

## **Futtermittelstruktur – ein Rationsparameter von großer Bedeutung**

Julian Sander, Tobias Gorniak, Jürgen Hummel

Department für Nutztierwissenschaften (Abteilung Wiederkäuerernährung) Georg-August-Universität Göttingen

### **Bewertung der Futtermittelstruktur – Warum ist das überhaupt wichtig?**

Zur Aufrechterhaltung der Pansenfunktion ist für den Wiederkäuer eine ausreichende Aufnahme von strukturiertem Futter wichtig (JEROCH et al. 2008). Gerade bei Rationen mit hohem Energiegehalt, wie sie im Bereich hochleistender Milchkühe üblich sind, kommt einer sicheren Beurteilung der Strukturversorgung besondere Bedeutung zu. Dabei ist der Begriff Struktur nicht einfach zu fassen. Unter Strukturbestandteilen der Pflanze versteht man die Summe aus Hemizellulosen, Zellulosen und Lignin; gemeinsam machen diese die pflanzliche Zellwand und somit das Fasermaterial im Futter aus (LINDHORST 2000). Als Kriterien für eine ausreichende Strukturversorgung wird bei Rindern neben der Sicherung ausreichender Kauaktivität (und damit ausreichendem Speichel- bzw. Pufferfluss in den Pansen) auch eine ausreichende Pansenschichtung (Ausbildung einer Fasermatte im Pansen) genannt. Einfluss hierauf haben vor allem der Grobfutteranteil der Ration, die Partikelgröße im Grobfutter oder die „Starrheit“ des Grobfutters (Fasergehalt) – Faktoren, bei denen physikalische Eigenschaften der Ration im Vordergrund stehen. Letztendlich geht es in der Rationsplanung vor allem um stabile Fermentationsverhältnisse im Pansen; dies bedeutet den Pansen-pH, der immer einen gewissen Tagesgang aufweist, über den ganzen Tag innerhalb physiologisch normaler Grenzen zu halten. In Deutschland übliche Grenzwerte sind nach STEINGASS und ZEBELI (2014) ein pH von 6,1 im Tagesmittelwert, bzw. als unteres Limit ein pH von 5,8, der nicht länger als 5,5 h täglich unterschritten werden sollte. Werden diese Werte nicht eingehalten so droht eine subakute Pansenazidose (SARA) welche auf Dauer ein gesundheitliches Problem für die Kuh darstellt, außerdem die Futteraufnahme reduziert und zu einem verengten Verhältnis von Essig- und Propionsäure führt, was sich in einem abfallenden Milchfettgehalt manifestiert (ROHR und KAUFMANN 1975). Vor dem Hintergrund der zentralen Bedeutung des Pansen-pH wird schnell klar, dass neben den oben angesprochenen rein physikalischen Eigenschaften der Ration auch die Fermentationseigenschaften des Kraftfutters bzw. der gesamten Ration (z.B. beständige vs. unbeständige Stärke; Stärke vs. Zucker vs. lösliche Faser/Pektine) oder auch die Puffereigenschaften einer Ration (z.B. Leguminosen vs. Gras) für die Strukturbeurteilung von Bedeutung sind.

### **Wie ermittle ich den richtigen Gehalt?**

Wie bereits erwähnt hat es aufgrund der hohen Bedeutung der bedarfsgerechten Strukturversorgung bei steigenden Leistungen verschiedene Ansätze zur Abschätzung der Strukturwirkung gegeben. Einen in der Praxis sicher weit verbreiteten stellt die Empfehlung eines Rohfaseranteils von 18 % der Trockensubstanz (TS) in der Ration dar (z.B. Standardlehrbuch Kirchgessner 2005). Da für die Wirkung Partikellänge und Lignifizierung entscheidend sind, ist der Zusatz wichtig, dass zwei Drittel davon aus dem Grobfutter kommen müssen (JEROCH et al. 2008)

## Strukturwirksame Rohfaser (SF)

Seit den 1970er Jahren wurden durch PIATKOWSKI und HOFFMANN Untersuchungen zum Verzehr- und Wiederkauverhalten, der Speichelbildung sowie zur Pansenfermentation bei Rindern und Schafen durchgeführt. Durch diese Forschungen konnten Einschätzungen der Strukturwirksamkeit von verschiedenen Futtermitteln vorgenommen und der Begriff der strukturwirksamen Rohfaser formuliert werden. Der Gehalt an Rohfaser (XF) des Futtermittels wird hier mit einem Faktor zwischen 0 und 1,5 multipliziert, der sich aus der Futtermittelart, dem Vegetationsstadium sowie der Behandlung des Futtermittels ergibt. Kriterium für die Ableitung des Faktors ist das entsprechende Kauverhalten (Freß- und Wiederkaudauer). Als Referenzwert für die SF wurde für Wiesenheu von mittlerer Qualität mit einem XF-Gehalt von 28-30 % ein Faktor (f) von 1 festgelegt. An diesem Referenzwert orientieren sich die Faktoren aller anderen Komponenten, die von 0 (vermahlene Konzentratfuttermittel) bis 1,5 (Langstroh) reichen. Der Gehalt leicht löslicher Kohlenhydrate der Ration (vor allem Stärke) findet im System Strukturwirksame Rohfaser keine weitere Berücksichtigung.

Der Rationsgehalt an strukturwirksamer Rohfaser kann additiv aus den Werten der Rationskomponenten berechnet werden. Die Werte für die Einzelkomponenten werden durch Multiplikation ihrer XF-Gehalte (aus Tabellen oder Analysen) mit den Faktoren errechnet (eine Liste der Faktoren findet sich z.B. in HOFFMANN 1990, 2013). Empfohlen wird eine Versorgung von optimal 400 g strukturwirksame XF pro 100 kg Lebendmasse (LM) (350-450 g/100 kg LM), was bei einem Gewicht von 650 kg 2600 g strukturwirksame XF pro Tier und Tag bedeutet. Bei diesem System wird ein vom Gewicht abhängiger, aber ansonsten recht konstanter Bedarf des Tieres unterstellt (keine Abhängigkeit von der Milchleistung/Futterraufnahme). Aus jüngerer Zeit liegt auch eine Ableitung für die Strukturwirksamkeit der ADF (Säure-Detergenzien Faser – strukturwirksame ADF) vor (RICHARDT und HOFFMANN 2010).

## Strukturwert (SW)

Das System des SW gibt eine dimensionslose Zahl wieder und bewertet im Gegensatz zur strukturwirksamen XF nicht nur die Komponenten der Grobfutterfraktion, sondern auch die Kraftfutterkomponenten in Abhängigkeit des Rohfaser-, Zucker- und Stärkegehaltes sowie ihrer Beständigkeit (es ist bekannt dass schnellfermentierbare Faserbestandteile wie Pektine, z.B. aus Trockenschnitzeln oder Sojaschalen, weniger Potential besitzen den Pansen-pH zu senken als stärkereiche Futtermittel wie Getreide). Der SW einer Ration kann aus den SW der einzelnen Futtermittel additiv errechnet werden. Der SW für einzelne Futtermittel kann über Regressionsformeln aus dem NDF-Gehalt (Grobfutter) oder den Gehalten an NDF, pansenstabiler Stärke, im Pansen verfügbarer Stärke, sowie Zucker (Konzentratfuttermittel) abgeschätzt werden (DE BRABANDER 1999). In umfangreichen Versuchen zur Ableitung des Systems wurden Versorgungsempfehlungen für eine Durchschnittskuh ermittelt. Bei dieser liegt der SW bei 1 pro kg T, wenn das Leistungsfutter auf zwei Rationen pro Tag verteilt gefüttert wird.

Um den Strukturwert einer Ration an die jeweilige Herde spezifisch anpassen zu können, wurden Korrekturen für die Abweichung der Milchleistung, des Fettgehalts, der Frequenz der Kraftfuttergabe, sowie der Anzahl der Laktationen ausgewiesen (DE BRABANDER 1999). Der Bedarf liegt je nach Auf- und Abschlägen bei 0,88 bis 1,24/kg T. Für hochleistende Tiere wird heute ein Mindestgehalt von 1,2/kg T empfohlen.

## Physikalisch effektive NDF

Ein relativ neues System ist die physikalisch effektive Neutral-Detergenzien-Faser (peNDF). Basierend auf Ansätzen von MERTENS (1997) wurde sie von ZEBELI et al. (2008) erweitert abgeleitet. Die ihr zugrunde liegende Nährstoffanalyse, die NDF (Neutral-Detergenzien-Faser) beschreibt die Gesamtheit der schwerlöslichen Faserbestandteile (Hemizellulose, Zellulose und Lignin) in der Ration (in Deutschland üblicherweise nach Amylasebehandlung sowie nach Aschekorrektur angegeben).

Im System der peNDF wird die chemisch analysierte NDF mit einem Faktor multipliziert, der sich aus der Partikelgrößenverteilung der Ration ergibt. Diese wird mit dem Penn State Forage Particle Separator (PSPS – in Deutschland unter dem Namen „Schüttelbox“ geläufig) bestimmt, der manchmal auch alleine zur Abschätzung der Wiederkäuergerechtheit einer Ration herangezogen wird. Für die peNDF wird der Anteil der Partikel die auf den 2 oberen Sieben des PSPS (19 und 8 mm) oder auf allen 3 Sieben (19, 8 und 1,18 mm) zurückgehalten werden herangezogen. Ist beispielsweise der NDF-Gehalt der Ration 34 % T und die Partikelverteilung 40 % auf dem 19 mm, 25 % auf dem 8 mm und 27 % auf dem 1,18 mm Sieb, so ist:

$$\text{peNDF}_{>1,18} = [34 \cdot ((40+25+27)/100)] = 31,3\% \text{ T bzw.}$$

$$\text{peNDF}_{>8} = [34 \cdot ((40 + 25)/100)] = 22,1\% \text{ T.}$$

Die peNDF ermöglicht eine betriebsindividuelle Berücksichtigung der Partikelgröße der Ration, inklusive aller eventuellen Effekte vor der Futteraufnahme durch das Tier (z.B. Häcksellänge; Vermußung im Mischwagen). In ihrer momentanen Form kann der Wert aber nicht einfach additiv aus Tabellenwerten der einzelnen Rationskomponenten berechnet werden, sondern wird für die Ration als Ganzes erhoben.

Der Stärkegehalt der Ration und die Futteraufnahme der Tiere werden in diesem System über den Bedarf der Tiere berücksichtigt - höhere Stärkegehalte und höhere Futteraufnahme sorgen konsequenterweise für eine Erhöhung der Versorgungsempfehlung für peNDF. So würde beispielsweise für eine Kuh mit 20 kg Trockenmasseaufnahme und 22% Gesamtstärke ein  $\text{peNDF}_{>8}$ -Gehalt von 17% T empfohlen (STEINGASS und ZEBELI 2014).

## Eigene Studie

Ansatz der Studie, die im Rahmen einer B.Sc.-Arbeit angefertigt wurde, war eine Erhebung, bei der die peNDF-Gehalte üblicher Praxisrationen im Raum Niedersachsen festgestellt werden sollten. Dafür wurden 40 Betriebe im nördlichen Niedersachsen (Raum Stade), im östlichen Niedersachsen (Kreis Lüchow-Dannenberg), in der Südheide, dem Kreis Celle, Göttingen und dem Umland am Rande des Harzes sowie vom südlichen bis nördlichem Hessen beprobt. Die Partikelgrößenverteilung der Rationen wurde vor Ort mit der Schüttelbox erhoben und der NDF-Gehalt der Ration wurde im Labor in Göttingen bestimmt; Stärkegehalte wurden aus Tabellenwerken entnommen. Die Milchleistung der Herden bzw. Fütterungsgruppen wurde mit erfasst, um eine entsprechende Versorgungsempfehlung abgeben zu können.

Wie schon erwähnt kann die Partikelverteilung in der Schüttelbox alleine bereits zur Bewertung der Strukturwirksamkeit herangezogen werden. Bei Betrachtung der in den Rationen vorgefundenen Partikelverteilungen (Tabelle 1) fällt auf, dass sich diese zum Teil deutlich von den Empfehlungen für amerikanische Rationen unterscheiden. Auf den untersuchten Betrieben wurden Rationen mit einem höheren Anteil großer Partikel gefüttert. Dabei weißt die oberste Ebene die größten Abweichungen auf.

Tabelle 1: Richtwerte für die prozentuale Partikelgrößenverteilung PSPS (HEINRICHS 2013) (SOLL) und eigene Erhebung (IST); Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung (min - max)

Sieb	Anteil TMR	Anteil TMR
	SOLL	IST
Oben (19 mm)	2-8%	41,2 $\pm$ 15,5 (6,8 - 81,3)
Mitte (8 – 19 mm)	30-50%	25,7 $\pm$ 8,6 (6,9 - 42,2)
unten (1,18 – 8 mm)	30-50%	27,1 $\pm$ 7,8 (10,9 - 51,0)
Boden	$\leq$ 20%	6,0 $\pm$ 3,7 (1,0 - 16,6)

Die Versorgungsempfehlung für peNDF berücksichtigt die Einflussgrößen T-Aufnahme und Stärkegehalt der TMR (bei peNDF<sub>>1,18</sub> abbaubare Stärke, bei peNDF<sub>>8</sub> Gesamtstärke). Die gefundenen peNDF-Gehalte (Tabelle 2) liegen für die meisten Betriebe über der Versorgungsempfehlung. Für die peNDF<sub>>1,18</sub> wurde bei 4 Betrieben eine Unterversorgung der Tiere abgeschätzt.

Tabelle 2: Bereich der peNDF-Rationsgehalte und Versorgungsgrad auf den Betrieben

	peNDF <sub>&gt;1,18</sub>		peNDF <sub>&gt;8</sub>	
	IST-Situation (% T der Ration)	Versorgungsgrad (in % der Empfehlung)	IST-Situation (% T der Ration)	Versorgungsgrad (in % der Empfehlung)
Minimum	25,5	85,3	15,3	88,5
Maximum	40,4	192,5	33,4	238,6
Mittelwert ( $\pm$ Standardabweichung)	34,5 $\pm$ 3,6	124,6 $\pm$ 22,8	25,1 $\pm$ 4,3	150,6 $\pm$ 35,4
Anzahl Betriebe unter Bedarf		4		1

Der Wert der peNDF beruht zu einem bedeutenden Anteil auf dem Ergebnis der Siebung nach Partikelgrößen mit der Schüttelbox. Dabei ist nach folgendem standardisiertem Verfahren vorzugehen: Die direkt nach dem Austrag aus dem Futtermischwagen genommene Probe (ca. 1,5 l; in unserer Studie ca. 220-280 g) wird auf den Siebturm (19 mm, 8 mm, 1,18 mm und Boden) aufgegeben und mit jeweils fünf Vor- und Rückwärtsbewegungen (Schublänge 17 cm, Frequenz  $\sim$ 1,1 Hz) gesiebt. Nach diesen fünf Schüben wird der PSPS um 90° gedreht und erneut geschüttelt. Der Siebvorgang wird 8-mal durchgeführt, sodass insgesamt 40 Schübe (8 · 5 Schübe) durchgeführt werden und die Schüttelbox zweimal um 360° gedreht wird. Die Rückstände auf den einzelnen Ebenen werden ausgewogen und ihr prozentualer Anteil an der Gesamtmasse bestimmt. Trotz dieser Standardisierung erscheint ein gewisser Einfluss des Anwenders möglich; eine Abschätzung hierzu sollte mit einem Test mit 8 Personen gegeben werden.

Ein Effekt der anwendenden Person war bei der  $peNDF_{>8}$  festzustellen; dieser kann vermutlich reduziert werden, wenn der Anwender vor der eigentlichen Bestimmung mehrmals „vorschüttelt“, d.h. das Schütteln trainiert, bis sich eine gewisse Routine bei der Bedienung einstellt. Bei Personen, die die Schüttelbox zuvor nicht angewendet hatten, war für die  $peNDF_{>8}$  ein gewisser Lerneffekt festzustellen (Effekt des Durchgangs, Tabelle 3) – die ermittelten Werte nahmen vom ersten zum dritten Schüttelvorgang bei allen Versuchspersonen ab ( $peNDF_{>8}$   $p=0,052$ ). Insgesamt scheint das System  $peNDF_{>1,18}$  weniger vom Anwender beeinflussbar zu sein als das System  $peNDF_{>8}$ .

*Tabelle 3: Einfluss von Person und Übung (Durchgang) auf die Anwendung der Schüttelbox (Mittelwert, Minimum, Maximum je Durchgang; n=8 Personen); NDF-Gehalt Ration 32,5% T*

	$peNDF_{>8}$ (g/kg T)	$peNDF_{>1,18}$ (g/kg T)
Durchgang		
1	21,5 (18,1-28,9)	31,1 (29,6-32,2)
2	19,8 (17,1-24,1)	30,8 (30,1-31,8)
3	19,4 (17,4-25,9)	30,8 (29,8-32,1)
Effekt Durchgang (p-Wert)	0,0519	0,193
Effekt Person (p-Wert)	<0,001	0,001

Ein Effekt mit einem p-Wert  $\leq 0,05$  gilt als signifikant

## Fazit

Eine angemessene Strukturversorgung ist für hochleistende Kühe von großer Bedeutung. In Deutschland haben sich die Systeme strukturwirksame Rohfaser und Strukturwert etabliert. Die Bewertung über die  $peNDF$  hat allerdings in den vergangenen Jahren vermehrt Aufmerksamkeit gewonnen. Das aus Nordamerika stammende und in Deutschland weiterentwickelte System ist auf dem Betrieb einfach anzuwenden. Der Umgang mit der Schüttelbox verlangt zwar etwas Übung kann aber als unproblematisch eingeschätzt werden. Die in der vorliegenden Arbeit nach dem System  $peNDF$  bewerteten Rationen wiesen überwiegend eine ausreichende bis leicht über der Versorgungsempfehlung liegende Strukturversorgung auf.