Fütterungsversuch mit Milchkühen abgeleitet. Ein Strukturindex von 50 beschreibt dabei etwa das Verhältnis an aufgenommener Menge aNDFom aus dem Grobfutter zu den insgesamt aufgenommenen Kohlenhydraten, bei dem ein ruminaler pH-Wert von 6,15 erwartet wird (Ettle et al., 2015). Der ruminale pH-Wert wurde anhand einer von Zebeli et al. (2008) erarbeiteten Gleichung berechnet. Der Strukturindex bietet den didaktischen Vorteil, dass er die entgegengesetzten Wirkungen von leicht löslichen Kohlenhydraten und von Faserbestandteilen in der Ration in einer Zahl zusammenfasst. Er basiert auf der international genutzten Faserfraktion aNDFom, bezieht sich direkt auf die eigentliche Zielgröße Pansen-pH-Wert und ist über die aNDFom aus dem Grobfutter an das System peNDF angebunden.

Die physikalisch effektive NDF (peNDF) stellt eine Kombination aus der Ermittlung der Partikelgrößenverteilung der Ration mit der analytisch erfassten aNDFom-Konzentration der Ration dar. Die peNDF erfasst die Strukturwirksamkeit der Ration retrospektiv sehr genau, kann jedoch nicht für die Rationsplanung verwendet werden. Daher wird die Rationsplanung im System der peNDF mit Hilfe der NDF aus dem Grobfutter umgesetzt. Das aus der amerikanischen Fütterungspraxis abgeleitete System der peNDF wurde in den Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2014) vorgestellt. Da die peNDF in Deutschland Anwendung finden soll, erfolgt in Kapitel 9.2 eine ausführlichere Darstellung.

Die angeführten Strukturbewertungsgrößen zielen auf die Vormägen ab. Nicht vollständig erfasst werden die Effekte auf die Kotkonsistenz. Hier ist die Eindickung im Dickdarm und damit die Formung des Kotes von entscheidender Bedeutung. Eine „dünne“ Kotkonsistenz ist unter anderem durch einen höheren Wasser- oder K-Gehalt der Ration und somit eine ungenügende Eindickung bedingt, wie dies z. B. bei grasbetonten Rationen der Fall ist. Die Strukturwirksamkeit in den Vormägen ist hier nicht der beschränkende Faktor. Darüber hinaus können zu hohe Anteile an Durchflussstärke oder Protein infolge der Überschreitung der Verdauungskapazität durch körpereigene Enzyme zu Dysbiosen im Dickdarm mit der Konsequenz der Beeinflussung der Kotqualität führen.

Die Versorgung des Wiederkäuers mit ausreichenden Mengen an strukturwirksamem Futter ist bei Hochleistungskühen das erstrangige Kriterium in der Rationsplanung. So sollte weder ein Strukturmangel vorhanden sein, der die Gesundheit des Pansens und des Tieres gefährdet, noch ein Überschuss, der sich negativ auf Futteraufnahme und Leistung auswirkt. Die verschiedenen Bewertungssysteme zur Versorgung des Wiederkäuers mit ausreichenden Mengen an strukturwirksamen Futter weisen in der Praxis jedoch mehr oder weniger ausgeprägte Unzulänglichkeiten auf. Aufgrund der bestehenden Unsicherheiten bei der strukturwirksamen Rohfaser und dem Strukturwert werden beide Systeme von GfE und DLG nicht mehr für die Anwendung in der Rationsplanung empfohlen.

9.2 Physikalisch effektive NDF (peNDF)

Aufgrund der Kombination der physikalischen Komponente des biochemisch zu beschreibenden Effektes der Strukturwirksamkeit mit den chemischen Eigenschaften der Futtermittel und den dadurch beeinflussten biochemischen und pansenphysiologischen Vorgängen hat sich die peNDF als der am besten geeignete Indikator für die Bewertung der Strukturwirksamkeit einer Wiederkäuerration erwiesen. Zielstellung für die normale Versorgung mit peNDF ist ein pH-Wert im Mittel des Tages von nicht weniger als 6,15 (gerundet nach GfE, 2014). Wegen der möglichen Schwankungen des Pansen-pH-Wertes im Laufe des Tages in Abhängigkeit von der Futtermittelaufnahme und der unterschiedlichen Fermentationsrate schnell und langsam abbaubarer Kohlenhydrate sollten längere Phasen niedrigerer pH-Werte vermieden werden und Phasen eines pH-Wertes < 5,8 nicht länger als 5,25 Stunden je Tag andauern. Der Gehalt an peNDF wird wegen der Gesamtheit der Wirkung aller Futtermittel einer Tagesration, deren Verzehr und Wiederkaustimulation ausschließlich in der Gesamtration charakterisiert. Dazu wird die Partikelgrößenverteilung der Ration in einer definierten Schüttelbox (Pennsylvania State Particle Separator; 3- oder 4-stufige Schüttelbox) nach standardisiertem Vorgehen ermittelt (siehe Anhang A2). Anschließend wird der Anteil der Partikel > 8 mm an der gesamten Masse der Futterprobe mit dem Gehalt an aNDFom in der Ration (g je kg TM) multipliziert. Alternativ kann auch der Anteil der Partikel > 1,18 mm berechnet und genutzt werden.

peNDF = aNDFom in der Gesamtration · Masse-Anteil der Obersiebe

(peNDF in g/kg TM; aNDFom in der Gesamtration in g/kg TM; Masseanteil der Obersiebe = Masse der Rückstände in den beiden/drei Obersieben in g dividiert durch die Masse der Gesamtprobe in g)

In den meisten Laboren wird die Ermittlung der Siebfraktionen nicht als Serviceleistung angeboten. Daher muss der Landwirt oder Berater den vom Labor gelieferten Gehalt an aNDFom mit den selbst ermittelten Siebgrößenfraktionen eigenständig verrechnen.

Das System peNDF gibt Mindestgehalte zur Aufrechterhaltung physiologisch normaler Fermentationsbedingungen vor (Tabellen 4 und 5). Diese Mindestgehalte variieren jedoch in Abhängigkeit von der Stärkemenge und der Verdaulichkeit der NDF. Im Verfahren der $peNDF_{>1,18\text{ mm}}$ spielt auch die Abbaubarkeit der Stärke eine Rolle. Bei Kühen zum Laktationsstart sollte sich, aufgrund der geringeren Anpassung der Pansenzotten an die schnell steigenden Mengen leicht verdaulicher Kohlenhydrate, die Versorgung mit peNDF eher an der oberen Grenze der Empfehlungen orientieren. Das System berücksichtigt auch, dass zu hohe peNDF-Anteile (> 220 g je kg TM bei $peNDF_{>8\text{ mm}}$ bzw. > 320 g je kg TM bei $peNDF_{>1,18\text{ mm}}$) zu einem Rückgang der möglichen Futtermittelaufnahme führen können, wenn die zugrunde gelegte Verdaulichkeit der Mischration gering ist. Die Wasserzugabe zu Mischrationen oder der Einsatz von pelletierten Futterkomponenten beeinflussen die Ergebnisse der Siebfraktionierung. Die Vorgaben zum richtigen Einsatz der Schüttelbox sind Anhang A2 zu entnehmen.

Den Zusammenhang zwischen Gesamt-Stärke bzw. im Pansen abbaubarer Stärke aus Getreide und notwendigem Anteil peNDF zeigen die Tabellen 4 und 5. In den dargestellten Tabellenwerten ist ein Zuckergehalt der Ration im üblichen Umfang von 30 bis 50 g je kg TM berücksichtigt. Hier wird deutlich, dass mit zunehmender Stärkeverfügbarkeit im Pansen verstärkt mit der Freisetzung von Pansenpuffern über die Speichelbildung reagiert werden muss. Es ist aber auch damit zu rechnen, dass bei mehr als 3,5 kg pansenverfügbarer Stärke je Tag der physikalischen Wirksamkeit von mehr Faseranteilen Grenzen gesetzt sind, da dies den Futterverzehr zunehmend einschränkt. Für die praktische Anwendung bietet die $peNDF_{>8\text{ mm}}$ Vorteile, da keine Annahmen bezüglich der ruminalen Abbaubarkeit der Stärke (aus Getreide) getroffen werden müssen. Darüber hinaus kann diese auch bei Teilmischrationen angewandt werden, da die Fraktion > 8 mm nicht durch separat gefüttertes Konzentrat beeinflusst ist.

Tabelle 4: Notwendiger Anteil $peNDF_{>8\text{ mm}}$ (g je kg TM der Gesamtration) für einen Pansen-pH-Wert von 6,15 in Abhängigkeit von der täglichen TM-Futtermittelaufnahme je Kuh und dem Gehalt an Gesamtstärke der Ration (in Anlehnung an GfE, 2014)

Gesamtstärke (g je kg TM)	Futtermittelaufnahme (kg TM je Tag)				
	18	20	22	24	26
140	120	130	150	160	180
180	140	150	170	180	210
220	160	170	190	210	220 ¹⁾
260	180	200	220	220 ¹⁾	220 ¹⁾

¹⁾ $peNDF_{>8\text{ mm}}$ muss zur Vermeidung eines Rückgangs des TM-Futtermittelaufnahme begrenzt werden; mittlerer Pansen-pH-Wert von 6,15 wird erreicht

Tabelle 5: Notwendiger Anteil $\text{peNDF}_{>1,18 \text{ mm}}$ (g je kg TM der Gesamtration) für einen Pansen-pH-Wert von 6,15 in Abhängigkeit von der täglichen TM-Futteraufnahme je Kuh und dem Gehalt an pansenabbaubarer Stärke in der Ration (in Anlehnung an GfE, 2014)

Abbaubare Stärke (g je kg TM)	Futteraufnahme (kg TM je Tag)				
	18	20	22	24	26
80	180	200	210	230	250
120	210	230	250	275	310
160	250	280	320 ¹⁾	320 ¹⁾	320 ¹⁾
200	320	350	320 ¹⁾	320 ¹⁾	pabKH reduzieren

¹⁾ $\text{peNDF}_{>1,18 \text{ mm}}$ muss zur Vermeidung eines Rückgangs des TM-Futteraufnahme begrenzt werden; mittlerer Pansen-pH-Wert von 6,15 wird erreicht; pabKH = im Pansen abbaubare Kohlenhydrate

Es ist davon auszugehen, dass in Abhängigkeit vom System der Futtermittelvorlage, der erreichten Futteraufnahme und dem Verhältnis von langsamer abbaubaren Faserkohlenhydraten zu schnell pansenverfügbaren Kohlenhydraten hier auch ein gewisser betriebsspezifischer Spielraum vorhanden ist.

Die Empfehlungen zur Versorgung der Milchkuh mit peNDF beruhen auf einer wissenschaftlich fundierten Ableitung.

Für die Rationsplanung steht peNDF nicht zur Verfügung, daher wird hierfür die Verwendung von aNDFom aus dem Grobfutter empfohlen.

Zielwert aNDFom aus Grobfutter für Hochleistungsrationen:

$\geq 200 \text{ g je kg TM}$ bei max. $210 \text{ g pansenabbaubarer Stärke und Zucker je kg TM}$

9.3 Strukturindex (SI)

Der Strukturindex vereint die Größen der Strukturwirksamkeit (Zebeli et al., 2010) und der pansenabbaubaren Kohlenhydrate (Stärke und Zucker) in einer Zahl (Rutzmoser et al., 2011). Der Strukturindex wurde anhand von individuellen Kuhdaten aus einem Fütterungsversuch mit Milchkuhen und unter Nutzung einer von Zebeli (2008) entwickelten Gleichung zur Schätzung des Pansen-pH-Wert aus der TM-Futteraufnahme von Milchkuhen und der in dieser Futteraufnahme enthaltenen peNDF einerseits und der pansenabbaubaren Stärke andererseits abgeleitet:

$$\text{pH-Wert} = 6,05 + 0,044 \cdot \text{peNDF} - 0,0006 \cdot \text{peNDF}^2 - 0,017 \cdot \text{abbaubare Stärke} - 0,016 \cdot \text{TM-Futteraufnahme}$$

(peNDF , abbaubare Stärke in % der TM; Futteraufnahme in kg TM je Tag; GfE, 2014)

Anhand der tierindividuell innerhalb von zweiwöchigen Perioden verzehrten TM, peNDF und pansenabbaubarer Stärke und Zucker wurde der zu erwartende pH-Wert berechnet. Bei Gegenüberstellung der pansenabbaubaren KH (Stärke und Zucker) und dem jeweiligen Verzehr an peNDF (unterstellt wurde, dass der Verzehr an peNDF dem Verzehr an Grobfutter-NDF gleich ist) in einem Diagramm ergab sich dabei eine lineare Grenzlinie für die Verhältnisse aus pansenabbaubaren KH (Stärke und Zucker) und peNDF zwischen pH-Wert $> 6,15$ und pH-Wert $< 6,15$. Diese Grenzlinie stellt die Menge an pansenabbaubaren KH (g je kg TM) dar, die bei gegebener Menge an peNDF (g je kg TM) nicht überschritten werden darf, um einen Pansen-pH-Wert $> 6,15$ zu gewährleisten:

$$\text{Pansenabbaubare Kohlenhydrate (pabKH, kg je Tag)} = 2,8 + 0,36 \cdot \text{NDFom}_{\text{GF}} \text{ (kg je Tag)}$$

(NDFom_{GF} ist hier mit der Menge an peNDF gleichgesetzt)

Durch Umstellung wurde hieraus der allgemeingültige Strukturindex entwickelt, der den Anteil $\text{aNDFom}_{\text{GF}}$ an der Summe aus $\text{aNDFom}_{\text{GF}}$ und pansenverfügbaren KH (Stärke und Zucker) darstellt.

$$\text{Strukturindex}_{\text{NDFom}} = \text{NDFom}_{\text{GF}} / (\text{NDFom}_{\text{GF}} + (\text{pabKH} - 2,8) / 0,36) \cdot 100$$

(NDFom_{GF} und pabKH (Stärke und Zucker) in kg je Tag)

Der so berechnete Strukturindex soll mindestens 50 betragen. Bei einem Strukturindex der Ration von 50 wird ein Pansen-pH-Wert von 6,15 erwartet. Ein Strukturindex über 50 lässt höhere Pansen-pH-Werte erwarten, ein Strukturindex unter 50 weist auf zu erwartende azidotische Bedingungen hin.

Werte des Strukturindex (SI) > 50 beschreiben einen Pansen-pH-Wert > 6,15, Werte < 50 einen Pansen-pH-Wert < 6,15.

Abweichend von dem ursprünglichen Ansatz $peNDF = NDF_{om_{GF}}$ (Ettle et al., 2014) ist die $peNDF$ in der Rationsplanung auf faserreiche Nebenprodukte (Koprodukte der Lebensmittel- und Bioenergieherstellung wie Rübenschnitzel, Biertreber, Schlempe) auszudehnen.

10 Vorgaben zur Rationsplanung und -gestaltung

10.1 Futteraufnahme maximieren

Grundsätzlich ist in der Nutztierhaltung die Deckung des Nährstoffbedarfs der Tiere durch Fütterungsmaßnahmen sicherzustellen. Die Nährstoffaufnahme kann durch die Nährstoffkonzentration in der Futtermischung und durch die Höhe der Futteraufnahme beeinflusst werden. Der Erhöhung der Nährstoffdichte sind jedoch beim Wiederkäuer enge Grenzen gesetzt, da neben der Nährstoffkonzentration auch die Strukturwirksamkeit zur Aufrechterhaltung eines stabilen Pansenmilieus und zur Gewährleistung einer ausreichenden Wiederkauaktivität beachtet werden muss. Aus diesem Grund besitzt die Sicherung einer hohen Futteraufnahme oberste Priorität.

Die Höhe der Futteraufnahme wird von physikalischen Parametern (Pansenfüllung, Passagegeschwindigkeit), chemischen Faktoren (Fettsäuren, Glukose) und bedarfsabhängigen Größen (Milchmenge) über das Kleinhirn unwillkürlich gesteuert. Umfangreiche Auswertungen von tierindividuellen Futteraufnahmedaten aus den Versuchsbetrieben in Deutschland, Österreich und der Schweiz haben ergeben, dass das Laktationsstadium die größte Bedeutung für die Futteraufnahme hat, da fast alle weiteren Faktoren, wie z. B. die Körpermasse, die Milch- oder die Konzentratfuttermenge, hiervon abhängig sind (siehe Abbildung 5). In der Frühlaktation, insbesondere im ersten Laktationsmonat, ist die Futteraufnahme am niedrigsten, obwohl der Bedarf der Tiere an Energie und Nährstoffen in dieser Phase am höchsten ist. Deshalb muss in dieser Phase zur Absicherung einer hohen (Grob-) Futteraufnahme bestes Grobfutter in Kombination mit Konzentratanteilen nach dem Motto „So viel wie nötig!“ gefüttert werden. Der Einfluss der Körpermasse und des Konzentratfutters auf die Gesamt- und Grobfutteraufnahme ist in der ersten Laktationshälfte deutlich ausgeprägter als im zweiten Laktationsabschnitt. Erst in der zweiten Laktationshälfte erfolgt eine bedeutsame Regelung der Futteraufnahme nach der Milchmenge.

Neben den technischen (z. B. Tierfressplatz-Verhältnis) und tierbedingten Faktoren haben die futterbedingten Faktoren in etwa einen ebenso großen Einfluss auf die Futteraufnahme. Von besonderer Bedeutung sind hier die Energiedichte im Grobfutter, die Grobfutterart, die Menge bzw. der Anteil an Konzentratfutter sowie die Gär- und Silagequalität, also die hygienische Beschaffenheit und die aerobe Stabilität der Silagen. Schließlich nimmt als dritter Komplex das Betriebsmanagement (z. B. Belegdichte, Futtermittelverfügbarkeit) großen Einfluss auf die Fressbereitschaft der Kühe. Die meisten tierbedingten Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme, wie Konzentratfuttermenge, Körpermasse und Milchleistung, wirken in Abhängigkeit vom Laktationsstadium. Abbildung 5 zeigt den grundsätzlichen Zusammenhang der abnehmenden Intensität der Wirkung mit zunehmender Laktationsdauer.

Im Rahmen der Rationsplanung ist die Schätzung bzw. Vorhersage der Futteraufnahme von elementarer Bedeutung. Aus den oben erwähnten tierindividuellen Futteraufnahmemessungen wurden Schätzgleichungen zur Bestimmung der Futteraufnahme abgeleitet. Für die Anwendung dieser Gleichungen müssen folgende Daten bekannt sein:

1. Vom Tier: Rasse (Deutsche Holstein, Fleckvieh, Braunvieh)
Körpermasse (kg)
Laktationsnummer (1, 2 und 3, ≥ 4)
Laktationstag
Milchleistung (kg je Tag)
2. Vom Futter: Energiedichte im Grobfutter (MJ NEL je kg TM)
Konzentratfuttermittelverzehr (kg TM je Tag) bzw. Konzentratfutteranteil in der Ration in % der TM
3. Vom Betrieb: Region (Deutschland/Österreich, Schweiz)
Managementniveau (hoch/mittel)
Fütterungssystem (getrennte Vorlage, Mischration)

Anhang A3 zeigt die Schätzgleichungen für die Vorlage einer PMR (Gleichung 1) sowie für die Vorlage einer TMR (Gleichung 5). PMR mit tierindividuellen Konzentratfuttermitteln in Kraftfutterstationen, im Melkstand oder im Melkroboter sind mit Hilfe der Gleichung 1 zu kalkulieren. Die Gleichungen sind sehr komplex, da fast alle Bestim-

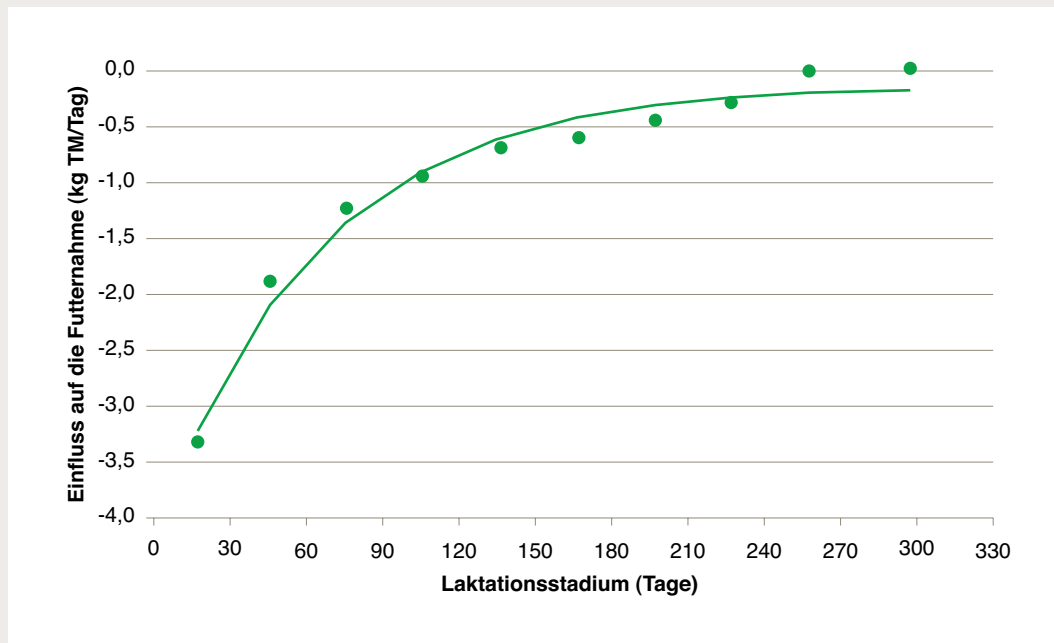


Abbildung 5: Fixe Effekte des Laktationsstadiums auf die Höhe der Futteraufnahme in kg TM je Tier und Tag (Gruber et al., 2004)

mungsgrößen in Abhängigkeit vom Laktationsstadium gesehen werden. Für die Anwendung sind deshalb computergestützte Rationsberechnungsprogramme erforderlich. Es ist wichtig, an dieser Stelle zu betonen, dass sich das Futteraufnahmeverfahren von Gruber et al. (2004) im Rahmen einer internationalen, unabhängigen Evaluierung als genau und robust erwiesen und dazu in diesem Vergleich die besten Ergebnisse geliefert hat (Jensen et al., 2015). Daher können darauf aufbauende Rationsberechnungen als verlässlich angesehen werden (Gruber, 2016). Die stete wissenschaftliche Begleitung und Weiterbearbeitung sowie die regelmäßige Anpassung und Validierung sichern dies zusätzlich ab.

Auch das Haltungssystem und das Futtermanagement beeinflussen die Futteraufnahme. Eine tiergerechte Gestaltung des Fressplatzes sowie ein optimiertes Tierfressplatz-Verhältnis stehen hierbei im Vordergrund. Gefordert wird, dass die Kuh ungehindert fressen kann. Die Fressplatzbreite muss die veränderten Kuhgrößen berücksichtigen und zwischen laktierenden und trockenstehenden Kühen differenzieren. Das Tierfressplatz-Verhältnis sollte nicht über 1,2 zu 1 hinausgehen. Dort, wo dies nicht möglich ist (z. B. Altstallgebäude wie klassische 3-Reiher mit einem Tierfressplatz-Verhältnis von 1,5–2 zu 1), lässt sich eine hohe Futteraufnahme nur erzielen, wenn durch häufigere Futtervorlage (min. 2 x täglich Vorlage von frischem Futter, nicht auf „leeren Futtertisch füttern“, min. 22 h täglich Futter auf dem Futtertisch) ständig frisches Futter vorliegt und in kürzeren Intervallen das Futter (min. 3–4 x täglich) wieder angeschoben wird. Automatische Fütterungssysteme mit täglich mehrmaliger Futtervorlage können diesbezüglich Vorteile aufweisen. Weitere Einzelheiten und Vorgaben sind beispielsweise DLG (2012) zu entnehmen.

Des Weiteren ist sicher zu stellen, dass eine vorgelegte Ration nicht selektiv gefressen wird. Kühe sind in der Lage, durch Kopf- und Maulbewegungen feine Futterpartikel, meistens Konzentratfutteranteile, auszusortieren und bevorzugt zu fressen. Dies führt zu einer ungleichmäßigen Futteraufnahme im Tagesverlauf und zwischen den Tieren. Durch Einhalten der Mischreihenfolge und der Mischzeiten, durch scharfe Messer und durch eine Zugabe von Wasser in der Mischration kann dies vermieden oder zumindest nahezu unterbunden werden. Durch die Wasserzugabe zur Mischration vermindert sich die Wasseraufnahme über Tränkebecken im gleichen Umfang wie dem Wasserzusatz im Mischwagen. In neueren Versuchen wurde häufig eine höhere TM-Futteraufnahme bei Wasserzugabe festgestellt. Hohe Wasseranteile in der Ration erhöhen allerdings das Risiko des mikrobiellen Verderbs und erfordern daher eine erhöhte Aufmerksamkeit hinsichtlich der hygienischen Anforderungen an die Mischration.

Bei konsequenter Umsetzung der Schätzgleichung nach Gruber et al. (2004) ergeben sich Eckdaten zur Futteraufnahme und Rationsgestaltung, die in Tabelle 6 dargestellt sind. Im Bereich hoher Milchleistungen kann es in der Früh- und Spätlaktation zu unzureichenden Futteraufnahmen (vgl. Tabelle 6) bzw. bei abnehmenden Milchleistungen zu einem höheren TM-Verzehr kommen. Daraus resultiert Körpermassenmobilisierung oder -ansatz. Dies ist im Controlling zu berücksichtigen. Es wird deutlich, dass hohe Milchleistungen steigende Grobfutterqualitäten erfordern.

Tabelle 6: Futteraufnahme aus Grob- und Konzentratfutter bei unterschiedlicher Grobfutterqualität und variierenden Anteilen an Konzentratfutter an der Tagesration (675 kg Körpermasse, 100. Laktationstag, 2./3. Laktation, Deutsche Holstein)

Milchleistung	Futtermittelverzehr		Konzentratfutter	Energiekonzentration	
	Grobfutter	Gesamt	Anteil	Grobfutter	Ration ¹⁾
	kg TM je Tag		(%)	(MJ NEL je kg TM)	
20	16,0–18,0	17,0–18,0	0–10	≥ 5,6	5,8–6,0
25	15,5–18,0	19,0–20,0	5–20	≥ 5,8	6,2–6,3
30	15,0–17,5	20,5–21,5	15–30	≥ 5,8	6,4–6,6
35	14,0–17,0	22,5–23,5	25–40	≥ 6,0	6,7–6,8
40	13,5–17,0	24,5–24,5	30–45	≥ 6,2	6,9–7,1
45	14,0–17,0	25,5–26,0	30–45	≥ 6,4	7,2–7,3
50	15,0–16,5	27,0–28,0	40–45	≥ 6,7	7,3–7,4

¹⁾ Wenn die angegebenen Energiekonzentrationen der Gesamtration nicht erreicht werden, ist für das Erreichen der angestrebten Milchleistung eine höhere Futteraufnahme notwendig.

10.2 Ausrichtung der Rationen

Die Vorlage gemischter Rationen ist mittlerweile zum Standard in der Milchkuhfütterung geworden und hat damit die getrennte Vorlage einzelner Futtermittel abgelöst. Eine zusätzliche leistungsbezogene Mischfütterung erlaubt eine sehr gute Anpassung an den Bedarf der Tiere, wobei mit steigenden Milchleistungen und Konzentratfuttergaben die Grobfutterverdrängung zu berücksichtigen ist.

Bei Mischrationen ist zu unterscheiden zwischen TMR und PMR mit Konzentratfutterzuteilung über Transponder in Kraffutterstationen, im Melkstand oder im automatischen Melksystem. Bei der TMR-Fütterung werden alle Futterkomponenten zu einer im Gruppenschnitt wiederkäuergerechten und bedarfsdeckenden Futterration gemischt, so dass die Kuh mit jedem Bissen alle Nähr- und Wirkstoffe gleichmäßig aufnimmt. Dies ist Voraussetzung für eine möglichst gleichmäßige Pansenfermentation, so dass dieses Verfahren aus ernährungsphysiologischer Sicht zu bevorzugen ist. Auch bei einer TMR-Fütterung ist sicherzustellen, dass die Nährstoffversorgung im Verlauf der Laktation der nachlassenden Milchleistung aber relativ stabilen Futteraufnahme angepasst wird. Andernfalls führt dies zu erhöhten N- und P-Ausscheidungen. Deshalb sollten nach Möglichkeit unterschiedliche Rationen im Laktationsverlauf eingesetzt werden, was insbesondere bei größeren Herden organisatorisch und auch aus baulichen Gründen leichter umsetzbar ist. So können unausgeglichene Versorgungslagen mit Nährstoffen und physikalischer Struktur sowie eine übermäßige Verfettung der Tiere im letzten Laktationsdrittel verhindert werden. Auch können die relevanten Nährstoffausscheidungen von N und P durch angepasste Rationen deutlich vermindert werden (siehe DLG, 2020).

Betriebe mit Kraffutterstationen setzen häufig eine PMR ein, bei der die vorhandenen Grobfutter mit Konzentrat- und Mineralfutter gemischt werden, so dass eine ausgewogene Nährstoffversorgung für eine gewünschte Milchleistung sichergestellt ist. Für darüber hinaus gehende Leistungen wird Konzentratfutter tierindividuell in Kraffutterstationen oder im Melkstand zur Verfügung gestellt. Dieses Verfahren gewinnt durch die zunehmende Verbreitung automatischer Melksysteme an Bedeutung, da die Kühe über Konzentratfuttergaben zum Melkroboter gelockt werden. Über die Höhe der Konzentratfuttergaben lässt sich die Melkhäufigkeit steuern. Die über die Mischration abzudeckende Leistung ist abhängig von der Herdenleistung (Tabelle 7). Bei automatischen Melksystemen hat sich bewährt, die angestrebte Milchleistung aus der Mischration etwa 3 bis 5 kg Milch niedriger als die mittlere Leistung der Herde (Kuhgruppe) einzustellen.

Tabelle 7: Empfehlungen zur Ausrichtung der Teilmischration (PMR) der laktierenden Kühe

Leistungsniveau kg Milch je Kuh und Jahr	6.000	8.000	10.000	12.000
Über die PMR abzudeckende Milchleistung kg Milch je Kuh und Tag	18–21	21–24	25–28	29–32

Bei der Konzentratfütterzuteilung in der Kraftfutterstation bzw. am Melkroboter ist eine Verdrängungswirkung der Mischration durch die Konzentratfüttergaben zu berücksichtigen. Diese Grobfutterverdrängung spiegelt sich auch in den Gleichungen zur Abschätzung der Futterraufnahme von DLG (2006a) wider.

10.3 Empfehlungen zur Nährstoffversorgung

Zur Erstellung von bedarfsdeckenden Rationen werden die Empfehlungen der GfE (2001) sowie die DLG-Information 1/2006 (DLG, 2006a) in Verbindung mit den DLG-Futterwerttabellen (1997) herangezogen. Der Tabelle 8 ist die empfohlene Versorgung der Milchkühe mit Energie, nXP und Mineralstoffen als Tagesbedarf und als Konzentrationsangabe je kg TM-Futterraufnahme entsprechend der Futterraufnahme nach Tabelle 6 zu entnehmen. Unterstellt sind eine Körpermasse von 675 kg und freier Zugang zum Futter. Wenn die mittlere Körpermasse der Herde oder Gruppe um ± 25 kg abweicht, ist ein $\pm 1,1$ MJ NEL bzw. 10 g nXP abweichender Erhaltungsbedarf anzusetzen. Der Milchfettgehalt ist mit 4% und der Milcheiweißgehalt mit 3,4% angesetzt. Von den angegebenen Durchschnittswerten abweichende Inhaltsstoffe in der Milch sind entsprechend zu berücksichtigen. Die Anforderungen der Tiere hinsichtlich einer bedarfsgerechten Versorgung mit Mineralstoffen, Spurenelementen und Vitaminen sind ebenfalls zu beachten. Außerdem soll die ausreichende Zufuhr von strukturwirksamen Kohlenhydraten (peNDF) eine wiederkäuergerechte Ration gewährleisten.

Tabelle 8: Empfohlene Versorgung von Milchkühen mit Energie, nutzbarem Rohprotein am Duodenum und Mengenelementen (675 kg KM, 4% Fett, 3,4% Eiweiß)

Leistung	Futterraufnahme ¹⁾	Energie	nXP	Ca	P	Na	Mg
kg Milch	kg TM je Tag	MJ NEL	g	g			

Angaben je Kuh und Tag

10	12,5–13,5	72	1.310	50	32	14	18
15	15,0–16,0	88	1.735	67	42	18	22
20	17,0–18,0	105	2.160	85	54	21	25
25	19,0–20,0	121	2.585	102	64	25	29
30	20,5–21,5	138	3.010	117	73	28	32
35	22,5–23,5	154	3.435	134	83	32	33
40	24,0–24,5	171	3.860	149	92	35	34
45	25,5–26,0	187	4.285	164	101	38	36
50	27,0–28,0	204	4.710	180	111	41	38

Angaben je kg TM (gelten nur in Verbindung mit der angegebenen Futterraufnahme)

10	12,5–13,5	5,6	120 ²⁾	3,8	2,5	1,1	1,4
15	15,0–16,0	5,8	120 ²⁾	4,3	2,7	1,2	1,4
20	17,0–18,0	6,0	123	4,9	3,1	1,2	1,4
25	19,0–20,0	6,3	133	5,2	3,3	1,3	1,5
30	20,5–21,5	6,6	143	5,6	3,5	1,3	1,5
35	22,5–23,5	6,8	149	5,8	3,6	1,4	1,4
40	24,0–24,5	7,1	159	6,1	3,8	1,4	1,4
45	25,5–26,0	7,3	166	6,4	3,9	1,5	1,4
50	27,0–28,0	7,4	171	6,5	4,0	1,5	1,4

¹⁾ ab 60. Laktationstag ²⁾ zur Absicherung des mikrobiellen N-Bedarfes der Pansenmikroben

10.3.1 Nährstoffversorgung der Trockensteher

In der Trockenstehphase kann die Fütterung von Kühen zweiphasig mit differenzierten Rationen für Frühlaktation und Vorbereitungsphase oder einphasig mit einer möglichst konstanten Ration über den gesamten Zeitraum vorgenommen werden. Die Festlegung auf eine der Varianten erfolgt in der Praxis auf Basis der jeweiligen betrieblichen Rahmenbedingungen für die exakte und vom entstehenden Aufwand vertretbare Umsetzung sowie anhand von Schwerpunktsetzungen hinsichtlich der jeweiligen Möglichkeiten der Verfahren (Übersicht 1).

Übersicht 1: Eckpunkte des fütterungsseitigen Trockenstehermanagements

Zweiphasig	Einphasig
<ul style="list-style-type: none"> • Gezielte Unterstützung physiologischer Rück- und Neubildungsphase von Milchdrüse und Verdauungstrakt in den beiden Abschnitten, deutliche Vorbereitungseffekte mit der Ration im zweiten Abschnitt • In Abhängigkeit von der Leistungsbeanspruchung des Verdauungstraktes mehr oder weniger starker Umbau der Pansenmikroben in Größe und Zusammensetzung in beiden Abschnitten • Anpassung des Pansens auf Fütterung nach der Kalbung (Zusammensetzung Mikrobenpopulation, Absorptionspotenzial Pansenwand mit zunehmender Durchlässigkeit, Zottenanzahl/-größe) • Möglichkeit der Beeinflussung der Körperkondition durch angepasste Energiekonzentrationen der Ration im ersten Abschnitt, energiearme Ration für vorzeitig trockengestellte Kühe bei Bedarf, gleichzeitig einphasige Fütterung möglich (tierindividuell, z. B. bei niedrigem BCS) • Spezialfüttereinsatz gegebenenfalls gezielt in der Vorbereitungsphase (Gebärparese- und Ketoseprophylaxe) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kein Gruppen- und Futterwechsel, weniger deutliche notwendige Umstellungs- und Anpassungsprozesse für die Kühe (ethologisch/Haltung und pansenphysiologisch/Ration) • Pansenphysiologisch von Vorteil bei hohen Milchleistungen zum Trockenstellen • Trockenperiode nicht über 6–8 Wochen hinaus • Arbeitswirtschaftliche Aspekte: eine größere Fütterungsgruppe und Ladung/Mischung, reduzierter Arbeitsaufwand (laden, mischen, füttern), bauliche und bewirtschaftungsseitige Gruppenteilung nicht zwingend notwendig, höhere Mischgenauigkeit durch größere Lademengen insbesondere in kleineren Herden • Bei einphasiger energiereicherer Fütterung Gebärpareseprophylaxe beachten

Im zweiphasigen Verfahren sollen im ersten Abschnitt des Trockenstehens von etwa 4 bis 5 Wochen mit geringeren Rationsgehalten an Energie und an leicht verdaulichen Kohlenhydraten die angestrebten Rückbildungs- und Regenerationsprozesse unterstützt werden. Der Orientierungsbereich der Energiegehalte wird in einer weiten Spanne angegeben (Tabelle 9). Die genaue Festlegung erfolgt dann in der Ausrichtung an der Körperkondition der Kühe (beurteilt mittels body condition score, BCS), um diese im angestrebten Bereich zu halten oder auf deren Erreichen hinzuwirken. Ein Fettansatz kann bei den Kühen im Bedarfsfall mit dem Energieangebot gefördert oder reduziert bzw. verhindert werden.

Grundsätzlich ist in der Fütterungspraxis die tatsächliche Höhe der Futteraufnahmen der frühen Trockensteher zu beachten, welche mit zum Teil deutlich > 13 kg TM je Kuh und Tag erheblich über den bisher getätigten Annahmen liegen kann. Von stabilen Kühen und bei guten Haltungsbedingungen können auch mehr als 15 kg TM je Tag im Mittel gefressen werden. Insbesondere bei hohen Futteraufnahmen kommt es mit gleichzeitig höheren Energiekonzentrationen der Rationen zu Energieaufnahmen weit oberhalb der ausgewiesenen Versorgungsempfehlungen. Ob dies dann zu akzeptieren oder dem über eine Absenkung der Energiekonzentration entgegenzuwirken ist, muss wiederum anhand des jeweiligen aktuellen BCS und der zu erreichenden Kalbekondition entschieden werden.

Die Körperkondition der Kühe ist ein wichtiger Indikator sowie eine Orientierungsgröße für die Trockensteherfütterung und deshalb bereits in der Altmelkerphase/Spätlaktation zu beachten und im Bedarfsfall im Rahmen der bestehenden Möglichkeiten schon vor dem Trockenstellen zu beeinflussen.

Während der drei- bis zweiwöchigen Vorbereitungszeit sollen Kühe für Erhaltung und etwa 8 bis 12 kg Milch je Kuh und Tag versorgt werden (ca. 65–80 MJ NEL je Kuh und Tag bei 725 kg Körpermasse). Zu beachten sind für die dafür notwendigen Energiekonzentrationen der Rationen wiederum die jeweiligen Futteraufnahmen. Einerseits kann es zum physiologisch bedingten Rückgang der Futteraufnahme auf ein niedriges Niveau von < 11 kg TM je Kuh und Tag kommen. Dieser Prozess ist bei Kühen mit vergleichsweise schlechtem Allgemeinzustand und/oder zu hohem BCS stärker ausgeprägt. Die Umstellung von energieärmeren Frühlaktation-Rationen auf energiereichere und höher verdauliche Vorbereitungsrationen kann den Futterverzehr aber auch fördern, besonders bei fitten Tieren mit optimaler oder auch knapper Körperkondition. Rationen mit höheren Energie- und Stärkegehalten verfolgen neben der angepassten Energieversorgung das Ziel der Vorbereitung des Pansens auf diese energiereicheren Futterkomponenten mit der Anpassung der Mikroorganismen und der Schleimhäute der Pansenwand. Mit einer so ausgerichteten Fütterung wird auch auf hohe Startleistungen abgezielt. Bei geringeren Energie- und Stärkegehalten kann eher mit moderaten Milchleistungen zum unmittelbaren Laktationsstart gerechnet werden, was dann ohne zu erwartende Beeinträchtigung oder gleichzeitiger Förderung der Futteraufnahmen zur Entlastung des Fett- und Energiestoffwechsels führen kann. Unter Berücksichtigung der beschriebenen Wechselwirkungen sowie ausgerichtet auf die jeweiligen Zielstellungen (Ausrichtung des Betriebsmanagements) für den Laktationsstart sind die Rationen konkret zu gestalten.

Tabelle 9: Nährstoffvorgaben für Mischrationen für trockenstehende Milchkühe (6 bis 8 Wochen vor der Kalbung bis zur Kalbung)

	Frühtrockensteher	Vorbereitungsfütterung	Einphasige Fütterung
	Woche 8(6) vor bis 6(5) vor der Kalbung	Woche 5(4) vor bis zur Kalbung	Woche 6 vor bis zur Kalbung
TM-Verzehr, kg je Tag	> 12	> 12	> 12
TM, g je kg ¹⁾	300–420	350–420	300–420
XL, g je kg TM	< 40	< 40	< 40
XZ+XS-bXS, g je kg TM		120–220	120–220
bXS, g je kg TM		> 15	> 15
aNDFom, g je kg TM	> 460	> 400	> 420
aNDFom _{GF} , g je kg TM	> 400	> 260	> 280
Strukturindex	> 50	> 50	> 50
NEL, MJ je kg TM	5,2–5,8¹⁾	6,2–6,7	5,6–6,2
nXP, g je kg TM²⁾	110–120	125–140	120–135
RNB, g je kg TM	-0,5–0	-0,5–0	-0,5–0
Ca, g je kg TM	4,0–6,0	4,5–6,0 ³⁾	4,5–6,0
P, g je kg TM	> 2,5 ⁴⁾	> 2,5 ⁴⁾	> 2,5 ⁴⁾
Na, g je kg TM	1,5–2,5	1,5–2,0	1,5–2,0
Mg, g je kg TM	> 1,5	> 2,0	> 2,0
K, g je kg TM	< 15	< 15	< 15

¹⁾ gilt nicht für Rationen mit sehr hohen Strohanteilen / Trocken-TMR

²⁾ der Proteinbedarf orientiert sich hier am Bedarf der Pansenmikroben für die Proteinsynthese (10,1 g MP je MJ ME und einem mittleren UDP-Anteil im Futterprotein von 17%). Ab einem TM-Verzehr von 10 kg je Tag ist der Bruttobedarf der Tiere gedeckt.

³⁾ zunehmende Ca-Gehalte bei abnehmenden DCAB-Gehalten:

DCAB > 200 meq je kg TM → < 4 g Ca je kg TM

DCAB 100 bis 200 meq je kg TM → ca. 6 g Ca je kg TM

DCAB 50 bis 100 meq je kg TM → ca. 9 g Ca je kg TM

DCAB – 50 bis + 50 meq je kg TM → > 9 g Ca je kg TM

Beachte: K-, Na-, Cl- und S-Gehalte der Ration sind unbedingt zu analysieren.

⁴⁾ größere Überschüsse sollten vermieden werden.

Herausragende Bedeutung für die Vorbereitungsfütterung besitzt die Hypocalcämie-Prophylaxe (subklinisches/ klinisches „Milchfieber“, Gebärpause). Dazu sind die Kationen-Anionen-Bilanzen (*dietary-cation-anion-balance*, DCAB) der Rationen zu berücksichtigen und soweit möglich zusammen mit den Ca-Gehalten im Optimum des gewählten und umsetzbaren Prophylaxe-Konzeptes einzustellen (Ca- und K-arm, moderate DCAB-Absenkung oder anionische Fütterung durch Einsatz saurer Salze). Die P- und Mg-Gehalte sind ebenso zu berücksichtigen. Weitere Verfahren und Spezialfuttermittel werden für die „Milchfieber“-Prophylaxe angeboten (z. B. Ca-Binder).

Zum Zweck der Vorbereitung wird empfohlen, in der Trockensteherfütterung und insbesondere in der Vorbereitungsration schon die Futtermittel zu verwenden, welche nach der Kalbung in der Laktationsration zum Einsatz kommen. Diese Zielstellung ist den Anforderungen an eine wirksame „Milchfieber“-Prophylaxe jedoch nachzuordnen. Ebenso sind die Auswahl sowie die Anteile der eingesetzten Futtermittel oder Ergänzungen (z. B. mit Stroh) an die für das jeweilige Fütterungsziel angestrebten Energie- und Nährstoffkonzentrationen anzupassen.

Insbesondere bei zweiphasiger Fütterung können die Rationen mit verschiedenen Spezialfuttermitteln ergänzt werden, um den Stoffwechsel und die Verdauungsvorgänge der Kühe in der sensiblen Übergangsphase zu unterstützen und zu stabilisieren. Dies betrifft die Hypocalcämie-Prophylaxe (z. B. saure Salze), aber auch den Energie- und Fettstoffwechsel (z. B. glukoplastische Substanzen) oder die Vormagenverdauung (z. B. probiotisch wirkende Substanzen). Pansenpuffer (z. B. NaHCO₃) sind unbedingt auszuschließen, da sie die Freisetzung der Körperreserven an Ca eher unterbinden und damit das Milchfiebrisiko deutlich erhöhen. Pansenstabiles Futterfett, insbesondere Ca-verseiftes Fett, ist ebenso als kritisch für die Vorbereitungs- und Anfütterung einzuordnen, da dadurch eine zunehmende ketogene Belastung zum Laktationsstart nicht auszuschließen ist.

Für Herden, die aufgrund betrieblicher Rahmenbedingungen und/oder der Zielstellungen für die Fütterung das einphasige Verfahren praktizieren, ergeben sich ähnliche Ansätze für die Festlegung der Gehaltswerte der Ration. Futteraufnahme und Körperkondition sind ebenso unbedingt zu berücksichtigen, dies insbesondere für die Festlegung der NEL- und Stärkegehalte der Ration. Notwendige oder gezielt eingestellte knappere Energie und Nährstoffkonzentrationen lassen wiederum geringere Startleistungen erwarten. Eine wirksame und physiologisch erfolgreich umsetzbare Milchfieberprophylaxe ist in jedem Fall anzustreben.

10.3.2 Leistungsbezogene Fütterung der laktierenden Kühe mit TMR

Mit Einsetzen der Laktation wird die zusätzliche Konzentratfütterung bei der Vorlage einer Teilmischration bis zur energetischen Abdeckung der vollen Milchleistung langsam erhöht, ohne die Wiederkäuergerechtigkeit der Ration zu vernachlässigen. Ein Beispiel der Anfütterung ist der Tabelle 10 zu entnehmen. Die über den Mischwagen verabreichten Konzentratfütterungsmengen sind in diesen

Tabelle 10: Beispiel für die Konzentratfütterung in der Früh-Laktation

Phase	Maximale Konzentratfütterung, kg je Tag ¹⁾	
	Jungkühe	Kühe
Vorbereitungs- und Anfütterung		
1. Woche	2,0	2,0
2. Woche	4,0	4,0
Anfütterung		
1. Laktationswoche	5	6
2. „	6	8
3. „	7	10
4. „	8	12
5. „	9	12
6. „	9	12 ²⁾
7. „	9	12 ²⁾
8. „	9 ²⁾	12 ²⁾

¹⁾ gilt für hochleistungsveranlagte und optimal konditionierte Tiere

²⁾ Menge in Abhängigkeit vom Leistungsniveau

Angaben eingeschlossen. In der Praxis ist zu Beginn der Laktation oft ein Versorgungsdefizit besonders an Energie zu beobachten, so dass die Kuh auf Körperreserven zurückgreifen muss. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn Kühe einerseits überkonditioniert sind und/oder während der Trockenstehzeit überversorgt wurden.

Bis mindestens zum 100. Laktationstag sollte eine Mindestmenge an Konzentratfütterung gefüttert werden, die sich am mittleren Leistungspotenzial der Herde/Gruppe orientiert. Dies erfolgt mit dem Ziel, einerseits die Auswirkungen der bis dahin andauernden negativen Energiebilanz (NEB) auf die Gesundheit zu minimieren und andererseits das Leistungspotenzial der Tiere bestmöglich auszuschöpfen. Bei Kühen, die bis zu diesem Zeitpunkt bereits über dem mittleren Herdenpotenzial liegen, ist die Konzentratfütterung anzupassen. Ab dem 100. Laktationstag sollte sich diese ausschließlich an der tatsächlichen Leistung orientieren.

Bei den laktierenden Kühen entspricht die Aufteilung in zwei oder drei Leistungsgruppen einer guten fachlichen Praxis, um die Nährstoffansprüche der Tiere möglichst genau zu erfüllen. Tiere mit ähnlichem Anspruch an die Energie- und Nährstoffkonzentration der Ration können so bedarfsgerechter versorgt und die ernährungsphysiologischen, ökonomischen sowie ökologischen Anforderungen an die

Milchkuhfütterung optimiert werden. Üblich ist die Gruppierung in mindestens eine frischmelkende/hochleistende und eine altmelkende Gruppe. Neben der Leistung und dem Laktationsstand ist die Körperkondition als Kriterium heranzuziehen, um Defizite in der Körperkondition auszugleichen oder unerwünschten Ansatz zu begrenzen. Als Leistungskriterium sollte die Menge an **energiekorrigierter Milch (ECM)** Verwendung finden, um Unterschiede in den Milchinhaltsstoffen zu berücksichtigen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass Jungkühe eine geringere tägliche Milchleistung umsetzen, bei geringerer Körpermasse eine geringere Futteraufnahme und durch das noch vorhandene Körperwachstum einen zusätzlichen Leistungsbedarf haben. Hier sollte das Umgruppierungskriterium Milchleistung nach unten angepasst werden.

Wie bereits ausgeführt, ist bei laktierenden Kühen zwischen frisch- und altmelkenden Tieren zu unterscheiden. In Tabelle 11 sind die Vorgaben zur Energie- und Nährstoffausstattung der Tagesration für hochleistende Kühe in Herden mit 8.000 bis 12.000 kg Herdenleistung aufgeführt. Die abzudeckenden Milchleistungen betragen je nach Herdenleistung 37 bis 47 kg Milch je Kuh und Tag. Die Anforderungen an die Energie- und Nährstoffdichte orientieren sich an den Eckdaten zur Futtermittelaufnahme (Tabelle 6, 8) und steigen entsprechend der Leistung der Herde an.

Tabelle 11: Empfehlungen zu Nähr- und Mineralstoffkonzentrationen in Mischrationen für Frischmelker und Hochleistungs-Milchkühe bei 8.000, 10.000 und 12.000 kg Herdenleistung

Herdenleistung		8.000		10.000		12.000	
Abgedeckte Milchleistung	kg je Kuh und Tag	37		42		47	
		von	bis	von	bis	von	bis
Futtermittelaufnahme	kg TM je Kuh und Tag	23	24	24	26	26	28
TM	g je kg	300	420	300	420	300	420
XL	g je kg TM		40		40		40
XL, inkl. pansenstabil	g je kg TM		60		60		60
XS+XZ-bXS ¹⁾	g je kg TM	150	210	150	210	175	210
XS+XZ	g je kg TM	170	260	180	260	225	260
bXS	g je kg TM		50		50		50
aNDFom	g je kg TM	340		325		325	
aNDFom _{GF} inkl. Nebenprodukte ²⁾	g je kg TM	250		220		200	
Strukturindex		50		50		50	
NEL	MJ je kg TM	6,9	7,1	7,1	7,3	7,3	7,4
nXP	g je kg TM	145	155	155	165	165	175
XP	g je kg TM	140		150		155	
RNB	g je kg TM	-1	0	-1	0	-1	0
Ca	g je kg TM	5,9		6,1		6,4	
P	g je kg TM	3,7	3,9	3,7	3,9	3,9	4,0
Na	g je kg TM	1,4	2,5	1,4	2,5	1,5	2,5
Mg	g je kg TM	1,5		1,4		1,4	

¹⁾ Kann der Wert von max. 210 g pansenabbaubarer Stärke und Zucker je kg TM nicht eingehalten werden, so ist die Menge an aNDFom aus dem Grobfutter entsprechend zu erhöhen (≥ 280 g je kg TM bei max. 250 g pansenabbaubarer Stärke und Zucker je kg TM). Dieses Verhältnis lässt sich über den Strukturindex überprüfen und einstellen.

²⁾ Eine Deckelung der Anteile und Mengen an Stärke- und Zucker mit zunehmenden Leistungsanforderungen erfordert steigende Anteile höher verdaulicher Faserkohlenhydrate, um höhere Futtermittelaufnahmen und den steigenden Energiebedarf zu sichern.

Einzelbetriebliche Situationen der Futtermittelverfügbarkeit (Grobfutter) und der Futtermittelauswahl oder bestehende Einsatzrestriktionen (Zukauffutter) können insbesondere die Höhe der Konzentrationen an NEL und/oder nXP begrenzen. Die unter Sicherung wiederkäuergerechter Versorgung höchstmöglichen Energiekonzentrationen sollten angestrebt werden, um dem hohen genetischen Milchleistungspotenzial der Kühe zu entsprechen und um die zu starke Ausprägung einer negativen Energiebilanz zu verhindern. Bei nachlassender Milchleistung und/oder zunehmender Körperkondition ist die Umstellung in eine energieärmer versorgte Altmelkergruppe konsequent umzusetzen.

Die Vorgaben für die altemelkenden Tiere liegen entsprechend niedriger (Tabelle 12). Abgedeckt werden sollen Leistungen je nach Herdenniveau zwischen 22 und 29 kg Milch je Kuh und Tag. Abgestuft sind neben den Werten für die Energiedichte die Vorgaben für die Versorgung mit nXP und mit Kohlenhydraten.

Tabelle 12: Empfehlungen zu Nähr- und Mineralstoffkonzentrationen in Mischrationen für altemelkende Milchkühe bei 8.000, 10.000 und 12.000 kg Herdenleistung

Herdenleistung		8.000		10.000		12.000	
		von	bis	von	bis	von	bis
Futteraufnahme	kg TM je Kuh und Tag	17	19	19	20	20	21
TM	g je kg	300	420	300	420	300	420
XL	g je kg TM		40		40		40
XL, inkl. pansenstabil	g je kg TM		55		55		55
XS+XZ-bXS	g je kg TM	160	180	170	190	180	200
bXS	g je kg TM		30		30		30
aNDFom	g je kg TM	400	450	370	420	350	400
aNDFom _{GF} inkl. Nebenprodukte	g je kg TM	280		280		280	
Strukturindex		50		50		50	
NEL	MJ je kg TM	6,4	6,6	6,5	6,7	6,7	6,9
nXP	g je kg TM	140	145	145	150	150	155
XP	g je kg TM	135		140		145	
RNB	g je kg TM	-1	0	-1	0	-1	0
Ca	g je kg TM	4,9		5,1		5,5	
P	g je kg TM	3,0	3,2	3,1	3,3	3,3	3,5
Na	g je kg TM	1,2	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4
Mg	g je kg TM	1,4		1,5		1,5	

In der Altemelker-Phase kann es insbesondere bei Fütterung energiereicher Rationen häufig zu höheren Futteraufnahmen kommen als in der Tabelle 12 unterstellt. Dann ist zu kontrollieren, ob und wie sich die daraus resultierende Energieversorgung oberhalb des Leistungsbedarfs auf die mittlere Körperkondition der Kühe auswirkt. Nehmen die Kühe nicht zu stark zu oder füllen noch unzureichende Körperreserven auf, kann dies toleriert werden. Ergibt sich dagegen aus dem BCS für einen relevanten Anteil von Kühen ein deutliches Verfettungsrisiko, muss die Energiekonzentration der Ration abgesenkt werden. Für Einzeltiere kann anhand der Leistung und des BCS auch die Entscheidung zum vorzeitigen Trockenstellen getroffen werden. Grundsätzlich ist die Fütterung der Altemelker am BCS und an der gewünschten Kondition zum Trockenstellen auszurichten. In der Trockenstehphase sind die Möglichkeiten insbesondere zur Korrektur zu hoher Körperkondition kaum oder gar nicht gegeben.

Bei mehr als zwei Leistungsgruppen der laktierenden Tiere können die Frischmelker in den ersten 30 bis 60 Laktationstagen und die Kühe in der Hochleistungsphase separat gehalten und gefüttert werden. Bei geringerem Leistungsniveau besteht die Möglichkeit, mit den Rationen zwischen Gruppen mit mittleren und/oder niedrigen Durchschnittsleistungen zu unterscheiden. Die Gruppeneinteilung und Versorgung der Tiere hat nach Leistung und Kondition zu erfolgen. Im Mittel ist die Ration etwa 3 kg oberhalb der mittleren Tagesmilchleistung der Gruppe einzustellen. Die Angaben gelten für Herdenleistungen oberhalb 10.000 kg.

Wird eine Haltungsgruppe für Frischmelker gebildet, können Haltungssysteme und Haltungstechnik an die besonderen Ansprüche der Tiere in dieser sensiblen Phase der Laktation angepasst werden (Tierfressplatz-Verhältnis,

Fressplatzbreite, Kuhkomfort, etc.). Des Weiteren erleichtert die Eingruppierung der Frischmelker in eine separate Gruppe die notwendigen, intensiven Tierbeobachtungen und das Controlling zum Laktationsstart.

In der Früh-laktation können mit dem Einsatz von Spezialfuttermitteln zur Verbesserung der Energie- und Nährstoffversorgung und insbesondere der Stoffwechselstabilität häufig positive Effekte für die Bedarfsdeckung und die Gesundheit der Kühe erreicht werden. Im nachfolgenden Laktationsabschnitt ist der Einsatz dieser Futtermittel für Kühe mit dann höheren Futteraufnahmen und besserer Versorgungslage in aller Regel nicht mehr erforderlich. So bleibt die Verwendung der kostenintensiven Spezialfuttermittel auf die Früh-laktation beschränkt.

11 Futter- und Energie-Effizienz zur Beurteilung der Fütterung nutzen

Beim Milchrind wird sowohl in der Züchtung als auch in der betrieblichen Praxis Effizienz eingefordert. Effizienz stellt dabei die Menge an produziertem Produkt (z. B. Milch und Fleisch) dem dafür benötigten Aufwand, insbesondere dem Futter, gegenüber (Effizienz = Output/Input). Je höher der Wert ist, desto effizienter wurde das Produkt erzeugt. Neben dem ursprünglich ökonomischen Gedanken geht es heutzutage zusätzlich um die Verringerung von negativen Umweltwirkungen (Emissionen, ...) und um einen schonenderen Umgang mit Ressourcen (Wasser, Boden, Atmosphäre, ...).

Die Effizienz der Kuh:

Bei der Milchkuh geht es darum, wieviel Milch aus den aufgenommenen Nährstoffen produziert wird. Bekanntere Effizienz-kenngrößen sind:

Körpermasse-Effizienz	=	kg ECM je kg Körpermasse oder $\text{kg}^{0,75}$ metabolischer Körpergröße
Futter-Effizienz	=	kg ECM je kg TM-Futteraufnahme
Energie-Effizienz	=	Energie in der Milch je MJ NEL-Energieaufnahme

Folgendes Beispiel vergleicht die Futter- und Energie-Effizienz anhand zweier (gleicher) Kühe: Beide Tiere wiegen 700 kg, fressen 23 kg TM und geben 30 kg ECM pro Tag. Die Energiemenge in der Milch beträgt $30 \text{ kg} \cdot 3,2 \text{ MJ je kg} = 96 \text{ MJ}$. Die eine Kuh bekommt eine Ration mit 6,5 und die andere mit 6,8 MJ NEL je kg TM. Die Energieaufnahme beträgt somit 150 bzw. 156 MJ NEL je Tag.

Futter-Effizienz beider Kühe	=	$30/23 = 1,3$ kg ECM je kg TM
Energie-Effizienz Kuh A	=	$96/(23 \cdot 6,5) = 0,64$ MJ Energie in der Milch je MJ NEL
Energie-Effizienz Kuh B	=	$96/(23 \cdot 6,8) = 0,61$ MJ Energie in der Milch je MJ NEL

Nur die Energie-Effizienz zeigt, dass die Kuh mit der geringeren Energiedichte im Futter und daher geringeren Energieaufnahme (z. B. durch weniger Konzentratfutter) effizienter ist. Ob beide Tiere ihren Energiebedarf für die erbrachte Leistung auch wirklich decken konnten, lässt sich durch Futterkontrolle bzw. das Fütterungscontrolling beurteilen.

Merkmale wie kg ECM je kg TM Futteraufnahme sagen nichts über die für die erbrachte Leistung notwendigen Energie- oder Nährstoffmengen aus. Daher gelten Effizienzmerkmale auf Energie- oder Nährstoff-Basis seit bereits frühen Studien (z. B. Dickinson et al., 1969) als State-of-the-Art. Die unterschiedliche Milchzusammensetzung wird nach den Empfehlungen der GfE miteinbezogen (GfE, 2001). Die Körpermasse spielt dahingehend eine Rolle, dass schwere Kühe ihren höheren Erhaltungsbedarf durch eine besonders hohe Milchleistung ausgleichen müssten, um gleich effizient wie eine leichtere Kuh zu sein. Tatsächlich bleiben die schwereren Tiere einer Population in Fragen der Effizienz hinter den leichteren zurück.

Die zusätzliche Berücksichtigung des Koppelproduktes Schlachtkörper/Fleisch (Altkuh, Nachkommen) in Effizienzmerkmalen erfolgt mit gleicher Einheit zumeist als Energie-Effizienz. Der Berechnungszeitraum (Laktation, Zwischenkalbezeit, alle Laktationen oder Zwischenkalbezeiten, Lebenszeit) bestimmt, wie gut physiologische Abläufe (s. u.), wie jene im Produktionszyklus der Milchkuh oder der benötigte Aufwand in der Aufzuchtzeit, berücksichtigt werden.

Was ist bei Effizienz-kenngrößen zu beachten?

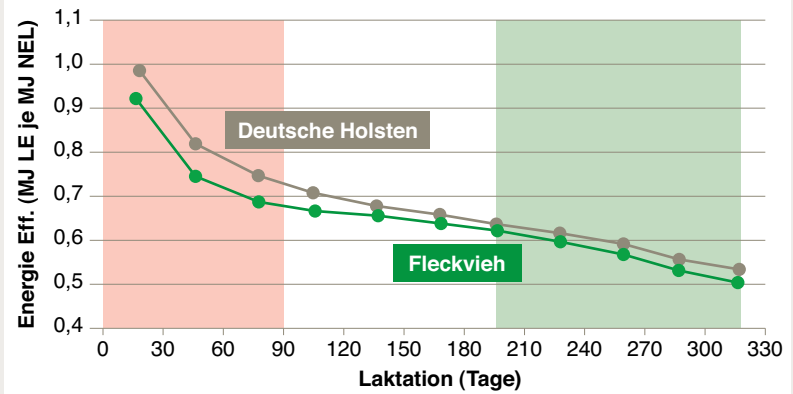
Kühe, die in Relation zu ihrer Milchleistung wenig fressen und daher viel Körperfett einschmelzen, erscheinen rechnerisch als effizienter, weil sie vermeintlich Futter „einsparen“. Der Abbau von Körperreserven – besonders gut ersichtlich in den ersten Laktationsmonaten – täuscht zu hohe Effizienzwerte vor (siehe Abbildung 6). Zu Laktationsende führen die geringere Milchleistung und der notwendige Aufbau der Körperreserven für die nächste Laktation dann zu niedrigen Werten. Werden jedoch ergänzend die Veränderungen in der Körpermasse oder des BCS berücksichtigt, gleichen sich die Kurven aus.

Je höher die Milchbetonung/Milchleistung einer Rasse oder einer Kuh ist, desto ausgeprägter ist das Energiedefizit und desto später setzt die Regeneration ein (Ledinek et al., 2021). Ebenfalls erscheinen jene Tiere rechnerisch effizienter, die die notwendigen Körperreserven für die nächste Laktation nicht vollständig aufbauen und mager bleiben (und so insgesamt im Produktionszyklus vermeintlich Futter „einsparen“). Auch eine unzureichende Futterqualität und eine damit unterversorgende Ration führen zu scheinbar hohen Effizienzwerten.

Bei der Interpretation der Effizienz ist darauf achten, welche Details mit dem Effizienzwert einer Kuh oder einer Leistungsgruppe beschrieben werden:

- Aus welchem Laktationsmonat oder -abschnitt stammen die Effizienzwerte?
- Wurde die Effizienzkenngroße nur in einem kurzen Abschnitt der Laktation, über einen längeren Zeitabschnitt (z. B. Zwischenkalbezeit) oder über mehrere Jahre bis hin zur Lebenszeit berechnet?
- Wie hat sich die Körperkondition der Kühe verändert?
- Deckt die Ration den Energie- und Nährstoffbedarf der Kühe?
- Treten Probleme mit Gesundheit, Fruchtbarkeit oder in anderen Bereichen auf?

BCS-Veränderung unberücksichtigt



BCS-Veränderung berücksichtigt

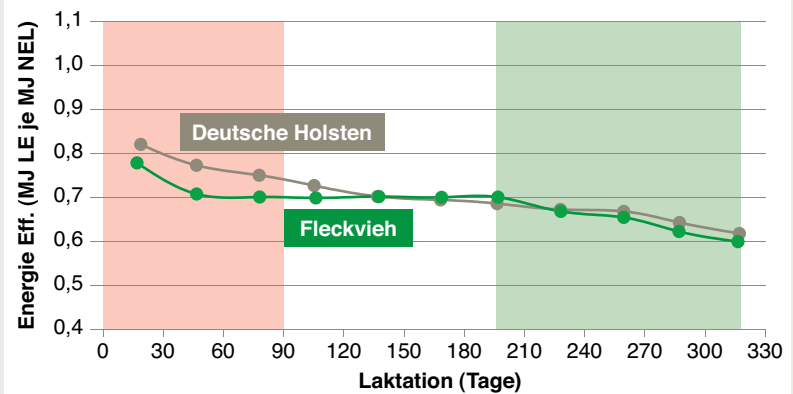


Abbildung 6: Energie-Effizienz der Milcherzeugung (MJ LE je MJ Energieaufnahme; LE Energiemenge in der Milch) mit und ohne Berücksichtigung der BCS-Veränderung am Beispiel der optiKuh-Daten für Deutsche Holstein (DH) und Fleckvieh (FV). Die Energiekonzentration pro Einheit der BCS-Veränderung wurde nach Fox et al. (1999) berechnet.

Bei gutem Stallmanagement und Fütterungskontrolle schließen Effizienz, Tierwohl und Ressourcenschutz einander nicht aus!

Die Energie-Effizienz gilt als Mittel der Wahl, da diese gegenüber der Futter-Effizienz auch die Futterqualität berücksichtigt!

Die Effizienz der Milcherzeugung auf Betriebsebene

Berechnungen auf Betriebsebene zielen auf verringerte Futter- sowie Nährstoffverluste in der Futter- und Düngewirtschaft oder durch die Rationsgestaltung ab. Sie bergen ein sehr hohes Potenzial für einen effizienten Umgang mit Ressourcen, insbesondere den Futtermitteln. Für die Reduktion der Klimawirksamkeit und die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Milchproduktion spielt auch die Nutzungsdauer/Langlebigkeit der Kühe eine große Rolle. An sich nährstoffeffiziente Tiere können aber ungeeignete Futterrationen oder Versäumnisse in der Futterwirtschaft nicht wettmachen.

Wie erfolgt die Einschätzung der Effizienz der Tiere und der Effizienz des Betriebes?

Über den Futtermischwagen lässt sich die vorgelegte Futtermenge gut erfassen. Nach Abzug der Futterreste ergibt sich die gefressene Energie- und Futtermenge. Diese ist der erbrachten Milch- und gegebenenfalls auch Fleischleistung gegenüberzustellen. Man erreicht zwar keine tierindividuellen Werte, weil die Futteraufnahme für die Herde bzw. Leistungsgruppe bestimmt wird, jedoch den Effizienzwert der Durchschnittskuh des Betriebes bzw. der Leistungsgruppe. Probewiegungen und daraus abgeleitete Skalierungen (z. B. geringe, mittlere, hohe Menge) erfassen die Futterreste.

Zur Berechnung der Effizienz auf Betriebsebene wird die Produktmenge der geernteten Futtermenge gegenübergestellt. Die Flächen-Effizienz hingegen drückt die erzeugte Produktmenge oder Leistung (z. B. die Milchmenge) je ha Grünland, Weide oder allgemein je ha Futterfläche aus. Beide Kennzahlen eignen sich auch zum Vergleich von Betrieben. Allerdings sollte die erforderliche Fläche für die zugekaufte Futtermenge und negative Umweltwirkungen

z. B. durch Rodung oder Überdüngung mitberücksichtigt werden. Je mehr Futter vom Aufwuchs bzw. Feld bis zur Kuh „liegen bleibt“, desto ineffizienter und verlustreicher arbeitet der Betrieb. Diese Verluste sind nicht dem Tier zuzuschreiben.

Alle Ebenen (Tier, Betrieb, Produktionssystem) betreffend beugt ein umfassender und vernetzter Blick innerhalb und zwischen den Ebenen der Verlagerung einer Problematik von einem (Merkmals-)Bereich in den anderen vor (Ledinek et al., 2022), da die ressourcenschonende und kostenreduzierende Wirkung von Effizienz nur dann zu tragen kommt, wenn sie nicht durch Verlagerungseffekte oder durch eine Steigerung der Gesamtproduktionsmenge (Rebound-Effekt) wieder geschluckt wird.

12 Empfehlungen zur Rationskontrolle

Futter und Fütterung sind Teil des Produktionsprozesses Nutztierhaltung und müssen kontrolliert werden! Die Rationskontrolle ist im Zusammenhang mit dem Fütterungscontrolling zu sehen, dass neben der Planung auch die Steuerung und die Kontrolle der einzelnen Prozesse beinhaltet. Die Kontrolle ist unverzichtbar und muss in der Erfassung und gesamtheitlichen Bewertung komplex über die Aufgaben Messen, Steuern und Regeln ausgerichtet sein. Die Grundsätze und Rückkopplungen verdeutlicht Abbildung 7.

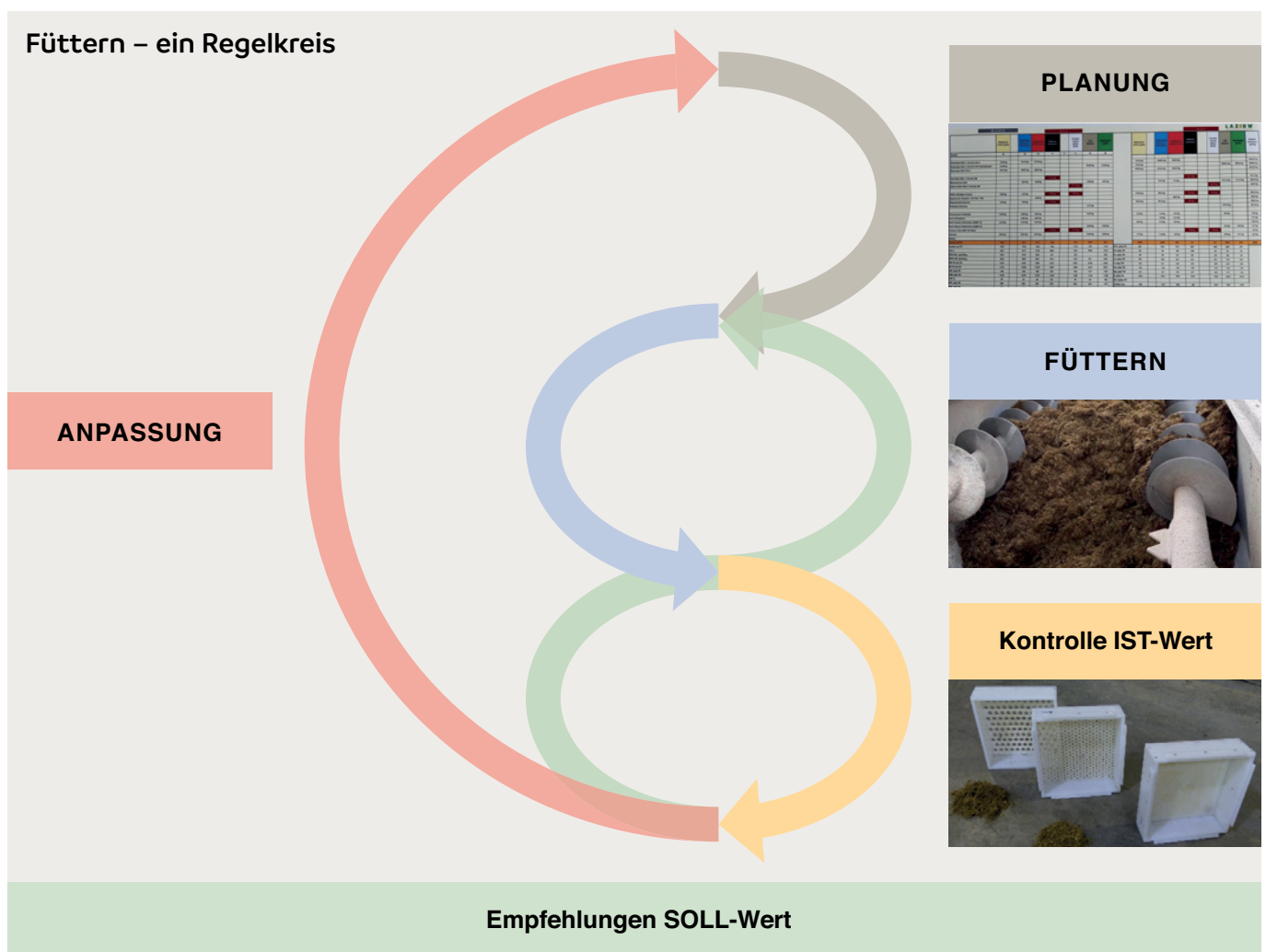


Abbildung 7: Grundsätze und Rückkopplungen im Bereich Fütterungsplanung, Fütterung und Fütterungskontrolle (Gerster, 2023)

Kontrolle der Futtermateriale

Hierbei geht es zuerst um die Überprüfung der vorgelegten Menge und der vorberechneten Zusammensetzung nach Komponentenanteilen. Das tägliche Mischwagenprotokoll ist dafür bestens geeignet.

Um den **täglichen TM-Verzehr** je Kuh ermitteln zu können,

- braucht es zusätzlich den dazu gehörigen **geschätzten oder gewogenen Anfall an Restfutter**,
- die **Anzahl der tatsächlich in der jeweiligen Gruppe anwesenden Kühe** und
- die tatsächlich von einer repräsentativen Probe ermittelte **TM-Konzentration der vorgelegten Ration**. Die TM kann vor Ort mittels Mikrowelle, Heißluftfritteuse oder anderer Schnelltrocknungsverfahren ermittelt werden.

Die **Mischgenauigkeit** zeigt erstens, ob alle Rationskomponenten entsprechend der Vorgaben durch die Rationsberechnung in den gewünschten Mengen und Anteilen geladen wurden. Das lässt sich ausschließlich anhand des Mischprotokolls kontrollieren, dass entweder durch den Fahrer über das Programm des Mischwagens oder handschriftliche Protokolle über jede Ladung und die anschließende Ausgabe an die Futtergruppe erstellt wird. Zweitens sagt sie etwas darüber aus, ob die Rationskomponenten auch ausreichend gemischt wurden, so dass praktisch jeder Bissen jeder fressenden Kuh gleich, also homogen, zusammengesetzt ist. Die (subjektive) **Homogenität der Ration** kann visuell schnell erfasst werden. Objektive Hinweise gibt die wiederholte Anwendung der Schüttelbox mindestens am Anfang und am Ende (besser mindestens an drei Stellen) der Vorlage einer Mischwagenfüllung. Die Homogenität der vorgelegten Mischung über den ganzen Futtertisch ist wichtig, um **selektives Fressen zu begrenzen** und damit kritische Stoffwechsellagen zu vermeiden.

Eine Aussage zur tatsächlichen **Strukturwirksamkeit der Ration** kann relativ genau und standardisiert mithilfe einer Schüttelbox getroffen werden. Schüttelboxen gibt es in mehreren Modellen/Typen auf dem Markt, die mit unterschiedlichen Empfehlungen zu den Schüttelprozeduren vertrieben werden. Die Ergebnisse sind daher untereinander meistens nicht direkt vergleichbar. Wichtig ist demzufolge, die eigene Anwendung, beginnend bei der Probenahme, zu standardisieren, wiederholt durchzuführen und die Ergebnisse der Siebanteile mit den für den Typ vorhandenen Empfehlungen oder eigenen Orientierungen zu vergleichen. Die in der vorliegenden Broschüre beschriebenen Anwendungen beziehen sich auf die drei- bzw. vierstufigen Modelle des PennState-Particle Separator (PennState-Schüttelbox) mit Sieb-Lochgrößen 19 und 8 bzw. 19, 8 und 1,18 mm. Eine Methodenbeschreibung ist dem Anhang A2 zu entnehmen.

Für die Überprüfung der Strukturwirksamkeit von Rationen und Futtermitteln wird die Anwendung der drei- bzw. vierstufigen Modelle vom Typ des PennState-Particle Separator (PennState-Schüttelbox) mit Sieb-Lochgrößen 19 und 8 bzw. 19, 8 und 1,18 mm empfohlen.

Als **strukturwirksam oder physikalisch effektiv** gilt demnach der Mengen-Anteil in den Siebkästen oberhalb des 8 mm-Siebes (dreistufige Schüttelbox) bzw. des 1,18 mm-Siebes (vierstufige Schüttelbox). Die dem Anteil der nach der Schüttelprozedur auf dem Obersieb verbleibenden sehr groben Partikel zugeordnete Aussagekraft im Hinblick auf die Strukturwirksamkeit bei der Rationsbeurteilung entfällt zwar, dieser Anteil liefert jedoch einen wichtigen Hinweis auf die Entmischbarkeit durch das typische Hin- und Herschieben des Futters beim Fressen und damit auf das **Risiko selektiven Fressens** insbesondere von trockenen Mischrationen. Die zusätzliche Anwendung der Schüttelbox bei den Futterresten erlaubt ebenso Aussagen zum selektiven Fressen. Die Ergebnisse der Prüfung auf Strukturwirksamkeit bzw. physikalische Effektivität sind ausschließlich aussagekräftig im Hinblick auf den physikalischen Aspekt der Futterwirkung auf das Wiederkauen, die Speichelbildung und damit das Pansenmilieu. Diese stehen im Wettstreit mit dem Umfang und der Schnelligkeit des Kohlenhydratabbaus insbesondere aus Zucker und Stärke und damit der Konzentration der im Pansen entstehenden Fettsäuren. Eine relative geringe Ausprägung der physikalischen Struktur der Ration aufgrund übermäßiger Zerkleinerung führt daher nicht zwingend zu niedrigen Pansen-pH-Werten, wenn der Anteil leicht verfügbarer Kohlenhydrate bzw. die Abbaugeschwindigkeit begrenzt bleibt.

Beim Kontrollgang über den Futtertisch sollten auch die **Sauberkeit des Futtertisches**, die Sensorik und sich verändernde Temperaturen in der vorgelegten Ration erfasst werden. Gegenüber der „**Normaltemperatur**“ deutlich erhöhte Temperaturen geben Hinweise auf „Nacherwärmung“, die durch mikrobielle Nährstoffumsetzungen entsteht und den Verbrauch leicht umsetzbarer Nährstoffe wie Zucker, Stärke, Proteine und stabilisierender Gär-säuren, wie Milchsäure, sowie die Abnahme der Energiekonzentration des Futters bzw. der Ration widerspiegelt. Dies verringert neben dem direkten Nährstoffverlust vor allem den Futterverzehr und fördert die Bildung schädlicher Stoffwechselprodukte. Routineparameter wie **Zeitpunkt der Futtervorlage, Häufigkeit und Zeitpunkt des Wieder-Heranschlebens** sollten ebenfalls beachtet und dokumentiert werden.

13 Instrumente zum Fütterungscontrolling

Fütterungscontrolling unter betriebswirtschaftlichen Aspekten

Die tägliche Futteraufnahme, der Konzentratfutterverbrauch und die aktuelle Milchleistung je Kuh können mit den aktuellen Preisen/Kosten der eingesetzten Futtermittel verbunden werden. Dies ermöglicht die Darstellung ökonomisch relevanter Kennzahlen, wie z. B. die Futterkosten je kg Milch oder den Konzentratfutteraufwand bzw. Income-over-feed-cost (IOFC; Erlös nach Futterkosten).

Kontrollmaßnahmen im Stall

• Fressverhalten

Dem geübten Beobachter entgehen Veränderungen im Verhalten der Tiere nicht. Fressen die Tiere z. B. gierig von oben herab oder fangen sie an, mit dem Flotzmaul Löcher zu wühlen und am Fuße der Löcher das Futter hin-

und herzuschieben, um das Konzentratfutter bzw. die schmackhafteren, meist trockeneren Futterkomponenten „herauszulesen“? Dies gibt zum einen Hinweise auf die Schmackhaftigkeit/Akzeptanz der Ration oder einzelner Futterkomponenten, zeigt aber vor allen Dingen an, dass sich die Ration beim Fressen entmischen lässt. Das kann mehrere Ursachen haben, die es herauszufinden gilt.

• Erreichbarkeit des Futters und der Tränken

Geringe tägliche Futterraufnahmen oder ein erhöhter Anteil Kühe mit festgestelltem Energiemangel können ihre Ursache auch in Behinderungen beim Fressen bzw. beim Laufen zum Futter durch erhöhte Konkurrenz aufgrund einer Überbelegung oder dominanter „Mitbewohner“ sowie baulicher oder technologischer Mängel haben. Dieses gilt sowohl bei Fütterung mit getrennter Grob- und Konzentratfütterung, als auch bei Mischrationen oder Weidefütterung. Hinsichtlich der Fressplatzbreite sollten jedem Tier optimalerweise 85 cm (für kleinrahmige Rassen gelten niedrigere Werte), mindestens jedoch 75 cm, zur Verfügung stehen (BLE, 2022). Bieten Nackenriegel und Futtertischabgrenzung am Futtertisch genug Raum, um an das Futter zu gelangen? Ist der Futtertisch gegenüber der Standfläche der Kuh 15 bis 20 cm erhöht? Können Sackgassen auf dem Weg zum Futter entstehen? Gibt es ausreichend Platz zum Ausweichen vor dominanten Kühen? Ist hinter den fressenden Kühen ausreichend Platz zum gegenläufigen Kuhverkehr?

Ebenso wie der „Weg zum Fressen“ auf Hindernisse aller Art zu überprüfen ist, gilt dies auch für die Erreichbarkeit der Tränke. Wieviel Tränkeplätze stehen zur Verfügung, sind sie konkurrenzlos erreichbar, sind sie in der richtigen Höhe angebracht, wie hoch ist der Wasserdurchlauf, funktionieren die Tränken wie vorgesehen, sind sie sauber?

• Kotbewertung

Die Bewertung der Konsistenz repräsentativer Kothaufen mittels standardisierter Bewertungsmaßstäbe wie der Kotbonitur nach dem „manure scoring system“ von Skidmore et al. (1996) (Anhang A4) oder dem Kotsieben (Auswaschen) kann Auskunft über die Pansengesundheit liefern. Vereinzelt wird an der Entwicklung mobiler, digitaler Tools zur Bewertung von Kothaufen gearbeitet. Diese könnten dann zusätzliche Möglichkeiten der weiteren Objektivierung und digitalen Dokumentation bieten.

• Tierbeobachtung

Kühe signalisieren, ob das Futter ausreichend, schmackhaft, wiederkäuergerecht und gesund ist. Diese Signale gilt es zu erkennen und zu werten. Neben der Art und Weise der Futterraufnahme, ihrer Fressgier und der Futterselektion sollte routinemäßig, am besten täglich, auch das **Wiederkauen** bewertet werden. Sind die Kühe nicht zum Melken unterwegs oder beim Fressen oder Saufen (Futtersuche), sollten sie liegen und wiederkauen oder ruhen. Wenigstens 60, besser 70% der etwa eine Stunde nach der Hauptfresszeit liegenden Kühe sollten wiederkauen. 50 bis 60 Wiederkauschläge je Minute spiegeln eine ausreichende Struktur in der Ration wider, um das Wiederkauen anzuregen und durch die Speichelbildung einen optimalen Pansen-pH-Wert abzusichern. Wird weniger wiedergekaut, z. B. weil nicht genügend Material zum Zerkleinern vorhanden ist, kann dies als Indiz für die Gefahr subakuter Pansenazidosen gewertet werden. Kaut die Kuh mehr wieder, ist dies ein Zeichen für einen hohen Kaubedarf verbunden mit einem möglichen Strukturüberangebot und im Umkehrschluss vielleicht auch mit einer nicht leistungsgerechten Fütterung. In der Praxis werden immer häufiger Aktivitätssensoren eingesetzt, die auch das Wiederkauen miterfassen. Hier besteht die Möglichkeit einer automatisierten Fütterungskontrolle.

Das Laufverhalten, die Rückenlinie und die Schrittlänge, bewertet z. B. nach dem Dairy Cattle **Locomotion Score** von Sprecher et al. (1997), geben Auskunft über die Lauffreude der Kühe. Von Natur aus ebenso wie in Anbetracht von Tierwohlaspekten muss sich die Kuh frei von Schmerzen bzw. anderer Hinderungsgründe bewegen können, um beispielsweise an ihr Futter zu gelangen. Das gilt auch für die modernen Laufställe und die Trennung des Liegebereiches sowie des Melkens vom Fress-Ort. Tiere, die nicht gut laufen, fressen auch nicht dem Bedarf entsprechend und zeigen weniger Brunstsignale. Das kann Ausdruck einer nicht tiergerechten Laufbodengestaltung, aber auch stoffwechselbedingter Schädigungen der kleinsten Blutgefäße in den Klauen sein (→ z. B. Klauenrehe).

Die **Hungergrubenbonitur**, z. B. nach Zaaijer und Noordhuizen (2003), ist besonders im Bereich des Transitkuhmanagements, also unmittelbar vor und nach der Kalbung, von hoher Aussagekraft über die Pansenfüllung und damit über die aktuelle Futterraufnahme, bevor andere äußere Anzeichen eines akuten Energiemangels bei möglichen Risikotieren zu sehen sind.

Die Bewertung des Ernährungszustandes, d. h. mangel-, ausreichend oder überernährt, wird nach standardisierten Vorgaben meist über das Verfahren des **body condition scoring** nach Edmonson et al. (1989) vorgenommen. Sie erlaubt Aussagen über die Fütterung einer Haltungsgruppe, wenn die Einzeltierbewertungen zusammengefasst werden. Für die Bewertung einzelner Kühe im Hinblick auf ihre Gruppierung in Fütterungsniveaus oder die Indikation einer gesundheitlichen Gefährdung in bestimmten Laktationsabschnitten ist es wichtig, die Veränderung der Körperkondition zur vorhergehenden Bewertung zu beurteilen. So sind z. B. Kühe, die nach der Kalbung innerhalb

kurzer Zeit sehr viel Körpergewicht verlieren, sehr gut an der kurzfristigen Veränderung der Fettauflage zu erkennen. Daher kann es wichtig sein, die Kühe in bestimmten Laktationsabschnitten, z. B. zum Trockenstellen, zum Abkalben sowie während und am Ende der Früh-laktation, eingebettet in Arbeitsroutinen, häufiger zu bewerten, um rechtzeitig individuell reagieren zu können (Anhang A5).

• **Stoffwechseluntersuchungen von Blut und Harn**

In dringenden Fällen können Blutuntersuchungen, die durch den Tierarzt veranlasst werden, futter- und fütterungsbedingte Problemsituationen genauer widerspiegeln als die normal im Management nach guter fachlicher Praxis erfassten Informationen. In Bezug auf die Fütterung im Transitbereich und das Risiko des Auftretens einer Ketose bzw. subklinischen Ketose sind hier vor allem die Gehaltswerte an β -Hydroxybutyrat (Ketonkörper, BHB oder BHOB) und an nichtveresterten Fettsäuren (NEFA) als Ausdruck eines zu schnellen Abbaus des für die energetische Verwertung gebrauchten Körperfettes von Interesse. Wie die nachfolgend dargestellten Konzentrationsbereiche zeigen, kennzeichnen zu hohe Werte die Gefahr bzw. das Auftreten einer Ketose (Losand und Glatz-Hoppe, 2022; Hajek, 2021).

Energiemangel	BHB $\geq 0,8$ mmol je L Blut
Subklinische Ketose	BHB $\geq 1,2 \leq 2,9$ mmol je L Blut
Klinische Ketose	BHB $\geq 3,0$ mmol je L Blut

Der Harn-pH-Wert gilt als Gradmesser für den Charakter des Intermediärstoffwechsels. Während akute Störungen des Säure-Basen-Status (z. B. infolge eines Schockgeschehens oder bei starken Durchfallgeschehen) durch eine Blutgasanalyse abgeklärt werden sollten, bietet sich zur Verlaufskontrolle über einen längeren Zeitraum oder für die Überprüfung der Fütterung nach dem DCAB-Konzept zur Gebärpareseprophylaxe die Harnanalyse an. Als physiologisch werden ein Harn-pH-Wert von 7,8 bis 8,4 bzw. die im Harn der Tiere bestimmte Netto-Säure-Basen-Ausscheidung (NSBA) von 100 bis 200 mmol je L angesehen (Staufenbiel et al., 2016). Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die NSBA in enger Beziehung zur DCAB der Ration steht. So geben Staufenbiel et al. (2016) als Kalkulationsbasis an, dass eine Änderung der DCAB um 100 meq je kg TM zu einer gleichgerichteten Änderung des NSBA-Wertes um 30 mmol je L Harn führt.

Bei dem Einsatz von DCAB-Regulatoren (Saure Salze) wird neben einem abgesenkten pH-Wert und einer/erniedrigten NSBA und BSQ (Basen-Säure-Quotient) eine erhöhte renale Ausscheidung von Ca im Harn sichtbar (forcierte Ca-Mobilisierung aus den Knochen). Bei der Verfütterung von DCAB-Regulatoren zur Prophylaxe der Gebärparese vor der Kalbung wird ein Harn-pH-Wert von 6,0 bis 7,0 als Hinweis auf hinreichende Säuerung empfohlen.

Die Referenzbereiche für die wichtigsten Harnparameter ändern sich mit dem Einsatz saurer Salze wie folgt:

Tabelle 13: Einfluss saurer Salze auf wichtige Harnparameter (Kraft und Dürr, 2013)

	NBSA	Basen (mmol je L)	Säuren (mmol je L)	NH ₄ ⁺ (mmol je L)	BSQ
normale Trockensteherfütterung	80–220	150–250	50–100	< 10	2,5–4,8
Fütterung nach DCAB	0–60	20–250	20–120	< 25	1,5–4,2

Die NSBA zeigt bereits sehr sensibel frühe Beanspruchungen im Puffersystem an, während der Harn-pH-Wert erst nach Erschöpfung des Puffersystems reagiert. Während die NSBA durch variierende Harnmengen beeinflusst wird, werden diese Diureseschwankungen durch die Interpretation des BSQ eliminiert (Kraft und Dürr, 2013).

• **Fütterungscontrolling über die Milch**

Die Milch selbst in Menge und Zusammensetzung ist in erster Linie das Produkt der Versorgung des Stoffwechsels der Kuh mit Nährstoffen und Energie. Eine besondere Rolle spielt dabei die Versorgung der Mikroorganismen des Pansens, da er die eigentliche Aufbereitung des Wiederkäuerfutters zu absorbierbaren Nährstoffverbindungen bzw. energiehaltigen Substanzen ermöglicht. Die Milch ist daher in besonderer Weise dazu geeignet, Auskunft über die Qualität der Fütterung bzw. der Futteraufnahme in Beziehung zum Bedarf der Kühe zu geben. Von vorrangigem Interesse sind dabei der milchleistungsunabhängige **Fett/Eiweiß-Quotient (FEQ)** sowie der Eiweiß- Fett- und Harnstoffgehalt der Milch (Spohr und Wiesner, 1989; Glatz-Hoppe et al., 2019a,b; DLG, 2022). Der FEQ dient primär der Beurteilung der Versorgungssituation der Kuh mit Futterenergie. Mit Ausnahme der Rassen Jersey und Angler-Rotvieh (neue Zuchtrichtung) ist davon auszugehen, dass ein FEQ > 1,4 einen individuellen Energiemangel in der Früh-laktation kennzeichnet (siehe auch Anhang A6). Außergewöhnliche Energiemangelsituationen, die durch extrem hohe FEQ-Werte widergespiegelt werden, können als Ketoserisiko interpretiert werden. Einige LKV bestimm-

men bereits zusätzliche Parameter in der Milch (wie z. B. Ketonkörper und das Fettsäuremuster; mittels MIRS) und nehmen daraus eine tierindividuelle Beurteilung des Ketoserisikos bei allen Kühen bis zum 110. Laktationstag vor.

Milchharnstoffkonzentrationen von > 250 mg je L Milch im Mittel der Herde oder Fütterungsgruppe deuten darauf hin, dass den Pansenbakterien im Verhältnis zur verfügbaren Energie zu viel abgebautes Futterprotein in Form von Ammonium zur Verfügung stehen könnte, um es in Mikrobeneiweiß umzusetzen. Milchharnstoffkonzentrationen < 150 mg je L wiederum können eine suboptimale Futterproteinversorgung in Beziehung zum Bedarf der Kuh kennzeichnen. Ergebnisse zu Milchmenge und -inhaltsstoffen werden regelmäßig und in gleichbleibender Qualität kostengünstig durch die Prüfstelle bereitgestellt. Diese eignen sich in besonderer Weise für die automatisierte Fütterungskontrolle. Eine tabellarische Übersicht zur Interpretation der Milchleistung und der Milchinhaltsstoffe zeigt Anhang A6.

Entscheidend für die Feststellung der Fütterungsqualität ist das Bewertungsergebnis der gesamten Fütterungsgruppe bzw. Herde. Einen Hinweis gibt die Höhe des jeweiligen Anteils der problematisch versorgten Kühe. Gerade in den stoffwechselsensiblen Haltungsabschnitten der Früh- und Hochlaktation, aber auch hinsichtlich der Verfettungsgefahr in den späteren Laktationsabschnitten lohnt es sich, Benchmarks als Mindestzielstellung der Fütterung für eine stoffwechselgesunde Versorgung der laktierenden Kühe zu setzen. So sollte z. B. der Anteil der als „Energemangel“-versorgt angezeigten Kühe im ersten Laktationsmonat nicht mehr als 25% betragen.

• TMR-Analyse

Die Untersuchung von TMR oder PMR ist ein etablierter Baustein im Fütterungscontrolling. Ein Untersuchungsziel kann dabei die Kontrolle der Mischgenauigkeit sein. Dafür eignen sich die Rohnährstoffe, welche auch in der Rationsberechnung mit ausgewiesen werden und welche analytisch gut zu fassen sind (TM, XA, XP, XL, NDFom, ADFom und Zucker). Weniger gut geeignet sind Rechenwerte wie die Energie oder das nXP. Bei der Untersuchung von Stärke werden in der Regel in Mischrationen 2–6% höhere Werte gefunden. Dies ist methodisch bedingt, da einige Futtermittel (Pressschnitzel, Trockenschnitzel) Pektine und andere Kohlenhydrate enthalten, welche fälschlicherweise als Stärke mit ausgewiesen werden. Ein weiteres Ziel kann die Untersuchung von Parametern sein, welche nicht bei jeder Komponente durchgeführt wird (Mengen- und Spurenelemente, Mykotoxine, Hefen und Schimmelpilze).

Die größte Fehlerquelle stellt die Probenahme dar. Mischrationen neigen dazu, sich zu entmischen, was aus der unterschiedlichen Partikelgröße und TM der verwendeten Komponenten resultiert. Die Probenahme sollte wie folgt durchgeführt werden:

- Futtertisch in 3 bis 4 Abschnitte unterteilen (10–15 m Länge pro Abschnitt),
- Entnahme der Einzelprobe in der Mitte eines jeden Abschnittes,
- Probenahme über die gesamte Vertikale (⇕) mittels Schaufel („Vertikale“ meint die gesamte Höhe des Futterstapels, also auch dem Futter, welches ganz unten auf dem Futtertisch liegt und nicht nur das Futter, welches leicht zugänglich oben auf liegt.),
- dies ergibt 3–4 Einzelproben zu je 10–15 kg,
- alle Einzelproben zu einer Gesamtprobe vereinen,
- Gesamtprobe gut durchmischen und mittels Teilungskreuz mehrfach teilen,
- Endprobe ca. 0,5–1,0 kg einsenden,
- Probenahme unmittelbar nach der Futtevorlage, da sich nach mehreren Stunden bereits durch selektives Fressen die Nährstoffkonzentration verändern kann.

Fütterungskontrolle in Arbeitsroutinen einbinden

Eine weitestgehende Standardisierung der Kontrollmaßnahmen und die Integration in die individuellen Arbeitsaufgaben und -abläufe der Mitarbeiter sind eine Grundvoraussetzung für eine wirksame Fütterungskontrolle. Nicht jede Kontrollmaßnahme muss mit gleicher Häufigkeit durchgeführt werden. Dafür sollten Pläne aufgestellt bzw. direkt in Arbeitsroutinen umgesetzt werden. Tabelle 14 gibt einen Überblick über Routine-Kontrollpunkte.

Wichtig ist aber, dass der Blick ständig offen ist für Anzeichen von Veränderungen, Abweichungen vom Gewohnten und Erwarteten. Die Tiere unterliegen unserer Verantwortung und können hinsichtlich der Erreichbarkeit des notwendigen Futters und dessen Qualität nur begrenzt eigene „Entscheidungen“ umsetzen, um ihre Bedürfnisse zu befriedigen.

Es gibt bereits Management- und Rationsoptimierungsprogramme, die einen Teil eigentlicher typischer Controlling-Parameter abfragen, die als gute fachliche Praxis vom Tierhalter und seinen Mitarbeitern erwartet werden. Auch geht der Trend zur automatischen Erfassung von Daten bzw. zur Digitalisierung dieser Daten, so dass diese

Tabelle 14: Im betrieblichen Arbeitsablauf einzurichtende Kontrollroutinen¹⁾

Täglich	Wöchentlich	Monatlich
Stalldurchgang (Pansenfüllung, Brunst, ...)	TM-Bestimmung (wirtschaftseigene Futtermittel)	TM-Futteraufnahme (Mischration und Grobfutter)
Tankmilchmenge, tägliche Milchleistung je Kuh, Milchinhaltstoffe in der Tankmilch	Inhaltsstoffe nach Molkereiangaben	MLP
Futteraufnahme, Fressverhalten, Rationszusammensetzung, Futtereffizienzgrößen	Wiederkauen Futtereffizienzgrößen	Rationsberechnung Futtereffizienzgrößen lt. Buchhaltung
Restfutterzusammensetzung	Schüttelbox	Konzentratfutterverbrauch
Tränken	Kot (-sieb)	BCS, Wägung oder RFD (monatlich bzw. an Stichtagen)
Gesundheitsdaten	Gesundheitsdaten	Gesundheitsdaten
Wiederkauverhalten		Futteranalysen (bei Bedarf wie z. B. bei Futterwechsel auch öfter)
Digitale Assistenzsysteme nutzen sowie problembezogene Ergänzung weiterer Parameter (z. B. Stoffwechselfparameter in Blut und Harn, TMR-Analyse)		

¹⁾ Jeder Tierhalter ist zur betrieblichen Eigenkontrolle verpflichtet und muss daher tierbezogene Indikatoren entsprechend dokumentieren.

automatisch in den Managementsystemen verarbeitet werden können. Dazu gehört z. B. die Nutzung von Pansen-Boli, die kontinuierlich die Temperatur (manche auch den pH-Wert) im Vormagensystem und die Wiederkauaktivitäten erfassen können und die automatisch über ein Antennensystem in das Managementsystem eingespeist und dort ausgewertet werden. Darüber hinaus sind seit vielen Jahren z. B. am Hals angebrachte Aktivitätssensoren verbreitet, die ebenfalls das Wiederkauverhalten aufzeichnen.

Absicherung der Aussagefähigkeit der Kontrollparameter

Es gibt Kontrollparameter wie die aufgenommene Futtermenge in TM oder die Energiemenge je Kuh und Tag, die direkt Auskunft über die Qualität der Fütterung geben. Andere Parameter wie die Kotkonsistenz, die Wiederkau-dauer und die Milchinhaltstoffe sind auch von anderen Bedingungen abhängig. Hier sollte die Aussage anhand weiterer Parameter untermauert werden. Der Rückschluss von den Milchinhaltstoffen auf das Energieversorgungs-niveau oder die Strukturversorgung sollte z. B. anhand der Tierbeobachtung, der Milchleistungsentwicklung, der Veränderungen der Körperkondition und an konkreten Futterverbräuchen validiert werden.

14 Fazit und Ausblick

Die Zusammenstellung von Mischrationen erfordert die Beachtung umfassender Aspekte zum Bedarf an Nährstoffen und Energie, zur Wiederkäuergerechtigkeit, Synchronität der Nährstoffbereitstellung und Optimierung der Vormagenverdauung, darüber hinaus auch praktische Gesichtspunkte wie Mischgenauigkeit und Homogenität, Rationskontrolle, Bewertung der Fütterung, Fütterungscontrolling und Umweltwirkungen.

Die vorliegende Broschüre gibt einen kompakten Überblick über die für die Rationsoptimierung notwendigen Futterwert-Kenngrößen, deren Eigenschaften und die für ihre Charakterisierung erforderlichen chemischen, biologischen und physikalischen Methoden und macht Vorgaben für die Rationsplanung. Darüber hinaus werden die Möglichkeiten der Fütterungskontrolle, beginnend mit der Futteraufnahme, der Futtermittelhygiene, der Beurteilung repräsentativer Futtermittelproben und der Wiederkäuergerechtigkeit, aufgezeigt.

Auf Basis der dargestellten Informationen, Vorgaben und den Erfordernissen in der Praxis leiten sich Empfehlungen für die landwirtschaftliche Praxis, die Fütterungsberatung, das Versuchswesen und die Futtermittelwirtschaft sowie Anregungen für die Wissenschaft ab.

Zur Rationsoptimierung und Fütterungskontrolle werden folgende Empfehlungen gegeben:

I. Erweiterung der Rationsplanung um aNDFom und ADFom

- Etablierung und Beachtung von ADFom und aNDFom (inkl. aNDFom_{Grobfutter} und aNDFom_{Nebenprodukte}) in der Rationsplanung
- Weiterentwicklung der Orientierungsgrößen und Anwendung in Abhängigkeit von Laktationsstadium und Leistungshöhe
- Entwicklung und Optimierung der Bereitstellung verdaulicher aNDFom mit der Ration
- Beurteilung und Berücksichtigung der Gärqualität der Grobfuttermittel als einen wesentlichen Einflussfaktor auf hohe (Grob-)Futteraufnahmen

II. Bewertung der Strukturwirkung über peNDF und Strukturindex

- Überprüfung der Strukturwirksamkeit der Ration über Einschätzung der peNDF durch Anwendung der drei- bzw. vierstufigen Schüttelbox
- Verrechnung des im Labor aus der Gesamtration analysierten bzw. additiv aus den Einzelfuttermitteln errechneten aNDFom-Gehaltes mit selbst ermittelten Siebgrößenfraktionen
- Strukturindex vereint Größen der Strukturwirksamkeit und pansenabbaubarer Kohlenhydrate wie Stärke und Zucker
- Zielstellungen:
 - aNDFom_{Grobfutter} für Hochleistungsrationen ≥ 200 g je kg TM bei max. 210 g je kg TM pansenabbaubarer Stärke und Zucker
 - Pansen-pH-Wert im Mittel des Tages von $\geq 6,15$ bei Strukturindex > 50

III. Notwendige Weiterentwicklung des Synchronismus

- Beurteilung von Ausmaß und Geschwindigkeit des Nährstoffabbaus in den Vormägen für Kohlenhydrate und Rohprotein
- Anwendung der Maßgaben für Versuchszwecke und Erprobung in der Praxis

IV. Konsequente Fütterungskontrolle

- Konsequente Ausrichtung auf die Bereitstellung hoher Grobfutterqualitäten als Basis hoher (Grob-)Futteraufnahmen
- Maximierung und Überprüfung der über die Rationsplanung geschätzten Futtertrockenmasseaufnahme, insbesondere an Grobfutter
- Beachtung der Grundsätze bei Fütterungsplanung, Fütterung und Fütterungskontrolle im Sinne eines Mess- und Regelkreises
- Folgerichtige Anwendung korrigierender Maßnahmen bei notwendigen Anpassungen

Darüber hinaus lassen sich aus den grundlegenden Zusammenhängen und den Erfahrungen in Wissenschaft und Praxis Effizienzkenngößen in der Milchkuhhaltung empfehlen. Wichtig ist die Entscheidung für Energie-Effizienzmerkmale, die Wahl genügend langer Berechnungszeiträume sowie eine bedarfsgerechte Fütterung, um Fehlinterpretationen zu vermeiden. Effizienz und Tierwohl stehen bei sachgerechter Anwendung nicht in Widerspruch.

Die noch offenen Fragen sollten weiterbearbeitet und mit Vorliegen entsprechender Erfahrungen und Ergebnisse neu diskutiert werden, um die Empfehlungen dann gegebenenfalls anzupassen und dadurch weiter zu verbessern.

Literaturquellen

- Agroscope (2021): Frisst die Kuh genug? Vorgehen bei der Bewertung der Hungergrube. Agroscope Tänikon, Merkblatt 127/2021.
- BLE [Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung] (2022): Gesamtbetriebliches Haltungskonzept Rind – Milchkühe. Informationsbroschüre 0074/2022, Bonn.
- Dickinson FN, McDaniel BT, McDowell RE (1969): Comparative efficiency of feed utilization during first lactation of Ayrshire, Brown Swiss and Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 52:489-497.
- De Boever JL, Cottyn BG, Buysse FX, Wainman FW, Vanacker JM (1986): The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 14:203-214.
- De Brabander DL, De Boever JL, Vanacker JM, Boucqué ChV, Bollerman SM (1999): Evaluation of physical structure in daily cattle nutrition. In: *Recent Advance in Animal Nutrition* (Ed.: Garnsworthy RC, Wiseman J), Nottingham University Press, Loughborough, 111-145.
- Denißen J (2020): unveröffentlichte Ergebnisse aus Verdaulichkeitsprüfungen am Hammel, Landwirtschaftskammer NRW.
- DIN EN ISO 6497 (2005): Probenahme von Futtermitteln zur Eigenkontrolle. www.bvl.bund.de.
- DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer (1997): Universität Hohenheim – Dokumentationsstelle (Hrsg.). DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] (2001a): Empfehlungen zum Einsatz von Mischrationen bei Milchkühen. DLG-Information 1/2001, Frankfurt am Main.
- DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] (2001b): Struktur- und Kohlenhydratversorgung der Milchkuh. DLG-Information 2/2001, Frankfurt am Main.
- DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] (2004): Grobfutterbewertung. Teil A – DLG-Schlüssel zur Bewertung von Grünfütter, Silage und Heu mit Hilfe der Sinnenprüfung. DLG-Information 1/2004, Frankfurt am Main.
- DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] (2006a): Schätzung der Futteraufnahme bei der Milchkuh. DLG-Information 1/2006, Frankfurt am Main.
- DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] (2006b): Grobfutterbewertung. Teil B – DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfütterungsanlagen auf Basis der chemischen Untersuchung. DLG-Information 2/2006, Frankfurt am Main.
- DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] (2011): Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 8. überarbeitete Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] (2012): Fütterungsempfehlungen für Milchkühe im geburtsnahen Zeitraum. DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] (2020): Berücksichtigung N- und P-reduzierter Fütterungsverfahren bei den Nährstoffausscheidungen von Milchkühen. DLG-Merkblatt 444, Frankfurt am Main.
- DLG [Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft] (2022): Nutzung von Milchkontrolldaten zur Fütterungs- und Gesundheitskontrolle bei Milchkühen. Die neue Dummerstorfer Fütterungsbewertung. DLG-Merkblatt 451, Frankfurt am Main.
- Durst L, Freitag M, Bellof G (2021): Futtermittel für landwirtschaftliche Nutztiere. 1. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T, Webster G (1989): A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci.* 72:68-78.
- Ettle T, Schuster H, Rutzmoser K (2015): Bewertung der Strukturversorgung beim Rind. *Schule und Beratung*, 4/5, 63-67.
- Ettle T, Schuster H, Rutzmoser K (2014): Bewertung der Strukturversorgung beim Rind: Ableitung und praktische Anwendung des Systems "Strukturindex". Tagungsunterlage Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 1.-2. April (Fulda), 13-18.
- Fox DG, van Amburgh ME, Tylutki TP (1999): Predicting requirements for growth, maturity, and body reserves in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 82:1968-1977.
- Gerster E (2023): DLG-Broschüre „Rationsoptimierung und Fütterungskontrolle bei Milchkühen“ – Praktische Umsetzung: Rationsplanung & Rationskontrolle. Vortragspräsentation auf dem Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. 25./26.04.2023, Fulda.
- GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (2001): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (2014): Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Bewertung der Strukturwirkung von Mischrationen für Milchkühe – Stand und Perspektiven. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 23:166-178.
- Glatz-Hoppe J, Onken F, Eggert A, Mohr E, Losand B (2019a): Nutzung von Milch Inhaltsstoffen zur Beurteilung der Versorgungssituation von Milchkühen. 1. Mitteilung: Milchleistung und Inhaltsstoffe deutscher Milchrindrassen im Vergleich. *Züchtungskunde* 91:423-448.
- Glatz-Hoppe J, Mohr E, Losand B (2019b): Nutzung von Milch Inhaltsstoffen zur Beurteilung der Versorgungssituation von Milchkühen. 2. Mitteilung: Bewertungsschema zur Beurteilung der Inhaltsstoffe auf Betriebsebene. *Züchtungskunde* 91:449-473.
- Gruber L, Schwarz FJ, Erdin D, Fischer B, Spiekers H, Steingaß H, Meyer U, Chassot A, Jilg T, Obermaier A, Guggenberger T (2004): Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. *Kongressband 116. VDLUFA-Kongress*, 13.-17. September (Rostock), 484-504.
- Gruber L (2016): Evaluierung von Modellen zur Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen. Tagungsunterlage Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 12.-13. April (Fulda), 47-50.
- Hajek FE (2021): Untersuchungen zum Stoffwechsel-Monitoring bei Milchkühen unter besonderer Berücksichtigung von Haptoglobin und ausgewählten klinischen Parametern. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, Tierärztliche Fakultät.
- Hoffmann M (2021): Zum Einsatz von Futterfett in Rationen für Milchkühe. Sächsischer Landeskontrollverband e.V., Lichtenwalde, www.lkvsachsen.de/fuetterungsberater/, März 2021, Download am 13.08.2021.
- Hoffmann M (1990): Tierfütterung. 2. Auflage, Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- Jensen LM, Nielsen NI, Nadeau E, Markussen B, Nørgaard P (2015): Evaluation of five models predicting feed intake by dairy cows fed total mixed rations. *Livest. Sci.* 176:91-103.
- Jeroch H, Drochner W, Rodehutschord M, Simon A, Simon O, Zentek J (2020): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere. 3. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Kraft W, Dürr UM (2013): Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. 7. Auflage, Schattauer Verlag, Stuttgart.

- Lebziens P (2005): Ernährungsphysiologische Grundlagen. In: Brade W, Flachowsky G (Hrsg.) Rinderzucht und Milcherzeugung - Empfehlungen für die Praxis. Landbauforschung Völknerode, Sonderheft 289, 2. Auflage, 89-101, <https://d-nb.info/982466730/34>.
- Ledinek M, Spiekers H, Gruber L, Obermaier A, Stamer E (2021): Effizienz – Ein Begriff mit vielen Gesichtern. Abschlussworkshop optiKuh2/eMissionCow, 28.-29. September (Braunschweig). LfL-Schriftenreihe 2021/5:28-46.
- Ledinek, M., Gruber, L., Thaller, G., Götz, K.-U., Südekum, K.-H., Spiekers, H. (2022): Effizienzmerkmale beim Milchrind: Definieren – Einordnen – Anwenden. Züchtungskunde 94, 81-109.
- LfL [Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft] (2021): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.). LfL-Information. www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/gruber_tabelle_fuetterung_milchkuehe_zuchtrinder_schafe_ziegen_lfl-information.pdf.
- Loeffler K, Gäbel G (2013): Anatomie und Physiologie der Haustiere. 13. Auflage, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Losand B, Glatz-Hoppe J (2022): Lässt sich die Indikation einer Ketose aus den Milchhaltsstoffen ableiten? LFA M-V und Fachschule für Landwirtschaft M-V, unveröffentlichte Ergebnisse aus der Auswertung von Ergebnissen des Verbundprojektes optiKuh.
- Mahlkow-Nerge K (2023): persönliche Mitteilung.
- Oba M, Allen MS (1999): Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: Effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. J. Dairy Sci. 82:589-596.
- Priepke A (2021): Müssen wir wissen, was im Futter ist? Vortragspräsentation auf dem 30. Milchrindtag MV von LFA, MRV und RinderAllianz, online-Veranstaltung, 02.03.2021, www.lfamv.de.
- Richardt, W. (2021): Fruktangehalt in Grasaufwüchsen und Grassilagen. Sächsischer Landeskontrollverband e.V., Lichtenwalde, www.lkvsachsen.de/fuetterungsberater/, April 2021, Download am 13.08.2021.
- Rutzmoser K, Ettle T, Obermaier A, Schuster H (2011): Ein Strukturindex als Fortführung zur Beschreibung der Strukturwirkung mit der physikalisch effektiven NDF. Tagungsband 10. BOKU-Symposium Tierernährung, 231-236.
- Skidmore AL, Brand A, Sniffen CJ (1996): Monitoring milk production: defining pre-set targets and execution. In: Brand A, Noordhuizen JPTM, Schukken YH (eds.) Herd health and production management in dairy practice. WageningenPress, Wageningen, the Netherlands, 223-262.
- Spohr M, Wiesner HU (1991): Kontrolle der Herdengesundheit und Milchproduktion mit Hilfe der erweiterten Milchleistungsprüfung. Milchpraxis 29:231-236.
- Sprecher DJ, Hostetter DE, Kaneene JB (1997): A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. Theriogenology 47:1179-1187.
- Stangl GI (2014): Die Nährstoffe und ihr Stoffwechsel. In: Kirchgeßner M (Hrsg.): Tierernährung. 14. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 47-134.
- Staufenbiel R, Roder A, Pieper L (2016): Die DCAB der Fütterration als eine bisher wenig beachtete Ursache für eine azidotische Stoffwechsellage von Jungrindern und Milchkühen. 41. Leipziger Fortbildungsveranstaltung Labordiagnostik in der Bestandsbetreuung – Manfred Füllr (Hrsg.) Leipzig: Medizinische Tierklinik der Veterinärmedizinischen Fakultät Leipzig, 43-45.
- Steingass H, Menke KH (1986): Schätzung des energetischen Futterwerts aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. I. Untersuchungen zur Methode. Übers. Tierernähr. 14:251-270.
- Steinhöfel O, Hoffmann M (2020): Handbuch Grobfutter. 2. Überarbeitete Auflage, Agrar- und Veterinär-Akademie, Steinfurt-Burgsteinfurt.
- Südekum K-H (2009): Zucker und Speicherkohlenhydrate – Analytische Kenngrößen als Voraussetzung für eine moderne Rationsgestaltung. Übers. Tierernähr. 37:27-44.
- van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991): Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.
- VDLUFA [Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten] (2003): VDLUFA Standpunkt: Die Anwendung der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) bei der Untersuchung von Futtermitteln und pflanzlichen Produkten. <https://www.vdlufa.de/wp-content/uploads/2021/05/07-nirs.pdf>.
- VDLUFA [Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten] (2012): Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (Methodenbuch des VDLUFA), Bd. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VO (EG) 152/2009 (Ergänzung VO(EG) 691/2013): Festlegung der Probenahmeverfahren und Analysemethoden für die amtliche Untersuchung von Futtermitteln. <http://eur-lex.europa.eu>.
- Weiß J (2011): Grundlagen der Tierernährung. In: Weiß J, Pabst W, Granz S (Hrsg.): Tierproduktion. 14. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart, 145-188.
- Zaaijer D, Noordhuizen, JPTM (2003): A novel scoring system for monitoring the relationship between nutritional efficiency and fertility in dairy cows. Irish Vet. J. 56:145-151.
- Zebeli Q, Dijkstra J, Tafaj M, Steingass H, Ametaj BN, Drochner W (2008): Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. J. Dairy Sci. 91:2046-2066.
- Zebeli Q, Mansmann D, Ametaj B, Steingass H, Drochner W (2010): A model to optimise the requirements of lactating dairy cows for physically effective neutral detergent fibre. Arch. Anim. Nutr. 64:265-278.

Anhang

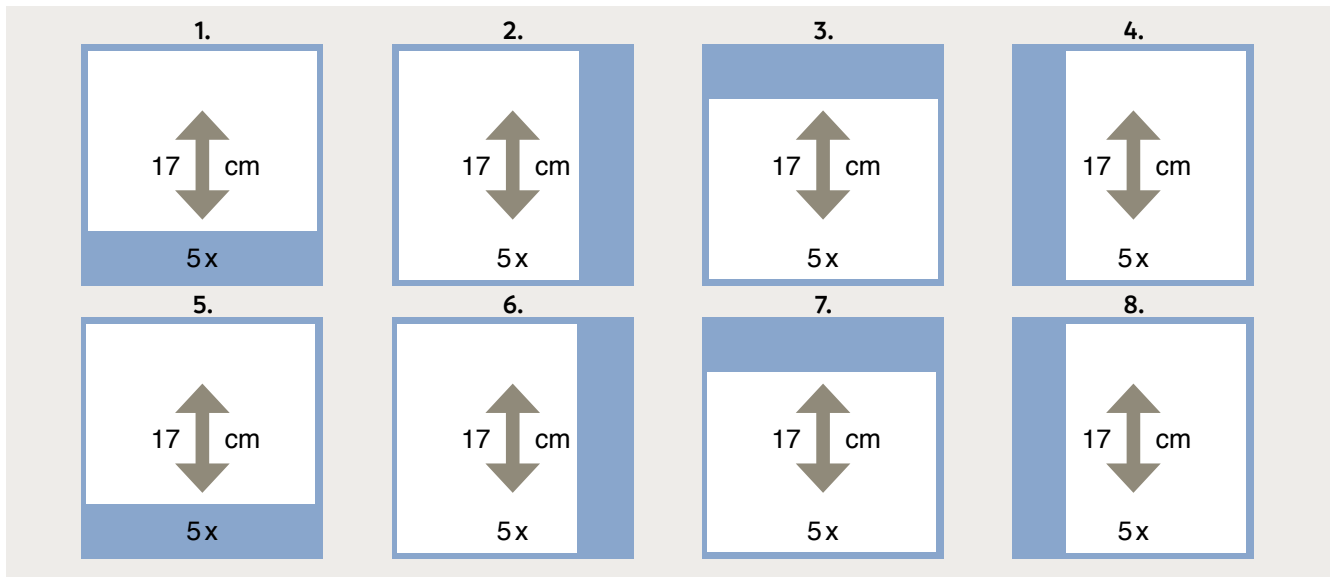
Anhang A1: Definition ausgewählter Parameter zur Charakterisierung von Futtermitteln und die verwendeten Analysemethoden

Parameter	Beschreibung/Definition	Methode
ADFom	Die ADFom ist der nach Kochen in saurer Detergenzienlösung unlösliche, aschefreie Rückstand.	VDLUFA MB Bd. III, 6.5.2, 8. Ergänzung, 2012
ADL	Das ADL ist der im Anschluss an die ADF-Bestimmung mit Schwefelsäure behandelte, aschefreie Rückstand.	VDLUFA MB Bd. III, 6.5.3, 8. Ergänzung, 2012
Aminosäuren (Ausnahme Tryptophan → Methode 4.11.2)	Aminosäuren zeichnen sich durch eine oder mehrere Amino- und Carboxylgruppen aus und sind die monomeren Bausteine von Proteinen.	VDLUFA MB Bd. III, 4.11.1, 4. Ergänzung, 1997
aNDFom	Die aNDFom ist der nach Amylasebehandlung und Kochen in neutraler Detergenzienlösung unlösliche, aschefreie Rückstand.	VDLUFA MB Bd. III, 6.5.1, 8. Ergänzung, 2012
ELOS	Die ELOS berechnet sich unter Berücksichtigung der Gehalte an TM und Rohasche aus dem Glühverlust einer mit Pepsin-Salzsäure- und Zellulase-Lösung behandelten Probe.	VDLUFA MB Bd. III, 6.6.1, 3. Ergänzung, 1996
Gärsäuren und Alkohole	Die Gehalte flüchtiger Fettsäuren (v. a. Essig-, Propion- und Buttersäure) und ausgewählter ein- und zweiwertiger Alkohole (v. a. Ethanol, Propanol, 2,3-Butandiol) sind Ausdruck unerwünschter Sekundärfermentationen während des Silierprozesses.	Überwiegend Hausmethoden
Gasbildung nach HFT	Das von einer in gepuffertem Pansen saft dispergierten Futterprobe gebildete Gasvolumen erlaubt in Verbindung mit den Weender Rohnährstoffen die Schätzung der Umsetzbaren Energie (ME).	VDLUFA MB Bd. III, 25.1, 8. Ergänzung, 2012
Proteinlöslichkeit	Ist der Anteil an XP, welcher sich durch eine Behandlung des Futtermittels mit einem Borat-Phosphat-Puffer herauslösen lässt.	Licitra et al. (1996)
Reinprotein nach Barnstein	Fällbarer Anteil des XP, der durch Zusatz von Kupfersulfat denaturiert wird und nach Filtration gemäß VDLUFA MB Bd. III, 4.1.1 (XP) auf Stickstoff analysiert wird.	VDLUFA MB Bd. III, 4.4.1, Grundwerk
XA	Der nach Veraschung verbleibende Anteil einer Probe. Er enthält neben Mengen- und Spurenelemente auch andere anorganische Verunreinigungen (v. a. Silikate).	VDLUFA MB Bd. III, 8.1, Grundwerk
XF	Der nach Kochen in Schwefelsäure und Kalilauge unlösliche fett-, stickstoff- und aschefreie Rückstand.	VDLUFA MB Bd. III, 6.1.1, 3. Ergänzung, 1993
XL	Nach Extraktion mit Petrolether, Abdestillation des Extraktionsmittels und Trocknung wird der XL-Rückstand gravimetrisch ermittelt.	VDLUFA MB Bd. III, 5.1.1, 2. Ergänzung, 1988
XP nach Kjeldahl	Nach Kochen mit konzentrierter Schwefelsäure und Destillation wird der freigesetzte Ammoniak mit Natronlauge titriert. Das XP errechnet sich aus dem Produkt des so ermittelten N-Gehaltes und dem Faktor 6,25 (5,7 für Weizen).	VDLUFA MB Bd. III, 4.1.1, 3. Ergänzung, 1993
XS polarimetrische Methode	Nach einer Heißbehandlung mit Salzsäure sowie Klärung und Filtration wird die optische Drehung der Lösung gemessen. Aus der Differenz dieser und einer zuvor mit Ethanol extrahierten Probenlösung wird bei bekanntem Drehwinkel verschiedener reiner Stärkearten der Stärkegehalt der Probe berechnet.	VDLUFA MB Bd. III, 7.2.1, 8. Ergänzung, 2012
XS enzymatische Methode	XS wird durch das Enzym Amyloglukosidase (AGS) bei einem pH-Wert 4,6 zu D-Glukose gespalten und dann zu D-Glukose-6-phosphat oxidiert. Die dabei entstandene Menge an NADPH ist der Menge an D-Glukose proportional und kann über die Absorption bei $\lambda = 340$ nm spektroskopisch bestimmt werden.	Boehringer Mannheim/r-Biopharm UV-Test (Best. Nr.10 207 748 035)
Stärkeabbaubarkeit	Bestimmung der Stärke Abbaubarkeit mittels <i>in-vitro</i> Nylon bag Methode (nach 7 Stunden Inkubation)	ANKOM, Operator Manual Appendix A, Rev C 01/18/23
TM	Die TM errechnet sich aus dem Gewichtsverlust einer Probe nach einer in Abhängigkeit von der Futtermittelart definierten Trocknung. Bei feuchten Futtermitteln ist eine Vortrocknung erforderlich. Eine Angabe von wertgebenden Inhaltsstoffen erfolgt üblicherweise bezogen auf die absolute TM bzw. auf 88% TM (z. B. Mischfuttermittel).	VDLUFA MB Bd. III, 3.1, Grundwerk
XZ gravimetrische Methode	Nach Reduktion von Kupfersalzen durch Invertzucker wird Kupferoxid abgetrennt und gewogen. Der entsprechende Zuckergehalt kann einer Tabelle entnommen werden und wird berechnet auf Saccharose angegeben.	VDLUFA MB Bd. III, 7.1.3, Grundwerk

Anhang A2: Anwendung der Schüttelbox

Diese ist weitestgehend standardisiert vorzunehmen. Folgende Abfolge wird empfohlen:

1. Probeentnahme: Probe vom Mischwagen oder der frisch vorgelegten Ration entnehmen. Futtermenge ca. 300 g. Entnahmevergung sollte zügig und ohne weitere, die Entmischung begünstigende, Zwischenschritte (reflexartiges Schütteln der Hand, um Krümel abzuschütteln; Teilen der genommenen Probe; Portionierung auf die korrekte Menge) direkt in das Endgefäß erfolgen. Futterklumpen (z. B. nasse Silagen) müssen aufgelockert werden. Allerdings begünstigt ein zusätzliches Bewegen des Futters die Entmischung insbesondere der kleinen und trockenen Partikel. Auf eine repräsentative Probenahme ist also besonders zu achten! Beim Futterschwad einmal von oben und einmal von unten entnehmen!
2. Schütteln: Die Box insgesamt 40-mal auf ebener Fläche hin- und herschieben („schütteln“) - die Intensität des Schüttelns sollte gleich bleiben! Zur Orientierung kann ein Schubweg von 17 cm bei einer Frequenz von einer Hin- und Her-Bewegung pro Sekunde dienen. Nach jedem fünften „Schütteln“ wird die Box um 90° gedreht.



3. Auswiegen: Vor dem Wiegen des Inhalts des Obersiebes sind untypische Grobteile – solche, die von der Milchkuh vermutlich nicht verzehrt werden (z. B. große Maisspindeln oder -stängel) – ggf. auszusortieren. Konzentratfutterpellets sind nicht strukturbildend und daher vom Ober- bzw. Mittelsieb in den unteren Kasten zu legen. Pellets von Nebenprodukten wie getrockneten Zuckerrübenschnitzeln (z. B. Melasseschnitzel) sind dem Mittelsieb (> 8 mm) zuzuordnen. Inhalte der einzelnen Siebkästen wiegen und Ergebnisse im Protokoll notieren. Zur Fehlerminimierung werden jeweils drei Schüttelresultate zu einem gemittelten Endergebnis zusammengefasst.
4. Berechnung: Aus den jeweiligen Teilmengen in den Sieben wird die Gesamtmenge gebildet, aus der die prozentualen Anteile der Inhalte der einzelnen Siebkästen zu berechnen sind. Diese Berechnung gilt nur für die dem Futterstapel entnommene Probe. Soll bei Einsatz von Teilmischrationen auf die Strukturwirksamkeit der gesamten Tagesration geschlossen werden, so ist das zusätzlich zu verabreichende Konzentratfutter dem unteren Siebkasten zuzurechnen. Dabei gilt, je 0,5 kg Konzentratfutter ist 1 Prozent anzusetzen. Die Anteile im Ober- bzw. Mittelsieb werden dadurch entsprechend niedriger.

Bei der Ergebnisbewertung ist immer zu beachten, dass unterschiedliche TM-Gehalte bei identischen Rationen, beispielsweise durch zusätzliches Wassereinmischen, auch zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Diese Tatsache beschreibt jedoch keine unterschiedliche physikalische Strukturwirkung, sondern widerspiegelt den Effekt auf die Entmischbarkeit der Ration.

Zielwerte für die Anteile der auf den Siebstufen verbleibenden Originalmasse an der gesamten Probenmenge, wie sie bisher ausgewiesen wurden, werden nicht mehr empfohlen. Entscheidend für die Einschätzung der physikalischen Strukturwirkung ist die peNDF, die wie folgt berechnet wird:

peNDF = aNDFom in der Gesamtration · Masse-Anteil der Obersiebe (= Ober- und Mittelsiebe)

(peNDF in g/kg TM; aNDFom in der Gesamtration in g/kg TM; Masseanteil der Obersiebe = Masse der Rückstände in den beiden/drei Obersieben in g dividiert durch die Masse der Gesamtprobe in g)

Der Anteil Originalmasse auf dem Obersieb (> 19 mm) an der Gesamtprobe kann Anhaltspunkte für die Selektier- und Entmischbarkeit der Ration liefern. Bei ausgeprägtem Selektionsverhalten der feinen gegen die groben Partikel können in etwa Anteile > 10% auf dem Obersieb zu einer unzureichenden Strukturversorgung führen.

Anhang A3: Schätzgleichungen für die Futteraufnahme (Gesamtfutteraufnahme [IT], kg TM je Tag); fixe Faktoren und Koeffizienten in Abhängigkeit vom Laktationstag (Gruber et al., 2004)

Anwendungsbereich			getrennte Vorlage	TMR
Futtersituation			Standard	Standard
Parameter	Einheit	Gleichung	Nr. 1	Nr. 5
Intercept			3,878	2,274
Effekt Land x Rasse		FV [D+A]	-2,631	-2,169
		BS [D+A]	-1,826	-1,391
		HFm [D+A]	-2,720	-1,999
		HFh [D+A]	-1,667	-0,898
		FV [CH]	-0,275	-0,315
		BS [CH]	-0,882	-0,593
		HF [CH]	0,000	0,000
Effekt der Laktationszahl	n	1	-0,728	-0,658
		2–3	0,218	0,236
		≥ 4	0,000	0,000
Effekt des Laktationstages	Tag	a	-4,287	-5,445
		b	4,153	5,298
Modell: $a + b \cdot (1 - \exp(-c \cdot \text{Laktag}))$		c	0,01486	0,01838
Regressionskoeffizient für Körpermasse	kg	a	0,0148	0,0173
		b ₁	-0,0000474	-0,0000514
Modell: $a + b_1 \cdot (\text{Laktag}) + b_2 \cdot (\text{Laktag})^2$		b ₂	0,000000904	0,000000999
Regressionskoeffizient für Milchleistung	kg	a	0,0825	0,2010
		b ₁	0,0008098	0,0008080
Modell: $a + b_1 \cdot (\text{Laktag}) + b_2 \cdot (\text{Laktag})^2$		b ₂	-0,000000966	-0,000001299
Regressionskoeffizient für Konzentratfutter-Menge	kg TM	a	0,6962	–
		b ₁	-0,0023289	–
Modell: $a + b_1 \cdot (\text{Laktag}) + b_2 \cdot (\text{Laktag})^2$		b ₂	0,0000040634	–
Regressionskoeffizient für Konzentratfutter-Anteil	% IT	a	–	0,0631
		b ₁	–	-0,0002096
Modell: $a + b_1 \cdot (\text{Laktag}) + b_2 \cdot (\text{Laktag})^2$		b ₂	–	0,0000001213
Reg.koeffizient NELGF	MJ je kg TM	–	0,8580	0,6090
R ²	%	–	86,7	83,5
RSD	kg TM	–	1,32	1,46
CV	%	–	7,1	7,9
Korrekturfaktor	$IT_{\text{korr}} = a + b \cdot IT_{\text{predicted}}$		$0,47 + 0,930 \cdot IT_p$	$0,71 + 0,920 \cdot IT_p$

DH = Deutsche Holstein; FV = Fleckvieh; BS = Brown Swiss (Braunvieh)

Anhang A4a: Beurteilung der Kotkonsistenz (nach Skidmore et al., 1996)

Note	Charakterisierung	Ernährungsfehler
1	<ul style="list-style-type: none"> • Sehr flüssig, Erbsensuppenkonsistenz • Keine Ringe oder Grübchen • Kotpfützen 	<ul style="list-style-type: none"> • Strukturarme, zu energiereiche Ration • Zu hoher Konzentratfutteranteil • Zu junges Gras/Weide mit hohem XP-Gehalt, zu hohe Viehsalz- oder Mineralfuttermengen, verpilztes Futter! • Überversorgung mit pansenverfügbarem XP und XS
2	<ul style="list-style-type: none"> • Macht keine Haufen, verläuft weniger als bei 1 • Etwa 2,5 cm tief, macht Ringe 	<ul style="list-style-type: none"> • Wie bei Note 1 • Saftige Weide
3	<ul style="list-style-type: none"> • Haferbrei - Konsistenz steht bei etwa 4 cm Höhe • 4–6 konzentrische Ringe/Grübchen 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausgewogene, dem Bedarf angepasste Ration, keine Hinweise auf gravierende Fütterungsfehler erkennbar
4	<ul style="list-style-type: none"> • Kot ist dick • Klebt nicht an den Klauen • Bildet keine Ringe/Grübchen 	<ul style="list-style-type: none"> • Mangel an pansenverfügbarem XP und/oder pansenlöslicher XS • Zu geringe Wasseraufnahme • Überangebot an Struktur, zu altes Futter
5	<ul style="list-style-type: none"> • Feste Kotballen • Stapel von ca. 5–10 cm Höhe 	<ul style="list-style-type: none"> • Austrocknungserscheinungen der Kuh • Ansonsten wie Note 4

Zur Kotauswaschung wird eine Kaffeetasse voll frischem Kot so lange im Sieb auswaschen, bis die Flüssigkeit hell/transparent wird. Die Bewertung erfolgt anhand nachfolgender Übersicht.

Anhang A4b: Beurteilung der Futterreste nach einer Kotauswaschung (nach Skidmore et al., 1996)

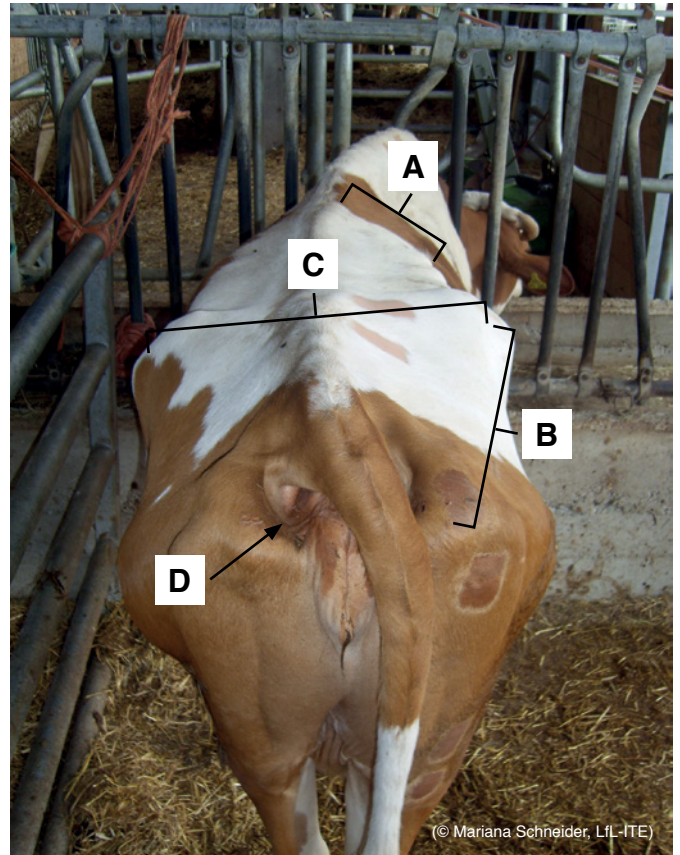
Befund	Bewertung
Homogene Matte aus kurzen, feinverfilzten Halmen, wenige unverdaute Mais- und Getreidekörner	<ul style="list-style-type: none"> • Optimale Rationszusammensetzung und Verdauung
Relativ große Menge Auswaschrest, steigende Anteile an langen Futterpartikeln, unverdaute Blattstücke, grobe Struktur mit gut erkennbarer Herkunft der Strukturteilchen	<ul style="list-style-type: none"> • Zunehmend suboptimale Grobfutterverdauung • Mögliche Mängel in der gleichzeitigen Energie- und Proteinbereitstellung im Pansen • Überprüfen, ob synchron schnelle, mittelschnelle und langsame KH- und XP-Quellen zur Verfügung stehen • Evtl. zu wenig Protein im Futter
Feinfaseriger Auswaschrest in relativ geringen Mengen	<ul style="list-style-type: none"> • Deutlicher Mangel an strukturwirksamer Faser bei noch funktionierender Pansenverdauung (gute Ausnutzung)
Gut erhaltene Getreidekörner oder Bruchstücke (unterscheiden nach Herkunft): Körner zwischen den Fingern zerquetschen, um den Stärkegehalt einzuschätzen	<ul style="list-style-type: none"> • Können aus Einstreu stammen • Bei Einsatz von Maissilage/GPS: unzureichende Zerkleinerung oder nicht optimaler Erntezeitpunkt • Bei Herkunft aus Getreideschrot: Mühle/Quetsche überprüfen: Für die Passagegeschwindigkeit des Verdauungsbreies unzureichender Zerkleinerungsgrad • Gut erhaltene Körner- oder Körnerreste im Kot verringern die Stärkeausnutzung um bis zu 20 % und die Energieausbeute um bis zu 10 %
Hohe Anteile gut erhaltener Rapsschalen im Kot	<ul style="list-style-type: none"> • Fehlen von mittelschnell fermentierbaren KH-Quellen • Zu schneller Pansendurchgang
Grauschwarze Schleimhautreste	<ul style="list-style-type: none"> • Zu hohe Mengen an pabKH bzw. Strukturmangel

Anhang A5: Tierbeobachtung

Die **Körperkondition der Kühe** (nach Edmonson et al., 1989) sollte wöchentlich bis monatlich überprüft und die entsprechenden Maßnahmen ergriffen werden, um eine optimale Bewertung zu erhalten bzw. zu erreichen. Die wichtigsten Körperstellen für die Beurteilung der Körperkondition sind in Anlehnung an die Gruber Tabelle zur Milchviehfütterung (LfL, 2021):

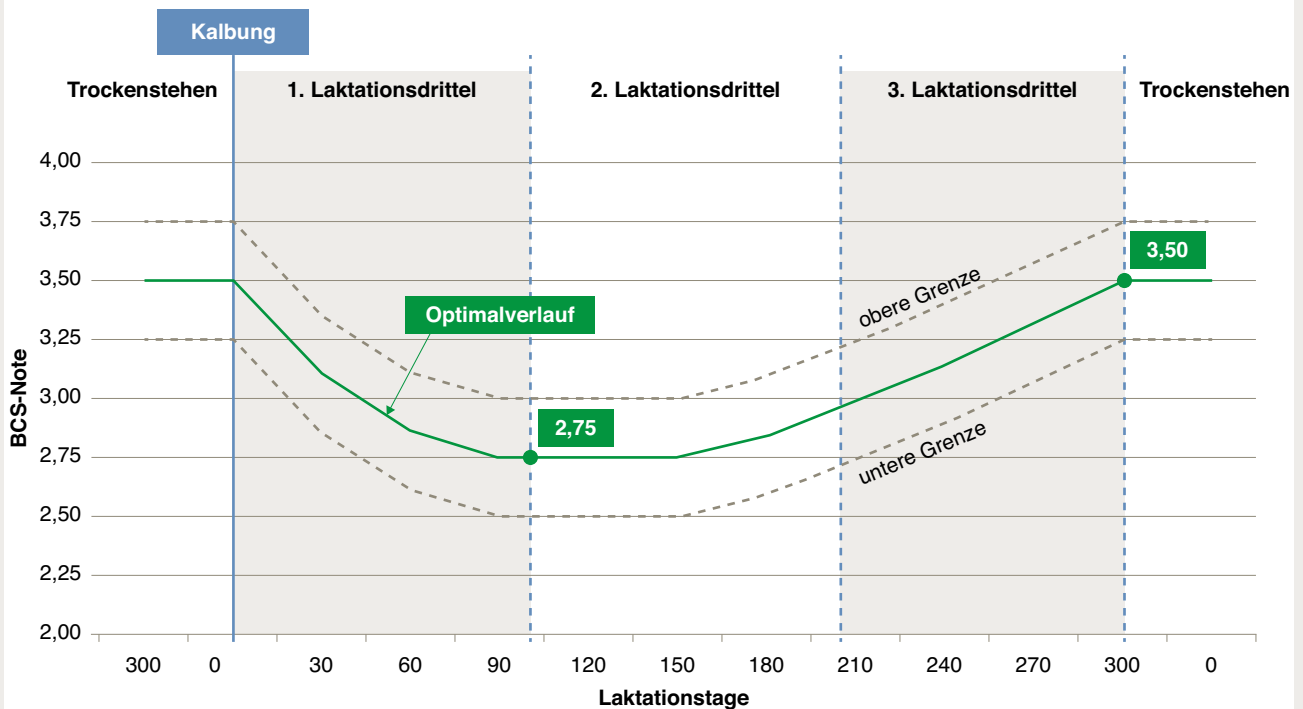
- A) Bereich zwischen Dorn- und Querfortsätzen der Lendenwirbel
- B) Bereich zwischen Hüft- und Sitzbeinhöckern
- C) Bereich zwischen den Hüfthöckern
- D) Beckengrube mit Schwanzansatz

Bei der Bewertung sind Abweichungen von $\pm 0,25$ tolerierbar. Bei separater Konzentratfütterung und einer Abweichung der BCS-Note von $\pm 0,5$ sollte die Konzentratfütterung um ± 1 kg korrigiert; bei Verfütterung von TMR beim Einzeltier ein Leistungsgruppenwechsel und bei der Gruppe eine Anpassung des Energiegehaltes der Ration vollzogen werden (Verfettung bzw. Mobilisation vermeiden). Die Verläufe der Körperkondition unterscheiden sich zwischen Deutsch Holstein und Fleckvieh, dies muss bei der Bewertung berücksichtigt werden.

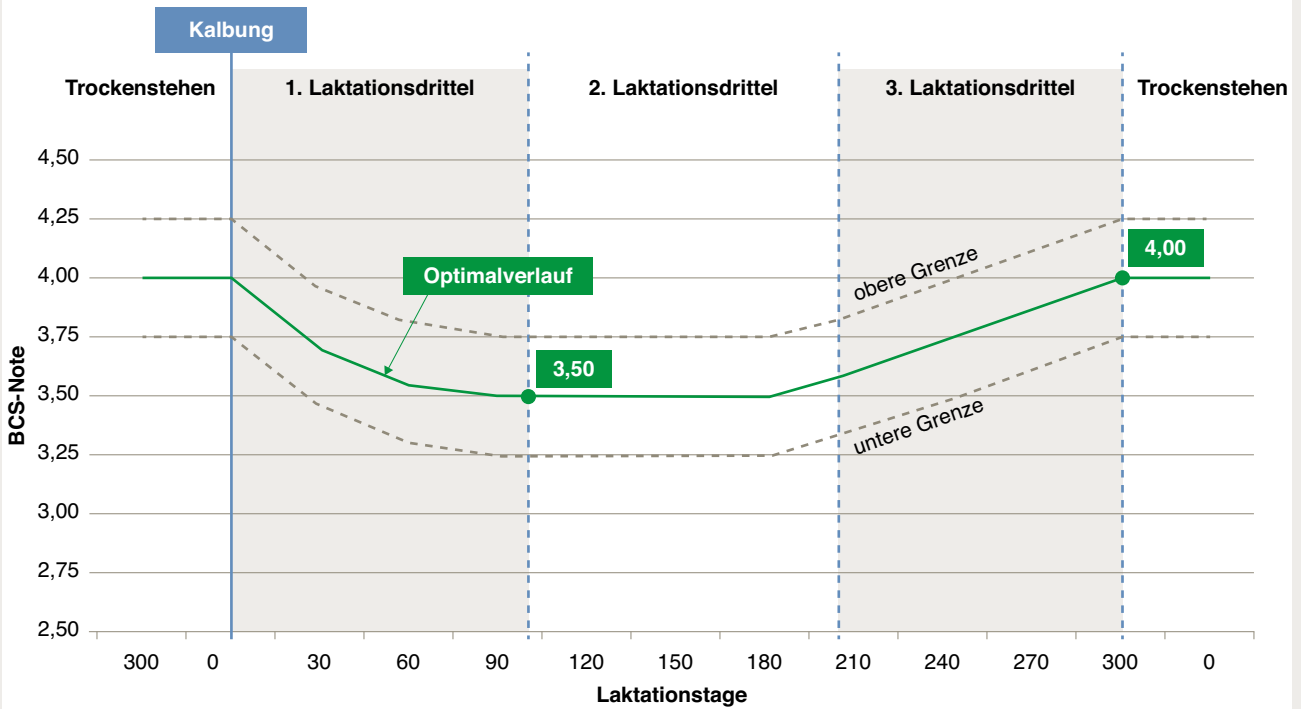


(© Mariana Schneider, LfL-ITE)

BCS-Verlaufs- und Bewertungsschema für Deutsche Holstein

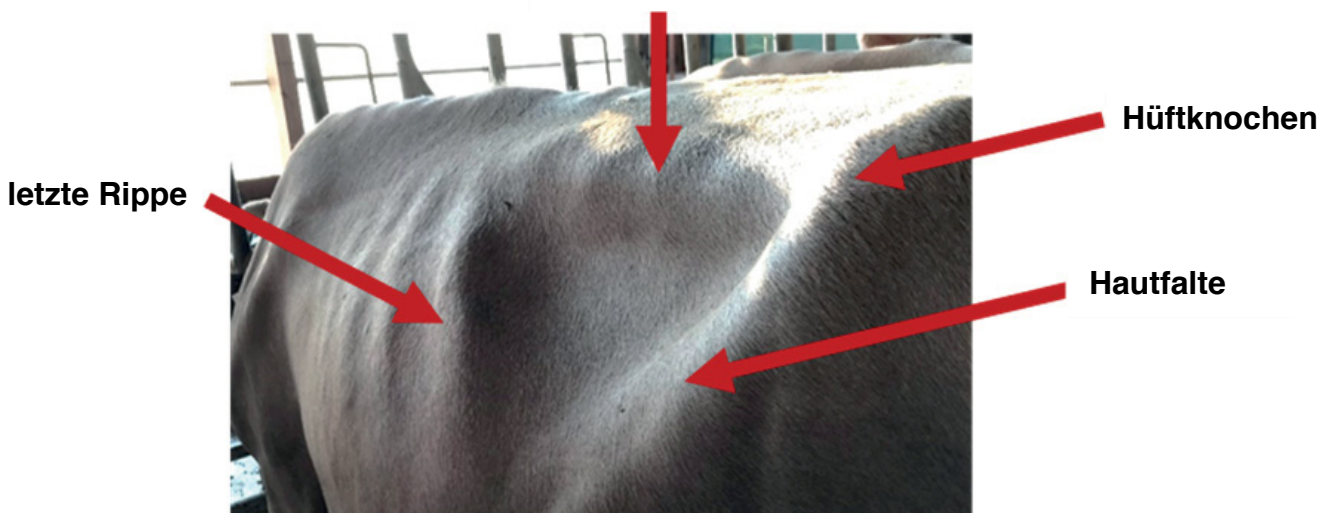


BCS-Verlaufsschema für Fleckvieh (nach Jilg, 1998)



Hungergrubenbonitur (nach Zaaijer und Noordhuizen, 2003; zitiert bei Agroscope, 2021)

Querfortsätze



In den Niederlanden wurde ein Bonitursystem für die Bewertung der Pansenfüllung anhand der Hungergrube erarbeitet, das auf einer Notenvergabe von 1 bis 5 basiert (Zaaijer und Noordhuizen, 2003). Bei Note 3 ist die Futteraufnahme ausreichend und die Passagerate hoch. Dies ist vor allem für den Laktationsstart und während der Hochleistungsphase erwünscht. Bei Note 4 liegen eine ausreichende Futteraufnahme und/oder eine niedrige Passagerate vor. Die Note 4 sollte für Kühe in der Vorbereitungsphase anvisiert werden. Note 5 indiziert eine reduzierte Passagerate und ist ebenfalls bei Kühen in der Vorbereitungsphase typisch. Die Note 2 zeigt eine geringe Futteraufnahme und/oder eine sehr schnelle Passagerate an. Dies ist gleich nach dem Abkalben häufig, aber bei Tieren in der Laktation oder beim Trockenstehen bedenklich.

Anhang A6: Interpretation der milchleistungsunabhängigen und -abhängigen Milchinhaltsstoffe unter Berücksichtigung rassespezifischer Einflüsse (nach DLG, 2022)

Parameter	Rasse/Rassegruppe		
	Mehrheit der Rassen ¹⁾	Angler	Jersey
Fett-Eiweiß-Quotient (FEQ)			
mittlerer FEQ	1,20	1,29	1,41
FEQGrenz	1,4	1,5	1,6
optimale Energieversorgung bei	FEQ ≤ FEQ _{Grenz}		
unzureichende Energieversorgung bei	FEQ > FEQ _{Grenz}		
Milchharnstoff (mg je L)	150–250		
Ketosegefahr (obere, untere Grenze des Normalbereichs für Milcheiweiß und -fett)			
Milcheiweißmin (%)	= (4,11 – 0,023 • kg Milch je Tag) • (1 – 0,35/3,51)	= (4,46 – 0,030 • kg Milch je Tag) • (1 – 0,38/3,72)	= (4,78 – 0,035 • kg Milch je Tag) • (1 – 0,44/4,06)
Milcheiweißmax (%)	= (4,11 – 0,023 • kg Milch je Tag) • (1 + 0,35/3,51)	= (4,46 – 0,030 • kg Milch je Tag) • (1 + 0,38/3,72)	= (4,78 – 0,035 • kg Milch je Tag) • (1 + 0,44/4,06)
Milchfettmin (%)	= (5,06 – 0,033 • kg Milch je Tag) • (1 – 0,68/4,20)	= (5,83 – 0,042 • kg Milch je Tag) • (1 – 0,82/4,79)	= (6,99 – 0,061 • kg Milch je Tag) • (1 – 1,03/5,72)
Milchfettmax (%)	= (5,06 – 0,033 • kg Milch je Tag) • (1 + 0,68/4,20)	= (5,83 – 0,042 • kg Milch je Tag) • (1 + 0,82/4,79)	= (6,99 – 0,061 • kg Milch je Tag) • (1 + 1,03/5,72)
FEQ > FEQ _{Grenz} und Eiweiß < Eiweiß _{min} oder FEQ > FEQ _{Grenz} und Fett > Fett _{max}			
Subklinische Pansenazidose / Energieübersorgung			
Milchfett (%)	Fett < Fett _{min}		
Milcheiweiß (%)	> 200 Tage nach der Kalbung Eiweiß > Eiweiß _{max}		

¹⁾ Holstein-Schwarzbunt, Holstein-Rotbunt, Braunvieh, Rotvieh alter Angler Zuchtichtung, Rotbuntes Niederungsrind, Deutsches Schwarzbuntes Niederungsrind, Fleckvieh, Vorderwälder, Braunvieh alter Zuchtichtung, Montbéliard, Sonstige Rassen, Kreuzung Fleischrind x Milchrind, Kreuzung Milchrind x Milchrind



DLG e.V.
Eschborner Landstraße 122
60489 Frankfurt am Main
Deutschland
Tel. +49 69 24788-0
Info@DLG.org • www.DLG.org