



Das Lebensministerium



## Futterbewertung für Wiederkäuer

Empfehlung des Landesarbeitskreises  
„Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen“

Freistaat  Sachsen

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

# **Untersuchung und Bewertung von Futtermitteln für Wiederkäuer**

Eine gemeinsame Empfehlung des Landesarbeitskreises  
„Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen“

**3., überarbeitete Auflage 2008**

Die vorliegende Schrift ist eine gemeinsame Empfehlung  
des  
**Landesarbeitskreises "Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen"**

Dem Landesarbeitskreis gehörten zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Empfehlung folgende Mitglieder an:

- Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
  - *Fachbereich Tierische Erzeugung, Köllitsch*
  - *Fachbereich Landwirtschaftliches Untersuchungswesen, Leipzig*
  - *Fachbereich Markt, Kontrolle, Förderung, Dresden*
  - *Fachbereich Agrarökonomie, Ländlicher Raum, Leipzig*
- Regierungspräsidium Chemnitz, Abteilung Landwirtschaft
- Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Referat 35
- Universität Leipzig, Institut für Tierernährung, Diätetik und Ernährungsschäden
- Georg-August-Universität Göttingen, Institut für Tierphysiologie und Tierernährung
- Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur für Tierernährung
- Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Professur Ernährung physiologie und Tierernährung
- Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)-Fachbereich Landbau / Landespflege
- Sächsische Tierseuchenkasse, Dresden
- LKS-Landwirtschaftliche Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH, Lichtenwalde
- Agro & Mercury-Lab, Labor für Futtermittel und Quecksilberanalytik, Dresden
- BioCheck-Labor für Veterinärdiagnostik und Umwelthygiene GmbH, Leipzig
- Albrecht-Daniel-Thaer-Institutes für Agrarwissenschaften e.V. an der Universität Leipzig
- *ADDCON Agrar GmbH, Bitterfeld*
- Delegierte Betriebe der Misch- und Mineralfutterindustrie (DVT)
  - *Leipziger Krafftuttermittel GmbH - LEIKRA*
  - *Sächsische Muskatorwerke GmbH, Riesa*
  - *Spezialfutter Neuruppin GmbH & Co.KG*
  - *ALKA Altenburger Krafftutter und Getreidehandel GmbH*
  - *Fa. H. Wilhelm Schaumann GmbH & Co. KG, Pinneberg*
  - *REKASAN Mineralfutter und Futteradditive GmbH Kaulsdorf*
  - *Hohburger Mineralfutter GmbH*
  - *BASU-Mineralfutter GmbH Bad Sulza*
- Privatpersonen
  - *Herr Prof. Dr. habil. Manfred Hoffmann, Naunhof*
  - *Herr Prof. Dr. h.c. Dr. habil. Heinz Jerock, Böhlitz-Ehrenberg / Kaunas*

<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
<b>1</b>	Vorbemerkungen	5
<b>2</b>	Grundsätze zur Untersuchung und Bewertung von Futtermitteln	5
<b>3</b>	Futtermitteluntersuchung	6
<b>3.1</b>	Probenahme	6
<b>3.2</b>	Sensorische Prüfung	9
<b>3.3</b>	Probenvorbereitung	10
<b>3.4</b>	Analysenspektrum	11
<b>3.5</b>	Analysenmethoden	11
<b>3.6</b>	Analysenqualitätssicherung	13
<b>3.7</b>	Fehlerquellen	16
<b>4</b>	Futtermittelbewertung	17
<b>4.1</b>	Energetische Bewertung	17
<b>4.1.1</b>	Schätzgleichungen	17
<b>4.1.2</b>	Kalkulation der Verdaulichkeit	19
<b>4.1.3</b>	Tabellenwerte für Verdaulichkeiten	19
<b>4.1.4</b>	Korrekturen	23
<b>4.2</b>	Proteinbewertung	23
<b>4.2.1</b>	Nutzbares Rohprotein am Duodenum	23
<b>4.2.2</b>	Ruminale Stickstoffbilanz	24
<b>4.2.3</b>	Anteil an in Vormägen unabbaubarem Rohprotein (UDP)	24
<b>4.3</b>	Bewertung der Futtermittelstruktur	26
<b>4.3.1</b>	Bestimmung der Teilchengrößenverteilung	26
<b>4.3.2</b>	Ermittlung der strukturwirksamen Rohfaser	27
<b>4.3.3</b>	Ermittlung des Strukturwertes	27
<b>4.4</b>	Bewertung der Beständigkeit der Stärke und der ruminalen Abbaugeschwindigkeit von Kohlenhydraten und Rohprotein	28
<b>4.5</b>	Bewertung der Vergärbarkeit von Futtermitteln	28
<b>4.6</b>	Bewertung der Gärqualität von Silagen	31
<b>4.6.1</b>	Tabellarisches Bewertungsschema	32
<b>4.6.2</b>	Ermittlung der Punktzahl über Regressionsgleichungen	33
<b>4.6.3</b>	Sensorische Bewertung der Gärsäuren	34
<b>4.6.4</b>	Veränderung der Rohproteinfraktion durch die Konservierung	34
<b>4.7</b>	Bewertung von Parametern der Futtermittelhygiene	35
<b>4.7.1</b>	Sensorische Voruntersuchung	35
<b>4.7.2</b>	Auffällige Laborbefunde	36

<b>4.7.3</b>	Mikrobiologische Qualität	36
<b>4.7.4</b>	Mykotoxikologische Qualität	40
<b>4.7.5</b>	Futtermittelrechtliche Regelungen	41
<b>4.8</b>	Einsatzempfehlungen bzw. -beschränkungen (Restriktionen)	42
<b>4.9</b>	Wirtschaftliche Bewertung von Futtermitteln	42
<b>4.9.1</b>	Grobfutterkosten	43
<b>4.9.2</b>	Preiswürdigkeit von Konzentratfuttermitteln	44
<b>4.9.3</b>	Preiswürdigkeit von Grobfutter	46
	Verwendete Abkürzungen	48
	Verzeichnis der Tabellen und Übersichten im Text	50
	Verzeichnis der Anhangtabellen	52
	Anhangtabellen	53

## 1 Vorbemerkungen

Im Gegensatz zur amtlichen Futtermittelkontrolle, die an das Futtermittelgesetz gebunden nach bundes- bzw. EU-weit einheitlicher Methodik für Untersuchung und Bewertung vorgeht, gibt es für die Futtermitteluntersuchung und -bewertung im Rahmen der Produktionskontrolle keine einheitlichen Regelungen. Futtermitteluntersuchungen und -bewertungen können deshalb zwischen den Bundesländern und auch zwischen den Laboren eines Bundeslandes variieren.

Der Landesarbeitskreis "Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen" hat sich die Aufgabe gestellt, eine weitestgehende Harmonisierung der Untersuchung und Bewertung von Futtermitteln im Freistaat Sachsen zu sichern. Das heißt, es sollen möglichst alle sächsischen Futtermittel nach gleichen Regeln beprobt, untersucht und bewertet werden. Die Empfehlung für die eine einheitliche Grundfutteruntersuchung und -bewertung im Freistaat Sachsen wurde erstmals 1996 vom Landesarbeitskreis publiziert. Im März 2003 wurde die 2., stark modifizierte Auflage veröffentlicht.

Aufgrund neuer Forschungsergebnisse, Analysemethoden, Bewertungsschlüssel und Schätzgleichungen zur Charakterisierung des Futterwertes, ist eine 3. Auflage der Schrift notwendig, welche hiermit vorgelegt wird.

## 2 Grundsätze zur Untersuchung und Bewertung von Futtermitteln

- Der hohe Stellenwert, den Futtermitteln in der Erzeugungskette von Nahrungsmitteln einnehmen, zwingt alle Personen, die mit Futtermitteln umgehen, zur **aktuellen und vorausschauenden Sorgfalt**. Neben der strengen Einhaltung futtermittelrechtlicher Festlegungen, ist eine permanente Produktionskontrolle nur über die Untersuchung und Bewertung von Futtermitteln realisierbar.
- Die Ermittlung des aktuellen Futterwertes von Futtermitteln ist die wichtigste **Voraussetzung** für die bedarfs- und tierartgerechte Rationsgestaltung in der Fütterungspraxis. Die Angaben in Futterwerttabellen sind nur Richtwerte.
- Grundlage jeder Futtermittelbewertung ist die laboranalytische Untersuchung. Es sollten dabei nur die Parameter untersucht werden, die für die Bewertung des Futtermittels aus der **jeweiligen Problemsicht** heraus für notwendig erachtet werden.
- Maßstab jeder Futtermitteluntersuchung und -bewertung ist der **Fütterungserfolg**. Der tatsächliche Futterwert wird somit erst nach dem Einsatz des Futtermittels feststehen, denn dort entscheidet sich, wie viel von dem Futtermittel aufgenommen wird und welche Futterwirkung daraus resultiert.
- Die Bewertung durch die jeweilige Untersuchungsstelle ist **eine Wertungsempfehlung**.
- Eine **repräsentative Probenahme** entscheidet wesentlich über das Ergebnis einer Futtermitteluntersuchung. Die Untersuchung und Bewertung eines Futtermittels **beginnt mit der Probenahme**. Die Notwendigkeit einer Futtermitteluntersuchung kann über Indikatoren des Fütterungserfolges, der Futtermittelhygiene, des sensorischen Befundes oder der ökonomischen Erfordernisse eingeschätzt werden.
- Jede routinemäßige und bezahlbare Futtermittelbewertung stellt einen **Kompromiss** dar. Das Labor nutzt die Untersuchungsbefunde und formuliert mit Hilfe von Wertungsmatrizen, Tabellen und Schätzgleichungen einen Futterwert. Bei der Bewertung erfolgt eine Orientierung am aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisstand.
- Alle Wertungsschritte von Seiten der Untersuchungsstelle müssen **transparent** sein und dem interessierten Nutzer von Futtermittelattesten erläutert werden.

- **Jeder** laboranalytisch untersuchte und sensorisch ermittelte **Parameter**, der bei der Bewertung berücksichtigt wird, ist zum Zwecke der Nachvollziehbarkeit auf dem Attest **darzustellen**. Alle Wertungsschritte von Seiten der Untersuchungsstelle müssen daher **transparent** sein und dem interessierten Nutzer von Futtermittelanalysen erläutert werden.
- Bewertungen und Maßstäbe sollten **langfristige Gültigkeit** besitzen und eine gewisse **Tradition** berücksichtigen. Wenn der Landwirt langfristig den Futterwert am Fütterungserfolg messen und Veränderungen des Futterwertes vergleichen will, führt eine zu häufige Veränderung der Futterbewertung zu Unsicherheiten.

### 3 Futtermitteluntersuchung

#### 3.1 Probenahme

Bei Futtermitteluntersuchungen, die nicht im Rahmen der amtlichen Futtermittelüberwachung erfolgen, trägt der jeweilige Auftraggeber der Untersuchung die Verantwortung für eine repräsentative und ordnungsgemäße Probenahme. Von Seiten der Untersuchungs- und/oder Beratungsstelle kann der Probenehmer dabei unterstützt werden. Zur Probenahme ist jeder berechtigt, der im Auftrag des jeweiligen landwirtschaftlichen Betriebes handelt.

Als Orientierung für eine repräsentative Probenahme von Futtermitteln sollte auf die futtermittelrechtlichen Bestimmungen (Futtermittel-Probenahme und Analysen Verordnung) sowie auf Empfehlungen der DLG und des BMELV zur Probenahme bei wirtschaftseigenem Futter (VDLUFA - Methodenbuch, Band III) zurückgegriffen werden.

Die Durchführung einer korrekten Probenahme nach den vorgegebenen Grundsätzen ist insbesondere im Hinblick auf mögliche Rechtsfolgen des Befundes dringend zu empfehlen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit z.B. bei der zuständigen Behörde (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Markt, Kontrolle, Förderung, Dresden) einen amtlich bestellten Probenehmer anzufordern.

#### **Folgende Grundsätze sollten besondere Beachtung finden:**

1. In Abhängigkeit vom Untersuchungsziel muss die Probe repräsentativ zu einer bestimmten Partie (die Menge eines Futtermittels, die sich nach ihrer sensorischen Beschaffenheit, Deklaration oder/und räumlichen Zuordnung deutlich als Einheit darstellt) sein. Ein Futterstapel kann aus mehreren Partien zusammengesetzt sein.
2. Hilfsmittel zur Probenahme und Transportgeräte sind in ihrer Beschaffenheit so zu wählen, dass die Futterprobe in ihrer Art nicht beeinflusst oder verändert wird. Die Proben sollten in dem Zustand zur Untersuchung gebracht werden, in dem sie der Futterpartie entnommen werden und auch zur Untersuchung gelangen sollen.
3. Die Probenahme beginnt mit der **Abgrenzung von Partien** nach einheitlichen Qualitätsparametern durch sensorische Beurteilung (Farbe, Geruch, Feuchte, Gefüge, Konsistenz, ...). Deck- und Randschichten bzw. offensichtlich verdorbene Teile, die auch nicht zur Verfütterung gelangen, müssen von der Beprobung ausgeschlossen werden. Aus der abgegrenzten Partie werden nach dem Zufallsprinzip möglichst **gleichgroße Einzelproben** an räumlich repräsentativ verteilten Stellen entnommen. Die Anzahl der Einzelproben wird durch die jeweilige Futtermittelart und Partiegroße bestimmt (empfohlene Anzahl der Einzelproben - vgl. Tabelle).

Die Probenahme ist bei **Silagen** vorzugsweise vom Anschnitt (möglichst frisch, um eventuelle Nachgärung, mikrobiellen Abbau bzw. Veratmung zu vermeiden, ca. 30 cm tief), aus geschlossenen Partien bei Verwendung eines Probestechers (bis zu 80 ... 100 cm tief), oder aus dem Futtertrog möglich. Die Nutzung vorhandener Entnah-

metetechnik (Fräse) wird empfohlen. Hier ist die Entnahme aus dem fließenden Volumenstrom möglich.

**Grünfutter** kann vom Schwad oder Häckselstrom entnommen werden. Weidefutter-, Siliergut- bzw. Grünfutterproben von Wiesen, Weiden oder vom Feld sind durch repräsentatives Ausmähen gleichgroßer Teilflächen zu gewinnen. Von Schütthaufen, Packungen oder aus Tanks werden **Konzentrate** entnommen (Entmischen oder Separieren möglichst ausschließen).

Durch die Technik der Probenahme darf sich die Probe gegenüber der Partie nicht verändern (z.B. durch Sedimentieren, Bröckeln, Reißen, Verschmutzen, Abpressen, Verderben...). Geräte zur Probenahme (z.B. Probestecher) müssen garantieren, dass durch ihre Anwendung **keine** mechanischen oder stofflichen **Veränderungen** provoziert werden.

**Tabelle 1:** Anzahl und Mengen von Futtermittelproben

Futtermittel	Anzahl Einzelproben für eine Sammelprobe	Mindestmenge einer Sammelprobe (kg)	Mindestmenge der Endprobe (kg)
<b>Grünfutter</b>			
von der Fläche	20...30	5	2
aus dem Schwad	10...20	5	2
aus dem Stapel	5...10	5	2
aus dem Futtertrog	5...10	5	2
<b>Silagen</b>			
von der Anschnittsfläche	5...10	4	1
aus geschlossenen Silos	5...20 *	4	1
aus Volumenstrom	5...10	4	1
aus dem Futtertrog	5...10	4	1
<b>Trockengrobfutter</b>			
Heu und Stroh	5...10	1	0,25
<b>Safffutter</b>			
Pressschnitzel, Treber, Trester, Schlempe, Pülpe	5...10	4	1... 1,5
<b>Hackfrüchte</b>			
Kartoffeln	10	25	5
Rüben	10	25	2
<b>Trockene Konzentrate (auch pelletiert, inklusive Mischfutter und Trockengrün)</b>			
lose	5 .....10	4	0,5
verpackt	5 .....10	4	0,5
<b>Flüssige Futtermittel</b>			
	4	4 Liter	500 ml

\* in Abhängigkeit von der zu beprobenden Fläche

Die Einzelproben werden durch intensives Durchmischen zu einer **Sammelprobe** vereint (empfohlene Menge der Sammelprobe vgl. Tabelle).

Die Sammelprobe wird durch geeignete Techniken (z.B. Flächenausgrenzung durch Bildung von Diagonalen einer kreisförmig ausgebreiteten Sammelprobe) zu einer **Endprobe** reduziert (empfohlene Menge der Endprobe vgl. Tabelle).



Die Endprobe ist in einem **sauberen, dichten Plastikbeutel**, aus welchem nach dem Einfüllen der Endprobe die Luft entfernt wird, zu verpacken und zu kennzeichnen.

**Tabelle 2:** Angaben im Probenahmeprotokoll von Futtermitteln

Allgemeine Angaben für alle Proben
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Probenbezeichnung</b>, ggf. mit Probennummer</li> <li>• <b>Ort; Datum</b>, ggf. Uhrzeit der Probenahme</li> <li>• <b>Adresse</b>, Telefon/Fax-Nr. des Auftraggebers</li> <li>• <b>Untersuchungsauftrag</b> mit Angabe der zu untersuchenden <b>Parameter</b></li> <li>• <b>Nutzungsart / Tierart</b> (<i>wichtig für Berechnung des Futterwertes</i>)</li> <li>• Zwischenlagerung der Probe (<i>Bedingungen angeben</i>)</li> <li>• Zustand der Probe (z.B. <i>frisch, angewelkt, pelletiert...Sonstiges</i>)</li> <li>• sensorische Befunde (z.B. <i>Geruch, Farbe, Verschmutzung; u.a.</i>)</li> <li>• hygienische Veränderungen, ggf. pathologischer Befund</li> <li>• Problemsicht (z.B. <i>Fütterungsberatung; Tiergesundheit, Verdacht auf Schadstoffe, Ermittlung Erntezeitpunkt usw.</i>)</li> <li>• Lagerbedingungen des Futterstapels</li> <li>• Art der Entnahmetechnik</li> </ul>
Spezifische Angaben für Grobfuttermittel
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hauptbestandsbildner, ggf. Sorte</li> <li>• botanische Reinheit (Kräuter-/Leguminosenanteile)</li> <li>• Schnitzzahl / Schnitthöhe / Häckselqualität</li> <li>• Vegetations- / Reifestadium</li> <li>• Silobauart</li> <li>• Siliermittelzusatz</li> <li>• Zustand von Rand- und Deckschichten</li> <li>• Homogenität der Grundgesamtheit / Partie</li> </ul>
Spezifische Angaben für Konzentrate / Flüssigfutter
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partiegröße</li> <li>• Homogenität (mögliche Entmischungen)</li> <li>• bei Gemischen Zusammensetzung !</li> <li>• Entnahmestelle</li> </ul>

4. Um die Nährstoffverluste nach der Probenahme zu minimieren, müssen insbesondere Frischfutterproben, die einen TM-Gehalt von unter 80 % aufweisen, **auf dem kürzesten Weg** (max. 12 Stunden) **zur Untersuchungsstelle** gebracht werden. Direkter Einfluss von Luft, Sonnenlicht, erhöhten Temperaturen bzw. Kontakt mit verunreinigten Medien muss vermieden werden.

Sollte absehbar sein, dass ein Zeitraum von 12 Stunden von der Probenahme bis zur Untersuchungsstelle überschritten wird, muss die Probe im Kühlschrank (max. 2 Tage bei 5°C) zwischengelagert werden. Das Einfrieren von Futterproben (-18 °C) bei einer Lagerdauer von über zwei Tagen, sollte auf ein Minimum beschränkt werden, da sensorische und nährstoffseitige Veränderungen in der Auftauphase möglich sind. Ebenso sind bestimmte mikrobiologische Bestimmungen nicht mehr möglich, da sich durch den Prozess des Einfrierens die Ausgangskeimzahl verändern kann (z.B. bei der Bestimmung des Hefegehaltes).

Frische Futterproben sollten daher für mikrobiologische Untersuchungen unter Einhaltung der Kühlkette schnellsten zur Untersuchungsstelle transportiert werden. Neben der

Kühlung sollte ein Lufteinfluss verhindert werden. Dafür gibt es zunehmend gute Erfahrungen mit der Anwendung der Vakuumtechnik.

5. Neben der gekennzeichneten Futterprobe muss der unterschriebene **Untersuchungsauftrag** und ein unterschriebenes **Probenahmeprotokoll** zur Untersuchungsstelle versandt werden, in welchem wichtige Informationen zur Probenahme und zur Probe selbst beschrieben werden sollten.

Diese Angaben können die Bewertung einer Futtermittelprobe durch die Untersuchungsstelle wesentlich verbessern. Zu allgemeinen Angaben können futterartspezifische Ergänzungen hinzukommen. In der Tabelle sind wichtige Angaben genannt, welche bei der Probenahme protokolliert werden sollten.

6. Bei Untersuchung auf unerwünschte oder verbotene Stoffe, die auch innerhalb einer Partie ungleichmäßig verteilt sein können, kann es sinnvoll sein, mehrere Sammel-/ Endproben zu bilden und entsprechend gekennzeichnet zur Untersuchung einzusenden (*Skizze hilfreich*).

### 3.2 Sensorische Prüfung

Nach der logistischen Erfassung der Futtermittelprobe im Labor sollten insbesondere alle Frischproben (Grünfutter, Silage, Heu....) einer sensorischen Prüfung unterzogen werden. Der sensorische Befund ist das gemittelte Ergebnis der visuellen und geruchlichen sowie sonstigen sensorischen Einschätzung eines Futtermittels. Bestimmte Eigenschaften eines Futtermittels können nur über die Sensorik erfasst werden.

**Tabelle 3:** Sensorische Parameter zur Beurteilung von Futterproben

Sensorischer Parameter	Silage	Grünfutter	Heu Trockengrün	Konzentrate
Art des Futtermittels	X	X	X	X
Hauptbestandbildner	X	X		X
Frischezustand	X	X	X	X
Homogenität	X	X	X	X
Geruch	X	X	X	X
Essigsäure	X			
Ammoniak	X			
Buttersäure	X			
Röstgeruch	X		X	
Farbe / Aussehen	X	X	X	X
Erwärmung	X	X	X	X
Struktur / Gefüge	X	X	X	
Verunreinigungen	X	X	X	X
Griff		X	X	
Häckselqualität	X			
Kornanteil	X			
Verderbnis / Schimmel	X	X	X	X
Pelletfestigkeit / Abrieb			X	X
Trockenmasse / Feuchte	X	X	X	X

Die sensorische Beurteilung kann **futtermittelhygienische Abweichungen** beschreiben, wesentliche **Daten für die Attestierung** (Futtermittelart, botanische Reinheit, Vegetationsstadium, untypische Veränderungen ...) ergänzen oder nicht durchgeführte Untersuchungen (Gärsäuren, Ammoniak, Hitzeschäden, Kornanteil, Anteil ganzer Körner, Häckselqualität, Reife...) durch Schätzung teilweise ersetzen. Häufig kann auch die Sensorik eines Futtermittels die Notwendigkeit anderer analytischer, mikrobiologischer oder mikroskopischer Untersuchungen auslösen oder diese erübrigen.

Zur Beurteilung des Allgemeinzustandes der Probe, des Konserviererfolges oder des Hygienestatus sollten die in der Tabelle zusammengestellten Parameter erfasst werden. Zur Ergänzung und Unterstützung der sensorischen Befunde können insbesondere bei Silagen chemische Untersuchungen (Bestimmung des **pH-Wertes**, des Gehaltes an **Gärsäuren**, an Ammoniak oder des pepsinunlöslichen Rohproteins) durchgeführt werden. Die Ergebnisse werden zur mathematischen Ermittlung des Konserviererfolges genutzt.

### 3.3 Probenvorbereitung

Neben der sensorischen Beurteilung ist die Probenvorbereitung für die Analytik ein sensibler und aufwendiger Arbeitsvorgang, der kaum automatisierbar ist und deshalb immer arbeits- und zeitaufwendig bleiben wird. Die Probenvorbereitung muss wegen ihres direkten Einflusses auf das Analyseergebnis mit besonderer Sorgfalt erfolgen.

Die Futtermittelprobe wird nach der sensorischen Prüfung **homogenisiert** und ggf. **vorzerkleinert**.

Bei Silagen wird aus einem aliquoten Anteil der Frischprobe ein **wässriger Extrakt** hergestellt, in welchem nach ca. **12 Stunden** der pH-Wert, der Ammoniak- und der Gär-säuregehalt gemessen werden kann.

200...500 g Frischsubstanz (je nach Feuchtegehalt der Probe bzw. Umfang der Analysen) werden zur Vortrocknung eingewogen (Teilprobe muss **repräsentativ** zur gesamten eingesandten Probe sein). Eine **schonende Vortrocknung** (bei ca. 60 °C bis zur Gewichtskonstanz **ca. 16 ... 20 Stunden**) ist notwendig, um Schädigungen der Roh-nährstoffe vor der Analytik zu vermeiden.

Die exakte Trockenmassebestimmung ist von besonderer Bedeutung, da alle anderen Untersuchungsbefunde darauf bezogen werden.

Um die Verluste an flüchtigen Bestandteilen (die einen Futterwert besitzen und demzufolge stofflicher Bestandteil der Probe sind) bei der Trocknung von Silageproben zu berücksichtigen, wird die ermittelte Trockenmasse bei Silageproben wie folgt korrigiert (vgl. Tabelle).

**Tabelle 4:** Korrektur der Trockenmassegehalte von Silagen (nach WEIßBACH & KUHLA, 1995)

<b>Silagen, außer Maissilagen und TMR</b>
<b>korrigierte Trockenmasse (%) = 0,975 x ermittelte Trockenmasse (%) + 2,08</b>
<b>Maissilagen und TMR</b>
<b>korrigierte Trockenmasse (%) = 0,960 x ermittelte Trockenmasse (%) + 2,22</b>

Nach der Probentrocknung erfolgt die Rückwaage der auf Zimmertemperatur abgekühlten Probe und die **Vermahlung zur Analysenprobe**. Im Allgemeinen wird auf eine Partikelgröße von < 1 mm vermahlen (s. jeweilige Methodenvorschrift). Erforderliche Probenreduzierungen oder Teilungen müssen nach der Vermahlung über einen Probenteiler erfolgen. Für spezielle Untersuchungen können gesonderte Regelungen zur Probenvorbereitung gelten.

### 3.4 Analysenspektrum

Das Spektrum der auszuführenden chemischen und chemisch-physikalischen Untersuchungen wird durch die Auftragserteilung, die jeweilige Aufgabenstellung, die Futtermittelart sowie durch die gerätetechnischen und personellen Möglichkeiten des Untersuchungslabors bestimmt.

Bei geforderter energetischer Bewertung (Ermittlung des Futterwertes) bedingt die Bewertungsmethode die analytisch zu bestimmenden Parameter. Für eine komplexe Rationsbeurteilung kann die zu untersuchende Anzahl an Parametern darüber hinausgehen.

In der Futtermitteluntersuchung wird daher auf folgendes Analysenspektrum orientiert:

**Für die Energiebewertung** (in Abhängigkeit von der Futterart):

*Trockenmasse (TM), Rohasche (RA), Rohprotein (RP),  
Rohfaser (RFa), Rohfett (RFe),*

*Energiegehalt*

*Enzymlösliche organische Substanz (ELOS)*

*Enzymunlösliche organische Substanz (EULOS)*

*Gasbildung nach Hohenheimer Futterwerttest (HFT)*

*organische NDF (NDF<sub>org</sub>), organische ADF (ADF<sub>org</sub>)*

*Aus den analytisch bestimmten Kennzahlen wird kalkulatorisch der Energiegehalt  
Abgeleitet.*

**Für die Rationsbeurteilung:**

*Mineralstoffe (Mengen- und Spurenelemente)*

*Stärke, Zucker*

*Konserviererfolg (pH-Wert, Ammoniak, Gärssäuren ...)*

*Nitrat*

*pepsinunlösliches Rohprotein*

Spezielle Untersuchungen, z.B. auf unerwünschte Stoffe (Schwermetalle, Toxine usw.); Mikroskopie, Bestimmung des UDP-Gehaltes oder Untersuchungen zum Hygienestatus, erfolgen in Abhängigkeit von der jeweiligen Problemsicht.

### 3.5 Analysenmethoden

Die Bestimmung der Rohnährstoffe erfolgt üblicherweise nach der klassischen **WEENDER Methode**. Die vor mehr als 130 Jahren entwickelten Untersuchungsverfahren dienen heute als Referenz- und Standardmethoden. Ergänzt wird die Weender Methode im Bereich der Gerüstsubstanzen durch die Fraktionierungsmethode von van Soest (1967,1970). Sie sind neben anderen als amtliche, EU-, Verbands- oder von der Fachgruppe „Futtermittel“ empfohlene Methoden im Methodenband des VDLUFA (Band III, „Die chemische Untersuchung von Futtermitteln“) festgeschrieben. Diese Methoden werden durch den VDLUFA ständig validiert und weiterentwickelt.

Auf der Grundlage der klassischen Methoden finden in den Labors bedingt, durch den Einsatz moderner Analysetechnik, zunehmend **neue Analysenverfahren** Anwendung, wie z. B. die Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) für die Untersuchung der Feuchte und der organischen Futtermittelbestandteile oder die Atomabsorptions- (AAS) bzw. die Emmisionsspektroskopie (ICP) und die Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) für die Mineralstoffbestimmung. Vorteile dieser Verfahren, die sich nur bei großen Probenreihen egalisieren, sind vor allem Zeit- und Kosteneinsparung sowie die Möglichkeit, mehrere Parameter in einem Untersuchungsgang zu bestimmen. Weitere Einzelheiten zum Einsatz der NIRS-Technik finden sich z.B. im Standpunkt-papier des VDLUFA „Die Anwen-

dung der Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) bei der Untersuchung von Futtermitteln und pflanzlichen Produkten“.

Eine Erweiterung des Spektrums der Untersuchungsmethoden ist durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse ständig gegeben. Zu den neuen Analysenverfahren gehört auch die Methode nach SHANNAK ET AL. (2000) zur Bestimmung der Proteinfraktion (UDP-Gehalt).

Untersuchungen von Futtermitteln auf unerwünschte Stoffe (z. B. Mykotoxine, Schwermetalle) nehmen angesichts der zunehmenden Bedeutung einer hohen Lebensmittelsicherheit ständig an Umfang zu. Gegenwärtig bestehen allerdings z.B. beim analytischen Nachweis von Mykotoxinen noch Unsicherheiten in der Interpretation der Ergebnisse, so dass die folgenden Hinweise beachtet werden sollten.

Für die Bestimmung der Mykotoxine in Futtermitteln werden in der Praxis zurzeit zwei unterschiedliche Verfahren genutzt.

### **Physikalisch-chemische Nachweisverfahren**

HPLC (Hochdruckflüssigchromatographie) oder GC (Gaschromatographie) wie sie im Bereich der Spurenanalytik organischer Verbindungen angewandt werden, gekoppelt mit entsprechenden Strukturaufklärungsmethoden, wie Fluoreszenz-, UV-(Ultraviolett) oder MS-(Massenspektrometrie)-Detektion, sind die sicherste, aber auch die teuerste Art, Mykotoxine nachzuweisen. Bei diesen Verfahren wird der Extrakt mit einer zeit- und materialaufwändigen Probenvorbereitung weitgehend von den Matrixbestandteilen befreit und anschließend chromatographisch in die verbliebenen Verbindungen zerlegt.

Letztlich wird das Toxin anhand von Kalibriergeraden quantitativ bestimmt. Um solche Methoden beurteilen zu können, müssen sie validiert werden. Das bedeutet, es müssen Nachweis- und Bestimmungsgrenze und die Messunsicherheit des Verfahrens über Ringversuche in mehreren Labors ermittelt werden. Zur Beurteilung bei festgelegten Grenzwerten werden solche Verfahren dann als amtliche Untersuchungsmethode vorgeschrieben.

Dies ist bei Mykotoxinen bisher nur für Aflatoxine geregelt. Der VDLUFA (Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungseinrichtungen) hat für die Toxine Deoxynivalenol (DON), Zearalenon (ZEA) und OTA drei HPLC-Methoden entwickelt, welche für Getreide und Mischfuttermittel in Ringversuchen getestet und validiert wurden.

Diese Methoden werden von den meisten LUFEN eingesetzt. Für weitere Mykotoxine, z.B. Fumonisin und T-2, sowie HT-2-Toxin sind Methoden in Vorbereitung.

### **ELISA-Tests**

Die heute bereits gut ausgetesteten und für einige Toxine zur Verfügung stehenden Elisa-Tests (enzym-linked-immuno-assays) nutzen die Antigen-Antikörperreaktion, um das Toxin zu binden. Durch Zugabe eines Farbreagens kann das Ergebnis photometrisch sichtbar gemacht werden. Die Tests zeichnen sich durch eine schnelle Probenvorbereitung aus und ermöglichen einen hohen Probendurchsatz. Nachteil dieser Tests können Kreuzreaktionen und Matrixeinflüsse nicht gesuchter Substanzen und damit falsch positive Befunde sein. Falsch negative Befunde sind bisher nicht bekannt.

Die Genauigkeit dieser Tests hängt auch hier vom Aufwand der Reinigungsschritte in der Probenvorbereitung ab. ELISA-Test ist deshalb nicht gleich ELISA-Test. Es werden qualitative, halbquantitative und quantitative Tests von unterschiedlichen Herstellern und unterschiedlicher Güte angeboten. Um einen solchen Test beurteilen zu können, ist auch hier eine Validierung des Tests erforderlich, d. h. es müssen Nachweisgrenzen,

Bestimmungsgrenzen und die Messunsicherheit des Verfahrens in Abhängigkeit der Matrix bestimmt werden.

Eine sachgerechte Nutzung neuer Verfahren erfordert die ständige Qualifizierung des Laborpersonals, die interne Analysenqualitätssicherung und die Validierung der Methode an den Referenzverfahren bzw. an Standards.

### **3.6 Analysenqualitätssicherung**

Eine gute Laborpraxis sowie die Bestimmungen der Akkreditierung erfordern im Interesse des Auftraggebers und der Verbraucher ein hohes Niveau der Analysenqualitätssicherung in der täglichen Laborarbeit. 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.

Die Methoden der laborinternen Qualitätssicherung können sehr vielfältig sein wie z.B. die Anfertigung von detaillierten Standardarbeitsanweisungen, das Führen von Qualitätsregelkarten, oder von speziellen Qualitätsaufzeichnungen wie Gerätebücher oder Vorschriften zum Umgang mit fehlerhaften Prüfergebnissen. Das regelmäßige Kalibrieren von Volumenmessgeräten (Pipetten Dispenser u.ä.) oder das Eichen der Analysenwaagen sollte in den Untersuchungseinrichtungen zu den allgemeinen Grundsätzen guter Laborpraxis gehören.

Mit der Ausrichtung von arbeitskreisinternen Ringuntersuchungen für Mais- und Grassilage wurde ein erster Überblick über das Niveau der Grundfutteranalytik im Freistaat Sachsen erarbeitet. Eine wichtige Schlussfolgerung aus den als erfolgreich eingeschätzten ersten Enqueten war es, turnusmäßig Ringuntersuchungen zur Sicherung der Analysenqualität durchzuführen. Die Palette der Proben umfasst nunmehr Grob- und Mischfuttermittel gleichermaßen. An den Ringanalysen nehmen sowohl private Untersuchungsstellen als auch Landes- bzw. universitäre Laboreinrichtungen teil. Die Enqueten werden gemeinsam mit dem Freistaat Thüringen durchgeführt.

Für die Durchführung dieser Ringuntersuchungen werden folgende Grundsätze festgelegt:

1. Die Teilnahme an den Ringuntersuchungen ist **freiwillig**.
2. Mit der Ausrichtung der Ringanalyse wird der Fachbereich Landwirtschaftliches Untersuchungswesen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig-Möckern beauftragt.
3. **Teilnahmeberechtigt** sind die im Arbeitskreis "Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen" mitarbeitenden Firmen und Institutionen. Über eine eventuelle Erweiterung des Teilnehmerkreises, die ausdrücklich erwünscht ist, wird im Arbeitskreis beraten. Nur ein genügend großer Teilnehmerkreis sichert die statistische Auswertbarkeit der Ringanalyse.
4. Die **personelle Besetzung, fachliche Qualifikation und gerätetechnischen Voraussetzungen** in einem Labor müssen die ordnungsgemäße Durchführung einer Ringanalyse ermöglichen. Diesbezügliche Kontrollen können im Auftrag des Arbeitskreises vom Ringversuchveranstalter durchgeführt werden.
5. Die Art des Probenmaterials und die zu untersuchenden Parameter werden vor jedem Ringversuch im Arbeitskreis abgestimmt.

6. Die Ringanalyse wird **jährlich** durchgeführt.

7. Die Zusendung der Proben zur Ringanalyse erfolgt nach Abgabe der **unterschriebenen Teilnahmeerklärung**, die gleichzeitig zur Abgabe von Analyseergebnissen oder zur Rücksendung des Probenmaterials bei Nichtbearbeitung verpflichtet.

Eine **Weitergabe** des Probenmaterials und / oder der Ergebnisse der Ringanalyse ist ohne Zustimmung des Arbeitskreises nicht gestattet.

8. Für die Futtermitteluntersuchung wird auf folgendes Analysenspektrum orientiert:

**Parameter zur Energiebewertung (Gruppe1):** Trockenmasse, Rohasche, Rohprotein, Rohfaser, Rohfett

**Mineralstoffe (Gruppe 2):** Calcium, Magnesium, Natrium, Magnesium, Kalium

Weitere futtermittelspezifische oder fütterungsrelevante Untersuchungsparameter können hinzukommen, wie z. B. Stärke, Zucker, Spurenelemente, Enzymlösliche organische Substanz (ELOS), Gasbildung, Faserfraktion oder Schwermetalle.

9. Es besteht kein Methodenzwang, d.h. jeder kann die **Methode seiner Wahl** verwenden, also das in der Routine des Labors übliche Verfahren. Als Referenzmethoden dienen die amtlichen EG- bzw. Verbandsmethoden des VDLUFA (Methodenbuch, Bd. III – „Die chemische Untersuchung von Futtermitteln“).

Auf dem Ergebnisprotokoll zur Auswertung der Ringanalyse ist die verwendeten Methode anzugeben. Für einzelne Parameter kann die Anwendung einer bestimmten Methode empfohlen werden, sofern bei der Auswertung methodenbedingte systematische Ausreißer auftreten.

10. Je untersuchten Parameter sind **vier Einzelwerte** abzugeben. Wird beim laborinternen Ausreißertest ein Ausreißer erkannt, sind weitere zwei Einzelwerte anzugeben.

11. Die Abgabe von Analyseergebnissen ist auch für einzelne Untersuchungsparameter möglich und muss nicht, sofern nicht ausdrücklich bestimmt, für eine gesamte Parametergruppe erfolgen.

12. Die statistische Auswertung der Ringanalyse erfolgt auf der Grundlage der DIN ISO 5725 in Verbindung mit „Zu“-Scores (normierte Qualitätsgrenzen), für die spezielle Auswertekriterien (Ausreißerererkennung) festgelegt sind.

13. Die **Ergebnismitteilung** erfolgt **anonym** an alle Teilnehmer der Ringanalyse. Die anonymisierten Ergebnisse werden im Arbeitskreis vorgestellt und diskutiert.

14. Den beteiligten Untersuchungseinrichtungen wird durch den Ringversuchsveranstalter die erfolgreiche Teilnahme am Ringversuch für einzelne Untersuchungsparameter oder Parametergruppen bescheinigt, wenn sie sich mit ihrem Labormittelwert und ihrer Laborstandardabweichung innerhalb des ermittelten Qualitätsrahmens bewegen.

Die Bescheinigung stellt keine amtliche Anerkennung der Laboreinrichtung dar. Ein Muster des Zertifikates wird nachfolgend abgedruckt.



# Zertifikat

über die Teilnahme

an der

## **RINGANALYSE „Jahr“ (Futtermittel)**

Hiermit wird bestätigt, dass das Labor

*Name*

unter der Labor-Nr.: **LC 25**

**erfolgreich**

an der im Auftrag des Landesarbeitskreises  
"Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen" durchgeführten Ringanalyse  
für die Untersuchungsparameter:

***Trockensubstanz, Rohasche, Rohprotein, Rohfaser, Rohfett,  
Stärke, Zucker, ADF, NDF,  
Calcium, Phosphor, Magnesium, Natrium***

teilgenommen hat.

**Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft**  
Fachbereich Landwirtschaftliches Untersuchungswesen

Leipzig, den...

Fachbereichsleiter

**Übersicht 1:** Musterzertifikat für die erfolgreiche Teilnahme an der Ringanalyse für Futtermittel



Eine Liste aller **erfolgreichen Teilnehmer** wird über die Staatlichen Ämtern für Landwirtschaft, das Internet und über den Arbeitskreis **öffentlich bekannt gemacht**.

Mit der bisherigen Durchführung der Ringanalysen wurde ein Datenpool erstellt, der es erlaubt, das Niveau der Futteruntersuchung zu dokumentieren. An Hand des Datenpools lässt sich für die jeweilige Art des in den Ringanalysen getesteten Probenmaterials ein **Qualitätsrahmen** für die verschiedenen Analysenparameter festlegen, in dem sich die beteiligten Labors bei den Untersuchungen bewegen sollen.

Die Möglichkeiten der Weiterentwicklung bzw. Veränderung des Qualitätsrahmens wird bei neuen Erkenntnissen im Arbeitskreis beraten.

### 3.7 Fehlerquellen

Probenahme, Probenlogistik, Probenvorbereitung, Analyse und Bewertung sind untrennbare Teilschritte in der Futteruntersuchung. Folgende mögliche Fehlerquellen können die Repräsentanz des Untersuchungs- und Bewertungsbefundes mehr oder weniger stark beeinflussen:

#### *Probenahmefehler im landwirtschaftlichen Betrieb*

Der größte Fehler kann bei der Probenahme im landwirtschaftlichen Betrieb gemacht werden, da hier die größte mengenmäßige Einengung erfolgt. Die Gewinnung einer **repräsentativen und homogenen** Endprobe ist von entscheidender Bedeutung für die Gesamtbewertung des Futtermittels.

#### *Fehler bei der Probenlogistik*

Von der Probenahme im Betrieb bis zur lufttrockenen Probe im Labor werden in Abhängigkeit von den Bedingungen (Luftzutritt, Temperatur, Wassergehalt, pH-Wert, Zeit bis zur Stabilisierung im Labor, ...) insbesondere bei Frischproben Nährstoffe veratmet bzw. mikrobiell abgebaut oder es kann zu Veränderungen der Trockenmasse durch Wasserverdunstung kommen.

#### *Fehler bei der Probenvorbereitung im Labor*

Die matrixbezogene und zeitabhängige Vortrocknung der Proben und die Reduzierung der Probenmenge bei der Probenteilung im Labor stellt eine weitere Fehlerquelle dar. Etwa 1 kg wird bei Frischfutterproben auf wenige Gramm lufttrockene Probe für die einzelnen Untersuchungsgänge reduziert.

#### *Fehler bei der Analyse*

Bei der Analyse sind im Allgemeinen die geringsten Fehler zu erwarten, da durch strenge Methodenvorschriften, Parallel- und Standarduntersuchungen, Analysenspielräume für die Wiederholbarkeit sowie durch die routinemäßige Teilnahme an Ringuntersuchungen Fehlermöglichkeiten stark eingeengt bzw. schnell aufgezeigt werden.

#### *Bewertungsfehler*

Bei der Bewertung der Futtermittelprobe sind durch die erforderliche Anwendung geeigneter Schätzgleichungen mehr oder weniger große Bestimmungsfehler möglich.

## 4 Futtermittelbewertung

### 4.1 Energetische Bewertung

Grundlage für die Energiebewertung von Futtermitteln für Wiederkäuer sind folgende auf der Grundlage des Rostocker Futterbewertungssystems (1971,1993) vom Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie empfohlenen Berechnungsformeln für den Energiegehalt (1995, 1997, 2001):

**Tabelle 5:** Berechnungsformeln für den Energiegehalt von Futtermitteln

<b>Bruttoenergie (GE) in MJ</b>
$= 0,0239 * RP + 0,0398 * RFe + 0,0201 * RFa + 0,0175 * NFE$
<b>Umsetzbare Energie (ME) in MJ</b>
$= 0,0312 * vRFe + 0,0136 * vRFa + 0,0147 * (vOS-vRFe-vRFa) + 0,00234 * RP$
<b>Netto – Energie - Laktation (NEL) in MJ</b>
$= 0,6 * (1 + 0,004 * (ME/GE*100-57))*ME$

**Legende:** **RP** = Rohprotein; **RFe** = Rohfett; **RFa** = Rohfaser; **NFE** = N-freie Extraktstoffe; **OS** = organische Substanz (Trockenmasse minus Rohasche); **v** ... = verdauliche ... alle Angaben in g / kg Trockenmasse

#### 4.1.1 Schätzgleichungen

Voraussetzung für die o.g. klassische Kalkulation der Umsetzbaren Energie ist neben der Weender Futtermittelanalyse im Labor die Bestimmung der Verdaulichkeit der Rohnährstoffe. Standardverfahren der Verdaulichkeitsmessung von Futtermitteln für Wiederkäuer ist ein definierter Verdauungsversuch mit adulten Hammeln. Da dieser Weg für die praktische Futterwertermittlung nicht möglich ist, müssen alternative Schätzmethoden zur Ermittlung der Umsetzbaren Energie von Futtermitteln genutzt werden.

Die Validierung dieser Methoden muss grundsätzlich über das Standardverfahren (Hammelversuch) erfolgen. In den vorliegenden Empfehlungen werden nur Gleichungen empfohlen, welche eine ausreichende Sicherheit und Robustheit in wissenschaftlichen Versuchen nachgewiesen haben.

Aufgrund eines ständigen Erkenntniszuwachses, können die angegebenen Gleichungen in den nächsten Jahren weiter aktualisiert werden. Der Landesarbeitskreis "Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen" wird in seinen Beratungen ständig über die neue wissenschaftlichen Ergebnisse beraten und, wenn nötig, die Gleichungen aktualisieren.

Für die Schätzung der Umsetzbaren Energie gibt es folgende Möglichkeiten:

- **Direkte Schätzgleichungen** zur regressiven Kalkulation der **Umsetzbaren Energie** über Labordaten
- **Schätzgleichungen** zur regressiven Kalkulation der **Verdaulichkeit der Rohnährstoffe** über Labordaten und Nutzung der o.g. Gleichung zur Berechnung der Umsetzbaren Energie
- Übernahme der **Verdaulichkeit der Rohnährstoffe** aus Futterwerttabellen und Nutzung der o.g. Gleichung zur Berechnung der Umsetzbaren Energie

Der Gehalt an NEL wird über die klassischen Gleichungen unter Einbeziehung der Umsetzbaren Energie (ME) und der Bruttoenergie (GE) ermittelt.

## Grobfuttermittel

Für die gebräuchlichsten Grobfuttermittel wurden Schätzgleichungen erarbeitet und in der Regel vom Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie publiziert. Die aktuell empfohlenen Schätzgleichungen sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt. Für Futtermittel von Wiesen / Weiden und Silomais werden mehrere Gleichungen angegeben. In Abhängigkeit der Methodenausstattung der Untersuchungseinrichtungen kann die ME-Dichte dieser Futtermittel über eine der Gleichungen kalkuliert werden.

Soweit vorhanden, werden zu den Gleichungen das Bestimmtheitsmaß (B), der Schätzfehler ( $s_{y,x}$ ) und der relative Schätzfehler (s%) angegeben. Anhand dieser Angaben wird die unterschiedliche Genauigkeit der Kalkulationsgleichungen erkennbar. Anhand der Angabe der Einzelbefunde im Untersuchungsbericht (-attest) wird dem Nutzer ersichtlich, welche Gleichung zur Bestimmung des energetischen Futterwertes genutzt wurde.

## Mischfuttermittel

Für die Energieschätzung von Mischfutter im Rahmen der amtlichen Futtermittelüberwachung, wurden in der Anlage 5 der deutschen Futtermittelverordnung Schätzgleichungen festgelegt. Diese Gleichungen werden auch für die Produktionskontrolle genutzt. Für die Wiederkäuer gelten die in der Tabelle zusammengestellten Gleichungen.

**Tabelle 6:** Gleichungen zur Schätzung der NEL bzw. ME von Mischfutter (in MJ / kg TM, Rohnährstoffe in g / kg TM, ELOS in %, Gasbildung (Gb) in ml für 200 mg)

<b>Mischfutter für Rinder</b>
$NEL = 3,81 + 0,0001329 \times RP \times Gb + 0,0001601 \times Rfe^2 + 0,0000135 \times RFa^2 + 0,0000631 \times NFE \times Gb - 0,0000487 \times RA \times RFa$
<b>Mischfutter für Rinder (außer Milchrinder), Schafe und Ziegen</b>
$ME = 0,0126 \times RP + 0,0225 \times RFa + 0,0112 \times NFE + 0,0003975 \times RA \times Rfe - 0,0001993 \times RA \times RFa + 0,0002449 \times ELOS^2 - 0,15$

## Mischrationen

Im Auftrag der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft wurden vom Institut für Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg Gleichungen zur energetischen Bewertung von Mischrationen (TMR) erarbeitet (Boguhn u.a. 2002). Der Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie empfahl 2004 die Anwendung der nachfolgenden Gleichungen:

**Tabelle 7:** Gleichungen zur Schätzung der umsetzbaren Energie von TMR (in MJ / kg TM, Rohnährstoffe und ELOS in g / kg TM)

<b>Basis: Rohfaser, Rohprotein und Rohfett</b>
$ME = 6,0756 + 0,19123 \times RFe + 0,02459 \times RP - 0,000038 \times RFa^2 - 0,002139 \times RFe^2 - 0,00006 \times RP^2$ $r^2 = 0,83, s_{y,x} = 0,25 \text{ MJ ME / kg TM}$
<b>Basis: NDF, Rohprotein, Rohfett und Rohasche</b>
$ME = 11,9955 - 0,00753 \times NDF + 0,00566 \times RP + 0,03987 \times RFe - 0,00513 \times RA$ $r^2 = 0,81, s_{y,x} = 0,26 \text{ MJ ME / kg TM}$
<b>Basis: Rohfaser, Rohfett und ELOS</b>
$ME = 1,5473 + 0,00764 \times ELOS + 0,23292 \times RFe - 0,000021 \times RFa^2 - 0,002760 \times RFe^2$ $r^2 = 0,90, s_{y,x} = 0,19 \text{ MJ ME / kg TM}$

Die Fraktionen Rohfett und Rohfaser haben einen erheblichen Einfluss auf die Schätzgenauigkeit der Umsetzbaren Energie und müssen in jedem Fall analytisch ermittelt werden. Die Güte der Schätzgleichungen war am größten, wenn ELOS neben Rohfaser und Rohfett verwendet wird. Die zusätzliche Berücksichtigung anderer Parameter, wie z.B. der NDF oder der Gasbildung, konnte die statistische Sicherheit der Schätzung nicht verbessern.

#### 4.1.2 Kalkulation der Verdaulichkeiten

Für die Berechnung der Umsetzbaren Energie in Grobfuttermitteln, für welche keine der o.g. Schätzgleichungen gilt, können die **Verdaulichkeitswerte** für Rohprotein, Rohfaser, Rohfett und N-freie Extraktstoffe mit Hilfe von Regressionsgleichungen ermittelt werden.

Die in der Anhangstabelle 5 zusammengestellten linearen Gleichungen sind mit Hilfe vorliegender Verdaulichkeitswerte der DLG-Tabelle und des Rostocker Futterbewertungssystems erstellt worden.

Die Verdaulichkeit der Rohfaser, des Rohfettes und der NFE werden mit Hilfe des Rohfasergehaltes und die Verdaulichkeit des Rohproteins mit Hilfe des Rohproteingehaltes des Grobfuttermittels kalkuliert. Diese Vorgehensweise ist dem bayrischen System "ZIFO" entnommen worden und folgt dem linearen Regressionsansatz ( $Y = A + B \cdot X$ ):

<b>Verdaulichkeit (%) RP, RFa, RFe, NFE</b>
<b>= A + B * g Rohfaser bzw. Rohprotein / kg Grobfutter-TS</b>

Da es sich um lineare Regressionsansätze handelt, muss die **Gültigkeit der Berechnungen** auf den Bereich beschränkt werden, für den Daten in der Regressionsanalyse berücksichtigt wurden. Dies gilt insbesondere für den Rohfasergehalt als Regressor im Rechenansatz.

In den Anhangtabellen sind diese Bereiche zusammengestellt. Für Grobfuttermittel, die diesen Bereich unter- bzw. überschreiten, müssen Tabellenwerte genutzt werden oder entsprechende Hinweise auf dem Attest erfolgen. Die Regressionsanalysen werden ständig überarbeitet und im Arbeitskreis "Futter und Fütterung" zur Diskussion gestellt.

Die **Rohfettkonzentration** der Futtermittel kann aus der aktuellen DLG-Futterwerttabelle für Rinder entnommen werden. In der Anhangtabelle sind für die Grobfuttermittel, für welche die Verdaulichkeit regressiv geschätzt werden soll, die mittleren Rohfettwerte dargestellt.

Für Futtermittel, die eine Rohfettdichte über 50 g je kg Trockenmasse erwarten lassen, sollte die Rohfettkonzentration laboranalytisch ermittelt werden. Auf den Untersuchungsberichten (-attesten) soll kenntlich gemacht werden, ob die Rohfettdichte analytisch ermittelt oder aus Tabellen abgeleitet wurde.

#### 4.1.3 Tabellenwerte für Verdaulichkeiten

Für die konzentrierten Einzelfuttermittel werden die Werte für die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe aus der aktuellen DLG-Futterwerttabelle für Rinder genutzt.

**Tabelle 8:** Schätzgleichungen zur Bestimmung des energetischen Futterwertes von Grünfütter

Futtermittel	Quelle	Basis	Schätzgleichung
Ackerbohne	2	RNST	$ME = 13,09 - 0,01717 \times RFa - 0,01441 \times RA + 0,01304 \times RP$
Erbse	2	RNST	$ME = 13,09 - 0,01717 \times RFa - 0,01441 \times RA + 0,01304 \times RP$
Esparsette	2	RNST	$ME = 13,09 - 0,01717 \times RFa - 0,01441 \times RA + 0,01304 \times RP$
Kleegras (1. Aufw.)	2	RNST	$ME = 14,91 - 0,01415 \times RFa - 0,01235 \times RA$
Kleegras (Folgeaufw.)	2	RNST	$ME = 11,76 - 0,00503 \times RFa - 0,01883 \times RA + 0,00605 \times RP$
Landsb. Gemenge (1. Aufw.)	2	RNST	$ME = 14,91 - 0,01415 \times RFa - 0,01235 \times RA$
Landsb. Gemenge (Folgeaufw.)	2	RNST	$ME = 11,76 - 0,00503 \times RFa - 0,01883 \times RA + 0,00605 \times RP$
Lupine	2	RNST	$ME = 13,09 - 0,01717 \times RFa - 0,01441 \times RA + 0,01304 \times RP$
Luzerne (1. Aufw.)	2	RNST	$ME = 9,21 - 0,00619 \times RFa - 0,00831 \times RA + 0,01350 \times RP$
Luzerne (Folgeaufw.) **	2	RNST	$ME = 13,55 - 0,01501 \times RFa$
Luzerne-Gras (1. Aufw.)	2	RNST	$ME = 14,91 - 0,01415 \times RFa - 0,01235 \times RA$
Luzerne-Gras (Folgeaufw.)	2	RNST	$ME = 11,76 - 0,00503 \times RFa - 0,01883 \times RA + 0,00605 \times RP$
Raps	2	RNST	$ME = 14,73 - 0,01093 \times RFa - 0,01379 \times RA$
Rotklee (1. Aufw.)	2	RNST	$ME = 11,78 - 0,000026 \times RFa^2 - 0,01713 \times RA + 0,00912 \times RP$
Rotklee (Folgeaufw.)	2	RNST	$ME = 11,65 - 0,000031 \times RFa^2 - 0,02225 \times RA + 0,01182 \times RP$
Rübsen	2	RNST	$ME = 14,73 - 0,01093 \times RFa - 0,01379 \times RA$
Senf	2	RNST	$ME = 14,73 - 0,01093 \times RFa - 0,01379 \times RA$
Silomais	4	ELOS / NDF <sub>org</sub> ***	$ME = 7,15 + 0,03522 \times RFe - 0,00283 \times NDF_{org} + 0,058 \times ELOS$ ( $B = 0,83$ , $s_{yx} = 0,41$ MJ/kg T, $s = 3,8\%$ )
Silomais	1	RNST	$ME = 14,03 - 0,01386 \times RFa - 0,01018 \times RA$ ( $B = 0,72$ , $s_{yx} = 0,48$ MJ/kg T, $s = 4,5\%$ )
Weidelgras (Folgeaufw.)**	2	RNST	$ME = 14,35 - 0,01694 \times RFa$
Weidelgras (1. Aufw.) **	2	RNST	$ME = 12,80 - 0,01136 \times RFa + 0,00452 \times RP$
Wiesen / Weiden / Ackerfutter	5	HFT / ADF <sub>org</sub> ***	$ME = 7,81 + 0,07559 \times Gb - 0,00384 \times RA + 0,00565 \times RP + 0,01898 \times RFe - 0,00831 \times ADF_{org}$ ( $B = 0,824$ , $s = 4,7\%$ )
Wiesen / Weiden / Ackerfutter	5	ELOS / ADF <sub>org</sub> ***	$ME = 5,51 + 0,00828 \times ELOS - 0,00511 \times RA + 0,0251 \times RFe - 0,00392 \times ADF_{org}$ ( $B = 0,812$ , $s = 5,2\%$ )
Wiesen / Weiden (1. Aufw.)	1	RNST *	$ME = 14,06 - 0,01370 \times RFa + 0,00483 \times RP - 0,0098 \times RA$ ( $B = 0,43$ , $s_{yx} = 0,57$ MJ/kg T, $s = 5,7\%$ )
Wiesen / Weiden (Folgeaufw.)	1	RNST *	$ME = 12,47 - 0,00686 \times RFa + 0,00388 \times RP - 0,01335 \times RA$
Wiesen / Weiden (Winterweiden)	3	HFT	$ME = 2,715 + 0,08 \times Gb + 0,1743 \times RP$
Wiesen / Weiden (Winterweiden)	3	ELOS	$ME = 2,707 + 0,0386 \times ELOS + 0,1283 \times RP + 0,1265 \times RA$

\* nicht anwenden bei Spätschnitt, 1-2 Nutzungen / Jahr, Grünfütter  $VQ_{os} < 60$ , Silage  $VQ_{os} < 60$ , Heu  $VQ_{os} < 50$ , höhere Anteile minderwertige Gräser  
 bis zu Rohaschegehalt von 100 g / kg TM \*\*\* derzeit vom Ausschuss für Bedarfsnormen der GfE empfohlene Gleichung  
 Quellen: 1 GfE (1998), 2 AIPLE (1999), 3 WACKER UND STEINHOFEL (2002), 4 HERTWIG ET AL.(2007), 5 LOSAND ET AL. (2007) \*\* gelten nur

**Tabelle 9:** Schätzgleichungen zur Bestimmung des energetischen Futterwertes von Silagen

Füttermittel	Quelle	Basis	Schätzgleichung
<b>CCM</b>	4	ELOS / NDF <sub>org</sub> ***	$ME = 7,15 + 0,03522 \times RFe - 0,00283 \times NDF_{org} + 0,058 \times ELOS$ (B = 0,83, s <sub>yx</sub> = 0,41 MJ/kg T, s = 3,8%)
<b>CCM</b>	1	RNST	$ME = 14,03 - 0,01386 \times RFa - 0,01018 \times RA$ (B = 0,72, s <sub>yx</sub> = 0,48 MJ/kg T, s = 4,5%)
<b>Getreide-GPS (Gerste)</b>	2	RNST	$ME = 11,57 - 0,00977 \times RFa - 0,00711 \times RA + 0,00621 \times RP$
<b>Getreide-GPS (Hafer)</b>	2	RNST	$ME = 11,57 - 0,00977 \times RFa - 0,00711 \times RA + 0,00621 \times RP$
<b>Getreide GPS (Weizen)</b>	2	RNST	$ME = 11,57 - 0,00977 \times RFa - 0,00711 \times RA + 0,00621 \times RP$
<b>Klee gras (1. Aufw.)</b>	2	RNST	$ME = 16,66 - 0,01781 \times RFa - 0,01590 \times RA$
<b>Klee gras (Folgeaufw.)</b>	2	RNST	$ME = 14,65 - 0,01307 \times RFa - 0,01308 \times RA$
<b>Landsb. Gemenge (1. Aufw.)</b>	2	RNST	$ME = 16,66 - 0,01781 \times RFa - 0,01590 \times RA$
<b>Landsb. Gemenge (Folge)</b>	2	RNST	$ME = 14,65 - 0,01307 \times RFa - 0,01308 \times RA$
<b>LKS</b>	4	ELOS / NDF <sub>org</sub> ***	$ME = 7,15 + 0,03522 \times RFe - 0,00283 \times NDF_{org} + 0,058 \times ELOS$ (B = 0,83, s <sub>yx</sub> = 0,41 MJ/kg T, s = 3,8%)
<b>LKS</b>	1	RNST	$ME = 14,03 - 0,01386 \times RFa - 0,01018 \times RA$ (B = 0,72, s <sub>yx</sub> = 0,48 MJ/kg T, s = 4,5%)
<b>Luzerne (1. Aufw.)</b>	2	RNST	$ME = 14,40 - 0,01300 \times RFa - 0,01500 \times RA$
<b>Luzerne-Gras (1. Aufw.)</b>	2	RNST	$ME = 16,66 - 0,01781 \times RFa - 0,01590 \times RA$
<b>Luzerne-Gras (Folgeaufw.)</b>	2	RNST	$ME = 14,65 - 0,01307 \times RFa - 0,01308 \times RA$
<b>Maissilage</b>	4	ELOS / NDF <sub>org</sub> ***	$ME = 7,15 + 0,03522 \times RFe - 0,00283 \times NDF_{org} + 0,058 \times ELOS$ (B = 0,83, s <sub>yx</sub> = 0,41 MJ/kg T, s = 3,8%)
<b>Maissilage</b>	1	RNST	$ME = 14,03 - 0,01386 \times RFa - 0,01018 \times RA$ (B = 0,72, s <sub>yx</sub> = 0,48 MJ/kg T, s = 4,5%)
<b>Raps</b>	2	RNST	$ME = 13,16 - 0,000032 \times RFa^2 - 0,01612 \times RA + 0,00753 \times RP$
<b>Rotklee (1. Aufw.)**</b>	2	RNST	$ME = 12,60 - 0,01138 \times RFa$
<b>Rotklee (Folgeaufw.)**</b>	2	RNST	$ME = 13,23 - 0,01424 \times RFa$
<b>Rüben</b>	2	RNST	$ME = 13,16 - 0,000032 \times RFa^2 - 0,01612 \times RA + 0,00753 \times RP$
<b>Senf</b>	2	RNST	$ME = 13,16 - 0,000032 \times RFa^2 - 0,01612 \times RA + 0,00753 \times RP$
<b>Weidelgras (Folgeaufw.)</b>	2	RNST	$ME = 12,93 - 0,01414 \times RFa - 0,01011 \times RA + 0,01264 \times RP$
<b>Weidelgras (1. Aufw.)**</b>	2	RNST	$ME = 14,88 - 0,01845 \times RFa$
<b>Wiesen / Weiden / Ackerfutter</b>	5	HFT / ADF <sub>org</sub> ***	$ME = 7,81 + 0,07559 \times Gb - 0,00384 \times RA + 0,00565 \times RP + 0,01898 \times RFe - 0,00831 \times ADF_{org}$ (B = 0,824, s = 4,7%)
<b>Wiesen / Weiden / Ackerfutter</b>	5	ELOS / ADF <sub>org</sub> ***	$ME = 5,51 + 0,00828 \times ELOS - 0,00511 \times RA + 0,0251 \times RFe - 0,00392 \times ADF_{org}$ (B = 0,812, s = 5,2%)
<b>Wiesen / Weiden (1. Aufw.)</b>	1	RNST *	$ME = 13,99 - 0,01193 \times RFa + 0,00393 \times RP - 0,01177 \times RA$ (B = 0,43, s <sub>yx</sub> = 0,57 MJ/kg T, s = 5,7%)
<b>Wiesen / Weiden (Folgeaufw.)</b>	1	RNST *	$ME = 12,91 - 0,01003 \times RFa + 0,00689 \times RP - 0,01553 \times RA$

\* nicht anwenden bei Spätschnitt, 1-2 Nutzungen / Jahr, Grünfütter VQ<sub>OS</sub> < 60, Silage VQ<sub>OS</sub> < 60, Heu VQ<sub>OS</sub> < 50, höhere Anteile minderwertige Gräser\*\* gelten nur bis zu Rohaschegehalt von 100 g / kg TM \*\*\* derzeit vom Ausschuss für Bedarfsnormen der GfE empfohlene Gleichung

QUELLEN: 1 GfE (1998), 2 AIPLE (1999), 4 HERTWIG ET AL. (2007), 5 LOSAND ET AL. (2007)

**Tabelle 10:** Schätzgleichungen zur Bestimmung des energetischen Futtenwertes von Heu

Futtermittel	Quelle	Basis	Schätzgleichung
Luzerne (1. Aufw.)	2	RNST	$ME = 12,60 - 0,01024 \times RFa - 0,00881 \times RA$
Luzerne (Folgeaufw.) **	2	RNST	$ME = 11,26 - 0,01005 \times RFa$
Rotklee (1. Aufw.)	2	RNST	$ME = 11,23 - 0,000023 \times RFa^2$
Weidelgras (Folgeaufw.) **	2	RNST	$ME = 13,51 - 0,01443 \times RFa$
Weidelgras (1. Aufw.)	2	RNST	$ME = 17,16 - 0,02076 \times RFa - 0,01570 \times RA$
Wiesen / Weiden / Ackerfutter	5	HFT / ADF <sub>org</sub> ***	$ME = 7,81 + 0,07559 \times Gb - 0,00384 \times RA + 0,00565 \times RP + 0,01898 \times RFe - 0,00831 \times ADF_{org}$ ( $B = 0,824, s = 4,7\%$ )
Wiesen / Weiden / Ackerfutter	5	ELOS / ADF <sub>org</sub> ***	$ME = 5,51 + 0,00828 \times ELOS - 0,00511 \times RA + 0,0251 \times RFe - 0,00392 \times ADF_{org}$ ( $B = 0,812, s = 5,2\%$ )
Wiesen / Weiden (1. Aufw.)	1	RNST *	$ME = 13,69 - 0,01624 \times RFa + 0,00693 \times RP - 0,0067 \times RA$
Wiesen / Weiden (Folgeaufw.) **	1	RNST *	$ME = 14,05 - 0,01784 \times RFa$

\* nicht anwenden bei Spätschnitt, 1-2 Nützungen / Jahr, Grünfütter  $VQ_{OS} < 60$ , Silage  $VQ_{OS} < 60$ , Heu  $VQ_{OS} < 50$ , höhere Anteile minderwertige Gräser \*\* gelten nur bis zu Rohaschegehalt von 100 g / kg TM

\*\*\* derzeit vom Ausschuss für Bedarfsnormen der GfE empfohlene Gleichung

QUELLEN: 1 GfE (1998), 2 AIPLE (1999), 5 LOSAND ET AL. (2007)

#### 4.1.4 Korrekturen

Der **energetische Futterwert** muss **korrigiert** werden, wenn Maissilagen mit nicht angeschlagenen ganzen und teigreifen Körnern und Getreideganzpflanzensilagen bei einer Tausendkornmasse von über 35 g bzw. über 40 g bewertet werden müssen. Folgende Korrekturen des energetischen Futterwertes werden vorgenommen:

**Tabelle 11:** Energiekorrektur bei Maissilagen mit unzerkleinerten Maiskörnern (ab der Teigreife)

<b>% Energieabzug für Maissilagen mit geringem Kornanteil</b>		
(< 200 g Stärke (TS))	=	<b>% ganze Körner* / 10 - 0,5</b>
<b>% Energieabzug für Maissilagen mit mittlerem Kornanteil</b>		
(200...300g Stärke (TS))	=	<b>% ganze Körner* / 10</b>
<b>% Energieabzug für Maissilagen mit hohem Kornanteil</b>		
(> 300 g Stärke (TS))	=	<b>% ganze Körner* / 10 + 0,5</b>

\* Der Anteil unzerkleinerter Körner in % der Körner insgesamt wird in ausgewiesenen Schritten visuell eingeschätzt oder nach der Vortrocknung ausgewogen.

**Tabelle 12:** Energiekorrektur bei Getreideganzpflanzensilagen mit Reifeüberschreitung

<b>% Energieabzug für Getreideganzpflanzensilagen</b>		
Tausendkornmasse* von > 35g	=	<b>3 %</b>
Tausendkornmasse* von > 40g	=	<b>5 %</b>

\* Die Reifeüberschreitung wird über die Bestimmung der Tausendkornmasse definiert oder sensorisch ermittelt.

## 4.2 Proteinbewertung

### 4.2.1 Nutzbares Rohprotein am Duodenum

Seit 1997 wird in Deutschland das "**Nutzbare Rohprotein am Duodenum**" (**nRP**) als Parameter zur Bewertung der Proteinversorgung für Wiederkäuer in der praktischen Rationsberechnung genutzt (GfE, 1997).

Das nRP ist sachlogisch die Summe aus "Mikrobenprotein" (**MP**) und "Unabgebautem Rohprotein" (**UDP**) (auch als Durchflussprotein bzw. bypass-Protein bezeichnet) am Dünndarm unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Energie. Aufgrund der Abhängigkeit beider Größen wird das nRP aber nicht partiell, sondern über Regressionsgleichungen kalkuliert.

In die Gleichungen gehen die Energiedichte (verdauliche organische Substanz oder umsetzbare Energie **ME**), die **Rohproteinkonzentration (RP)** und die Abbaubarkeit des Rohproteins (**% UDP am RP**) in den Vormägen ein. In Abhängigkeit des Fettgehaltes des Futtermittels bzw. der Ration werden folgende Gleichungen genutzt:

**Tabelle 13:** Gleichungen zur Ermittlung des nutzbaren Rohproteins (nRP)

<b>Nutzbares Rohprotein ( g nRP je kg Trockenmasse) bei &lt; 7 % Rohfett</b>	
=	$[11,93 - (6,82 * (\text{UDP} / 100))] * \text{ME} + 1,03 * \text{UDP} * \text{RP} / 100$
<b>Nutzbares Rohprotein ( g nRP je kg Trockenmasse) bei &gt; 7 % Rohfett</b>	
=	$[13,06 - (8,41 * (\text{UDP} / 100))] * (\text{ME} - \text{ME aus RFe}) + 1,03 * \text{UDP} * \text{RP} / 100$

**Legende:** **UDP** = Durchflussprotein (%), **RP** = Rohprotein (g/kg T), **ME** bzw. **ME aus RFe** = Umsetzbare Energie (MJ/kg T) bzw. Umsetzbare Energie aus Fett (MJ/kg T)



Zur direkten Bestimmung des nRP aus Futtermitteln sind bisher zwei Labormethoden (in vitro) in der Diskussion. Die Methode von Lebzien u. Zhao (1999) beruht auf dem Ansatz von **Tilly und Terry**. Der Vorteil besteht darin, dass für die Validierung der Methode Probenmaterial verwendet wurde, für das in vivo Werte aus Messungen am Duodenum vorlagen. Der Nachteil liegt darin, dass die Methode bisher nicht standardisiert ist.

Die Methode von Steingaß et al. (2001) beruht auf dem **Hohenheimer Futterwerttest**. Der Nachteil dieser Methode ist, dass für die Validierung der Methode Probenmaterial aus Nylonbag-Versuchen verwendet wurden. Der Vorteil besteht jedoch in der hohen Standardisierung dieses Tests. Aufgrund der noch bestehenden Unsicherheiten empfiehlt der Landesarbeitskreis weiterhin die regressive Berechnung nach den oben angegebenen Gleichungen.

#### 4.2.2 Ruminale Stickstoffbilanz

Die über die Gleichungen ermittelte Menge an nutzbarem Rohprotein in einem Futtermittel unterstellt, dass neben dem Durchflussprotein (UDP) ausreichend abgebauter Stickstoff zur Verfügung steht, um die verfügbare Futterenergiemenge vollständig zu Mikrobenprotein zu synthetisieren.

Dies ist nur der Fall, wenn die Ruminale Stickstoffbilanz eines Futtermittels (**RNB**) ausgeglichen ist. Die Bilanz wird wie folgt ermittelt:

**Tabelle 14:** Gleichung zur Ermittlung der ruminale N-Bilanz (RNB)

**Ruminale N-Bilanz ( g RNB je kg Trockenmasse )**

$$= \text{RP (g/kg T)} - \text{nRP (g/kg T)} / 6,25$$

#### 4.2.3 Anteil an in den Vormägen unabbaubaren Rohproteins (UDP)

##### Tabellenwerte

Die Umsetzbare Energie und das Rohprotein werden über laboranalytische Parameter ermittelt bzw. geschätzt (vgl. vorherige Textabschnitte). Bei der Ermittlung der Rohproteinabbaubarkeit von Einzelfuttermitteln wird gegenwärtig von der der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie empfohlen, auf Tabellenwerte zurückzugreifen.

**Tabelle 15:** Aktuell empfohlene Methode der GfE zur Ermittlung des UDP-Gehaltes

**Unabbaubares Rohprotein ( % UDP des Rohproteins )**

$$= \text{Tabellenwerte}^* \text{ in Anlehnung an die aktuelle DLG-Futterwerttabelle}$$

\*Für die wichtigsten Futtermittel wurden die in der Anhangstabelle aufgeführten UDP-Anteile ausgewählt

##### Labormethode

Tabellenwerte sind aufgrund der Variabilität der Proteinqualität im Einzelfuttermitteln und der Dynamik, welcher dieses Futtermittel in der Ration und letztlich im Tier unterworfen ist, sehr problematisch. Aufgrund dessen, wird seit Jahren nach einer kosten- und aufwandminimierten Routinemethode gesucht, um das UDP von Futtermitteln im Labor bestimmen zu können.

Die gegenwärtig diskutierten Referenz- bzw. Standardmethoden (Duodenalbrückenfistel, Nylon-Bag-Bilanznetze im Pansen), mit welchen es möglich ist, über Laborergebnisse geschätzte Proteinabbaubarkeiten zu validieren, sind sehr aufwändig und

kaum abrufbar. Aus diesem Grund ist die Plausibilität der Ergebnisse nachfolgend beschriebener Methode nicht sicher überprüfbar.

Im Rahmen des „Cornell net carbohydrate and protein system (CNCPS)“ der USA wurde die Rohproteinfraktionierung als chemische Methode zur Charakterisierung des Futterrohproteins und Schätzung des Durchflussproteingehaltes etabliert. Auf Grundlage verschiedener Untersuchungen entwickelte eine Arbeitsgruppe um SÜDEKUM (SHANNAK ET AL. (2000); KIRCHHOF ET.AL. (2006)) Schätzgleichungen. Über folgende Gleichungen wird mit Hilfe der verschiedenen Proteinfraktionen der Gehalt an UDP für drei ruminale Passageraten (2%, 5% und 8% h<sup>-1</sup>) kalkuliert.

**Tabelle 16:** Berechnung des UDP-Gehaltes für Konzentratfuttermittel (% des RP)

<b>UDP bei einer ruminalen Passagerate von 2 % je Stunde</b>
$\text{UDP}_2 = -243,576 + [-299,841 \times (\text{RP} / \text{NDF})] + [0,0028 \times (\text{RP} \times \text{B2})] + [-,0315 \times (\text{RP} \times \text{C})] + [0,0039 \times (\text{RP} \times (\text{A} + \text{B1}))] + [0,0002 \times (\text{RP} \times \text{C} \times \text{C})] + [-0,0017 (\text{NDF} \times \text{B1})] + [0,0036 \times (\text{B3} + \text{C}) \times \text{B2}]$
<b>UDP bei einer ruminalen Passagerate von 5 % je Stunde</b>
$\text{UDP}_5 = -189,682 + [-304,721 \times (\text{RP} / \text{NDF})] + [0,003 \times (\text{RP} \times \text{B2})] + [-0,0263 \times (\text{RP} \times \text{C})] + [0,0038 \times (\text{RP} \times (\text{A} + \text{B1}))] + [0,0002 \times (\text{RP} \times \text{C} \times \text{C})] + [-0,0022 (\text{NDF} \times \text{B1})] + [0,0038 \times (\text{B3} + \text{C}) \times \text{B2}]$
<b>UDP bei einer ruminalen Passagerate von 8 % je Stunde</b>
$\text{UDP}_8 = -98,633 + [-275,125 \times (\text{RP} / \text{NDF})] + [0,0028 \times (\text{RP} \times \text{B2})] + [-0,022 \times (\text{RP} \times \text{C})] + [0,0032 \times (\text{RP} \times (\text{A} + \text{B1}))] + [0,0002 \times (\text{RP} \times \text{C} \times \text{C})] + [-0,002 \times (\text{NDF} \times \text{B1})] + [0,0035 \times (\text{B3} + \text{C}) \times \text{B2}]$

\* UDP bei einer ruminalen Passagerate von 8%h<sup>-1</sup>

**Tabelle 17:** Berechnung des UDP-Gehaltes für Grobfuttermittel (Gras, Grassilage, Maissilage) (% des RP)

<b>UDP bei einer ruminalen Passagerate von 5 % je Stunde</b>
$\text{UDP}_5 = 321,9 + 0,17 \times \text{ADF} + (-0,0022 \times (\text{RP} \times (\text{A} + \text{B1}))) + 0,0001 \times \text{RP} \times \text{C}^2 / 10$
<b>UDP bei einer ruminalen Passagerate von 8 % je Stunde</b>
$\text{UDP}_8 = 285,5 + 1,21 \times \text{C} + 0,0005 \times \text{PNDF} \times \text{B2} + (-110,2 \times (\text{A} + \text{B1}) / \text{PNDF}) / 10$

Die Nutzung dieser Gleichungen setzt die laboranalytische Bestimmung folgender Parameter voraus:

- **RP** (Rohprotein) (g / kg TM)
- **PNDF** (Protein-Neutrale Detergenzfaser) (g / kg TM)
- Proteinfraktion **A** (NPN = Nicht-Protein-Stickstoff) (g / kg RP)
- Proteinfraktion **B1** (pufferlösliches Reinprotein) (g / kg RP)
- Proteinfraktion **B2** (pufferunlösliches Reinprotein) (g / kg RP)
- Proteinfraktion **B3** (zellwandgebundenes lösliches Reinprotein) (g / kg RP)
- Proteinfraktion **C** (zellwandgebundenes unlösliches Reinprotein) (g / kg RP)

In den letzten Jahren wurde im Freistaat Sachsen eine mögliche Nutzung dieser Methode getestet. Die Untersuchungen konnten auch zeigen, dass sich das so ermittelte UDP additiv verhält. Dies bedeutet, dass sich die UDP-Gehalte der Einzelfuttermittel

tel entsprechend ihrer Anteile in einer Futtermischung (Mischfutter, Mischration) widerspiegeln.

### 4.3 Bewertung der Futtermittelstruktur

Die Futtermittelstruktur ist die Summe von Eigenschaften eines Futtermittels, die durch dessen physikalische Form und den Gehalt an Gerüstsubstanzen bestimmt wird (HOFFMANN, 1983).

Strukturwirksamkeit ist nur gegeben, wenn Mindestanforderungen der physikalischen Form der Futtermittel eingehalten werden und eine ausreichende Menge an Strukturstoffen in der Ration vorhanden sind.

Als **Strukturstoffe** werden in der Tierernährung im Allgemeinen die Gerüstsubstanzen (Rohfaser bzw. NDF/ADF) verwendet.

Für die physikalische Form ist die **Teilchengrößenverteilung** (Partikelgröße) die wichtigste Kennzahl. Sie wird durch fraktionierte Siebung der luftgetrockneten Substanz der Komponenten oder / und der Mischration bestimmt.

#### 4.3.1 Bestimmung der Teilchengrößenverteilung

Da die Grobfuttermittel in den meisten Rationen die alleinigen Träger der Strukturwirksamkeit sind, ist die Beurteilung der Häcksellänge des Ausgangsmaterials von entscheidender Bedeutung für die Gewährleistung der Strukturwirksamkeit der Ration. Im Allgemeinen ist ein Kompromiss zwischen Anforderungen an die Siliertechnik (Verdichtung) und an die Fütterung (Strukturwirksamkeit der Ration) möglich.

Richtwerte der theoretischen Häcksellänge von **6 - 8 mm** (+ Cracker) bei Silomais, **20 - 40 mm** bei Gras und **5 - 15 mm** (+Cracker bzw. Reibeboden) bei Getreideganzpflanzen entsprechen den Anforderungen sowohl der Verdichtung beim Silieren als auch der Partikelgrößenverteilung in der Ration.

Beim Einsatz bestimmter Futtermischwagen, die durch ihre Technik zu einem hohen Vermesungsgrad führen, sowie bei Verwendung stark zerkleinernder Entnahmefräsen, kann es selbst bei ausreichender Rohfasermenge in der Silage zu Fütterungsschäden kommen. Deshalb ist die Probenahme zur Ermittlung der Teilchengrößenverteilung der Mischration grundsätzlich nach dem Austrag aus dem Mischwagen vom Futtertisch vorzunehmen.

Die Siebfraktionierung ist ein methodisch schwieriges Verfahren. Um reproduzierbare Werte zu erhalten, sollte sie unter standardisierten Bedingungen im Labor durchgeführt werden. Dabei sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Die Grundregeln für eine repräsentative Probenahme (vor allem bei Maissilagen: Stängelteile und Spindelscheiben beachten) sind einzuhalten.
- Der Probenumfang sollte 1,5 kg Frischmasse nicht unterschreiten.
- Die Proben sind zu trocknen (lufttrocken).
- Die Einzelprobe sollte mindestens 250 g luftgetrocknete Substanz beinhalten.
- Die Siebung muss mindestens 3 x wiederholt werden.
- Falls die Einzelergebnisse mehr als 25 % voneinander verschieden sind, muss die Siebung wiederholt werden.
- Die Schüttelmuster und -häufigkeiten sind, angepasst an die verwendeten Siebtypen festzulegen.
- Das Ergebnis der Siebung ist durch sensorische Begutachtung auf Plausibilität zu prüfen.

Für die Bewertung der Siebfractionen von ausgewählten Grundfuttermitteln bzw. Mischrationen werden folgende Bereiche festgelegt.

**Tabelle 18:** Optimalbereiche für Siebfractionen von Silagen und TMR für Rinder

Siebgröße Mm	Mindestanteil ( % der lufttrockenen Substanz)			
	TMR	Maissilage	Grassilage	Getreide-GPS
> 19	5 - 10	10 - 15	15 - 25	10 - 15
8 - 19	35 - 45	40 - 50	30 - 40	40 - 50
< 8	45 - 55	40 - 50	40 - 50	40 - 50

### 4.3.2 Ermittlung der strukturwirksamen Rohfaser

Eine Möglichkeit, die Futtermittelstruktur der Einzelkomponenten zu bestimmen, erfolgt auf der Grundlage des Gehaltes an strukturwirksamer Rohfaser (PIATKOWSKI, 1974 -1990; HOFFMANN et al. 1976-1992,2007). Der Gehalt an strukturwirksamer Rohfaser wird wie folgt bestimmt:

$$\text{Strukturwirksame Rohfaser} = \text{analytisch bestimmte Rohfaser} \times \text{Faktor f}$$

**Tabelle 19:** Faktoren zur Berechnung der "Strukturwirksamen Rohfaser"

Futtermittel	Faktor f
Silagen, Grünfutter, Heu, Stroh	1,00 <sup>1)</sup>
Trockengrünfutter, pelletiert	0,50
Baumwollsaat	0,30
Pressschnitzel, frisch oder siliert	0,25
Biertreber, frisch oder siliert	0,25
Lieschkolbenschrottilage (Mais)	0,25

<sup>1)</sup> für die wichtigsten Grobfuttermittelgruppen werden bei extremen Abweichungen der Partikelgrößenverteilung „Struktur-faktoren“ > 1,0 verwendet, z.B. bei Langstroh f = 1,5

### 4.3.3 Ermittlung des Strukturwertes

Eine weitere Möglichkeit, die Futtermittelstruktur zu bewerten, ist der Strukturwert (DE BRABANDER et al., 1999). Zur Abschätzung des Strukturwertes (SW) werden folgende Formeln empfohlen:

**Grassilage, Luzernesilage, Heu** (x 1,6):

$$SW = (0,0125 \cdot \text{Rohfaser (g / kg TM)}) - 0,2$$

Häcksellänge > 20 mm ohne Einfluss

**Maissilage, Getreide – GPS:**

$$SW = (0,0090 \cdot \text{Rohfaser (g / kg TM)}) - 0,1;$$

Häcksellänge < 6 mm Abschlag, > 6 mm Zuschlag von jeweils 2 % je mm Häcksellänge

**Konzentrate:**

$$\begin{aligned} \text{SW} = & 0,321 + (0,00098 * \text{Rohfaser (g / kg TM)}) \\ & + (0,00025 * \text{beständige Stärke (g / kg TM)}) \\ & - (0,00112 * (\text{Zucker (g / kg TM)})) \\ & + a * (\text{Stärke - beständige Stärke (g/kg TM)}) \\ a = & 0,9 - (1,3 * \text{Stärkebeständigkeit}) \end{aligned}$$

Der Strukturwert wird ohne Einheit je kg Trockensubstanz angegeben. Er ist für einige Futtermittel in „Kleiner Helfer für die Berechnung von Futterrationen“ (11. Auflage, DLG-Verlag 2005, POTTHAST, STAUDACHER) tabelliert.

#### **4.4 Bewertung der Beständigkeit der Stärke und der ruminalen Abbaugeschwindigkeit von Kohlenhydraten und Rohprotein**

Die Grenzen der traditionellen Futterbewertung werden insbesondere im Hochleistungsbereich deutlich. Eine uneingeschränkte Austauschbarkeit von Einzelfuttermitteln ist oft nicht mehr gegeben. Die Abbaugeschwindigkeit und -höhe und der Ort der Verdauung der Nährstoffe unterscheiden sich.

Aufgrund fehlender laboranalytischer Parameter bzw. Schätzgleichungen, welche die Dynamik der Wiederkäuerernährung beschreiben helfen, müssen die Futtermittel gegenwärtig teilweise über Tabellenwerte bewertet werden.

Um eine einheitliche Bewertung für die Beständigkeit der Stärke und der Abbaudynamik von Energie und Protein in den Vormägen der Wiederkäuer zu ermöglichen, sollten die in den Tabellen zusammengestellten Werte genutzt werden. Die Angaben stammen aus der DLG-Information 2/2001 "Struktur- und Kohlenhydratversorgung der Milchkuh".

Bei silierten Maisprodukten wurden die Werte dem aktuellen Kenntnisstand (PRIES, 2006) angepasst. Bei Vorliegen neuer wissenschaftlicher bzw. analytischer Kenntnisse wird der Landesarbeitskreis über die Vorgehensweise bei dieser Bewertung neu beraten.

#### **4.5 Bewertung der Vergärbarkeit von Futtermitteln**

Als Vergärbarkeit wird die auf Grund der chemischen Zusammensetzung des Futters vorhandene Siliereignung bezeichnet. Der **Zuckergehalt**, in diesem Zusammenhang als Summe der wasserlöslichen von Milchsäurebakterien nutzbaren Kohlenhydraten verstanden, ist der wichtigste Faktor für die Vergärbarkeit, da er das Substrat für die Milchsäurebildung und damit für die biologische Ansäuerung darstellt. Je nach dem Zuckergehalt sind die Futtermittel unterschiedlich gut für die Silierung geeignet.

Weitere wesentliche Merkmale für die Vergärbarkeit sind die **Pufferkapazität** und der TM-Gehalt des Siliergutes. Als Pufferkapazität wird das Verhalten von Inhaltsstoffen mit puffernder Wirkung (Rohprotein, basische Mineralstoffe) auf die Ansäuerung zusammengefasst. Sie wird in diesem Zusammenhang durch die erforderliche Milchsäuremenge in g/kg TM des Siliergutes definiert, die zur Ansäuerung auf pH-Wert 4,0 notwendig ist. In Abhängigkeit von der Pufferkapazität ist demnach eine unterschiedliche Milchsäure- und damit Zuckermenge erforderlich, um eine bestimmte Absenkung des pH-Wertes zu erreichen.

**Tabelle 20:** Beständigkeit und ruminalen Abbaugeschwindigkeit von Kohlenhydraten und Rohprotein aus Grobfuttermitteln

Futtermittel	Beständigkeit	Abbau geschwindigkeit Kohlenhydrate				Beständigkeit RP	Abbau geschwindigkeit Rohproteins			
	Stärke %	+	++	+++	++++	% UDP	+	++	+++	++++
Feldgras, 1. Schnitt	0			x		15			x	
Feldgras, Folgeaufwuchs	0		x			10			x	
Feldgrassilage, gut	0		x			15				x
Feldgrassilage, mittel	0	x				15				x
Futterraps	0		x			15			x	
GPS Gerste (50 % Korn)	10	x				20				x
GPS Weizen (50 % Korn)	10	x				15				x
Grassilage, 1. Schnitt jung	0		x			10				x
Grassilage, 1. Schnitt mittel	0		x			15				x
Grassilage, 1. Schnitt spät	0	x				15			x	
Grassilage, Folge jung	0		x			10				x
Grassilage, Folge mittel	0		x			15				x
Grassilage, Folge spät	0	x				15			x	
Grassilage, Spätschnitt	0	x				15			x	
Grünmais	23		x			25			x	
Kleegrasheu	0		x			20		x		
Luzernesilage	0		x			15			x	
Maissilage gut	10		x			25			x	
Rapssilage	0		x			15				x
Roggensilage	0		x			15				x
Rotkleegras jung	0		x			15			x	
Stoppelrüben	0			x		15				x
Stoppelrübensilage	0			x		15				x
Weide 1. Aufwuchs jung	0		x			10			x	
Weide 1. Aufwuchs mittel	0		x			15			x	
Weide 1. Aufwuchs älter	0			x		15				x
Weide Folgeaufwuchs jung	0		x			10			x	
Weide Folgeaufwuchs mittel	0		x			10			x	
Weide Folgeaufwuchs älter	0		x			15			x	
Weißklee Blüte	0			x		20			x	
Weizenstroh	0	x				45		x		
Wiesenheu, gut	0		x			20			x	
Wiesenheu, mittel	0	x				20		x		
Wiesenheu, überständig	0	x				20		x		
Zuckerrübenblattsilage	0		x			15				x

**Tabelle 21:** Beständigkeit und ruminalen Abbaugeschwindigkeit von Kohlenhydraten und Rohprotein aus Konzentraten

Futtermittel	Beständigkeit Stärke %	Abbaugeschwindigkeit Kohlenhydrate				Beständigkeit RP % UDP	Abbaugeschwindigkeit Rohproteins			
		+	++	+++	++++		+	++	+++	++++
Ackerbohnen	20				x	15				x
Biertreber	10		x			40			x	
Biertreibersilage	10		x			40			x	
CCM / Feuchtmais	25	x				35		x		
Citrustrester	0				x	25			x	
Erbsen	24				x	15				x
Gehaltrüben	0			x		20				x
Gerste	15				x	25			x	
Hafer	10				x	15			x	
Kartoffel	30		x			20		x		
Kartoffelpülpe	25		x			25		x		
Kartoffelschlempe	20			x		30			x	
Kokosexpeller	0		x			55	x			
Leinextraktions-schrot	10			x		30			x	
Lupinen, gelb	10			x		20				x
Mais	42	x				50	x			
Maiskleberfutter	21			x		25		x		
Maiskleberfuttersilage	10			x		25			x	
Melasse	0				x	20				x
Melasseschnitzel	0				x	30				x
Palmkernexpeller	0		x			50	x			
Pressschnitzelsilage	0			x		30		x		
Rapsextraktions-schrot	10		x			25			x	
Rapskuchen	10		x			30			x	
Rapssaar	10		x			20			x	
Roggen	15				x	15			x	
Sojabohnenschalen	10		x			15			x	
Sojaextraktions-schrot	10			x		35			x	
Sonnenblumenex-schrot	0		x			35			x	
Tapioka	15				x	30		x		
Triticale	15				x	15			x	
Weizen	15				x	20			x	
Weizenkleie	10		x			25			x	
Weizenschlempe	15			x		35			x	
Zuckerrüben	0			x		20				x

Der Trockenmassegehalt ist für die Vergärbarkeit bedeutsam, weil von ihm die Zellsaftkonzentration und damit die osmotischen Bedingungen bzw. die Wasseraktivität für die Fermentation abhängen. Der kritische pH-Wert gibt die Aciditätsgrenze für die sichere Verhinderung des Wachstums der Clostridien in Abhängigkeit vom TM - Gehalt an. WEISSBACH et al. (1974) haben einen **Mindestrockensubstanzgehalt** ( $TM_{\min}$ ) definiert und dafür die Gleichung  $TM_{\min} = 450 - 80 \times Z / PK$  ermittelt.

In Abhängigkeit verschiedener Einflussfaktoren besteht dabei ein gewisser Unzuverlässigkeitsbereich. Der  $TM_{\min}$  gibt die obere Grenze des Unsicherheitsbereiches für die Erzeugung buttersäurefreier Silagen bei sorgfältiger Silierung an.

Zur Bewertung der Vergärbarkeit von Siliergütern formulierten Schmidt u.a. (1971) einen **Vergärbarkeitskoeffizient** ( $VK = \% TM + 8 \times Z / PK$ -Quotient) als Kriterium für buttersäurefreie Silagen. Bei Vergärbarkeitskoeffizienten von über 45, mindestens 0,5 g Nitrat je kg TM und über  $10^5$  Milchsäurebakterien je g Siliergut können mit großer Sicherheit buttersäurefreie Silagen erzeugt werden (WEISSBACH UND HONIG 1996).

Für die Siliereignung der Futtermittel spielen auch die **epiphytische Ausgangskeimflora** und der **Nitratgehalt** eine Rolle. Das aus dem Nitrat bei der Vergärung entstehende Nitrit ist ein Inhibitor für die Buttersäuregärung. Deshalb werden gewisse Nitratgehalte des Siliergutes von  $> 3$  g je kg TM für die sichere Erzeugung buttersäurefreier Silagen als notwendig erachtet.

#### 4.6 Bewertung der Gärqualität von Silagen

Zur Beurteilung der Gärqualität von Futtermitteln ist aufgrund wissenschaftlicher Untersuchungen ein Bewertungsschlüssel (DLG, 2006) erarbeitet worden. Nachfolgende Absätze sind dem publizierten Gärsschlüssel der DLG 2006 zum Teil wörtlich entnommen worden.

Die Gärqualität ist nur eine Teilqualität. Weitere Parameter, die den Futterwert einer Silage kennzeichnen, ist deren Energie- und Nährstoffgehalt, die Akzeptanz (Futteraufnahme) durch die landwirtschaftlichen Nutztiere und die Haltbarkeit nach der Entnahme aus dem Silo (aerobe Stabilität).

Basis der Bewertung der Gärqualität sind chemische Untersuchungsbefunde der Silagen. Der Schlüssel gilt für alle Gärungssilagen. Zur Bewertung werden Merkmale des Gärungsverlaufes und Nährstoffabbaues im Silo herangezogen, die sich chemisch analytisch in der Silage nachweisen lassen.

Wie umfangreiche Untersuchungen in neuerer Zeit an der Humboldt-Universität in Berlin gezeigt haben, lässt sich die Gärqualität zuverlässig und differenziert im Wesentlichen aus den Gehalten und dem gegenseitigen Verhältnis von Buttersäure und Essigsäure ableiten. Die Einbeziehung des pH-Wertes gibt zwar meistens einen zusätzlichen Anhaltspunkt, ob bzw. wie stark eine Säuerung stattgefunden hat, die Gewichtung wurde jedoch im Vergleich zu früher vermindert.

Auf die bisherige zusätzliche Heranziehung des Ammoniakstickstoffanteils am Gesamtstickstoff kann künftig für diese Bewertung der Gärqualität verzichtet werden, da die damit bezweckte Anzeigewirkung über das Ausmaß des Proteinabbaus bereits hinreichend über den Gehalt an Buttersäure erfasst wird. Nachfolgend wird die neue Bewertung vorgestellt.



Der Buttersäuregehalt und Essigsäuregehalt, sowie der pH-Wert werden durch Punktzahlen einzeln bewertet. Aus der Gesamtpunktzahl wird ein zusammenfassendes Urteil abgeleitet. Die Bewertung gilt für futterhygienisch einwandfreie Silagen (nicht verschimmelt, nicht verschmutzt oder verdorben).

#### 4.6.1. Tabellarisches Bewertungsschema nach DLG-Schlüssel

**Tabelle 22:** Beurteilung des Buttersäure- und Essigsäuregehaltes (DLG-Schlüssel)

Buttersäuregehalt (C <sub>4</sub> bis C <sub>6</sub> )		Essigsäuregehalt (C <sub>2</sub> bis C <sub>4</sub> )	
BS in % der TM	Punkte	ES in % der TM	Punkte
0 – 0,3	90	≤ 3	0
> 0,3 – 0,4	81	> 3 – 3,5	-10
> 0,4 – 0,7	72	> 3,5 – 4,5	-20
> 0,7 – 1,0	63	> 4,5 – 5,5	-30
> 1,0 – 1,3	54	> 5,5 – 6,5	-40
> 1,3 – 1,6	45	> 6,5 – 7,5	-50
> 1,6 – 1,9	36	> 7,5 – 8,5	-60
> 1,9 – 2,6	27	> 8,5	-70
> 2,6 – 3,6	18		
> 3,6 – 5,0	9		
> 5,0	0		

**Tabelle 23:** Berücksichtigung des pH-Wertes (DLG-Schlüssel)

< 30 % TM		30 – 45 % TM		> 45 % TM	
pH-Wert	Punkte	pH-Wert	Punkte	pH-Wert	Punkte
≤ 4,0	10	≤ 4,5	10	≤ 5,0	10
> 4,0 - 4,3	5	> 4,5 – 4,8	5	> 5,0 – 5,3	5
> 4,3 - 4,6	0	> 4,8	0	> 5,3	0
> 4,6	-5				

**Tabelle 24:** Bewertungsschema zur Gärqualität nach DLG-Schlüssel

Gesamtpunktzahl (Summe 1. und 2)	Gärqualität	
	Note	Urteil
100 - 90	1	<i>sehr gut</i>
89 - 72	2	<i>gut</i>
71 - 52	3	<i>verbesserungsbedürftig</i>
51 - 30	4	<i>schlecht</i>
< 30	5	<i>sehr schlecht</i>

#### 4.6.2 Ermittlung der Punktzahl über Regressionsgleichungen

Für die Auswertung von Untersuchungsergebnissen mittels Computer wird empfohlen, die Punktzahlen (PZ) über die folgenden Gleichungen zu ermitteln.

**Tabelle 25:** Gleichungen zur Ermittlung der Punktzahlen im aktuellen DLG-Schlüssel

<b>Punktzahl für Buttersäuregehalt</b>		
$PZ = -29,985 \ln(x) + 53,982; x = \text{Buttersäuregehalt}$ (Geltungsbereich auf PZ = 0...90)		
<b>Punktzahl für Essigsäuregehalt</b>		
$PZ = -59,158 \ln(x) + 63,256 \quad x = \text{Essigsäure}$ (Geltungsbereich auf PZ = 0... - 70 )		
<b>Punktzahl für pH-Wert</b>		
<b>≤ 30 % Trockenmasse</b>		
≤ 4,0	10 Punkte	
> 4,0 – 4,6	$PZ = 186,9 + 4,827 x^2 - 63,645 x$	
> 4,6	- 5 Punkte	
<b>&gt; 30 – 45 % Trockenmasse</b>		
≤ 4,5	10 Punkte	
> 4,5 – 4,8	$PZ = 658,2 + 23,81 x^2 - 251,19 x$	
> 4,8	0 Punkte	
<b>&gt; 45 % Trockenmasse</b>		
≤ 5,0	10 Punkte	
> 5,0 – 5,3	$PZ = 789,76 + 23,81 x^2 - 275 x$	
> 5,3	0 Punkte	

Alle Angaben im Beurteilungsschlüssel betreffen den auf flüchtige Bestandteile von Silagen (Säuren, Alkohole, Ammoniak) korrigierten Trockensubstanzgehalt, und zwar sowohl die Angaben für den Trockensubstanzgehalt selbst als auch die auf die Trockensubstanz bezogenen Konzentrationsangaben für die Säuren.

Bei einer Verwendung von Analysenergebnissen ohne die Korrekturen des TM-Gehaltes bzw. des Gesamt-N-Gehaltes ergeben sich im Falle guter Gärqualität nur geringfügige Abweichungen vom korrekten Beurteilungsergebnis. Silagen mit Mängeln der Gärqualität werden ohne diese Korrekturen der Analysenwerte härter bewertet. Dieser Bewertungsschlüssel löst den bisher angewandten DLG-Bewertungsschlüssel nach Weißbach und Honig (1993) ab.

Es ist zu beachten, dass die Gärqualität nur einen Teilaspekt der Silagequalität erfasst. Die dargestellte Bewertung anhand des ermittelten Buttersäure- und Essigsäuregehaltes sowie des pH-Wertes sollte immer ergänzt werden durch eine sensorische Bewertung. Dies dient sowohl der Plausibilitätsprüfung als auch dem Erkennen durch die chemische Analyse nicht erfasster aber möglicherweise vorhandener hygienischer Mängel wie Schimmelbefall, Hitzeschädigung oder bakterielle Zersetzung (Verrottung).

Weiterhin wäre eine Beurteilung der Haltbarkeit von Silagen nach der Entnahme (aerobe Stabilität) wünschenswert, wofür aber zurzeit noch Empfehlungen fehlen.

#### 4.6.3 Sensorische Bewertung der Gärsäuren

Da der Gärsäuregehalt von Silagen Grundlage für die Gärqualitätsbeurteilung ist, aber nicht alle Untersuchungseinrichtungen über die notwendige Analysetechnik verfügen, kann über eine sensorische Befundung der Gerüche folgende grobe Schätzung vorgenommen werden. Auf die Anwendung dieser Methode zur Bewertung der Gärqualität muss auf dem Untersuchungsattest gesondert hingewiesen werden.

**Tabelle 26:** Beurteilung des Buttersäuregehaltes über Sensorik

Sensorischer Befund	entspricht der Punktzahl nach DLG-Schlüssel	ca. Gehaltsbereich in % der TM
kein Buttersäuregeruch	<b>90</b>	< 0,3
leichter Buttersäuregeruch	<b>45</b>	0,3 – 2,6
starker Buttersäuregeruch	<b>12</b>	2,6 – 5,0
sehr starker Buttersäuregeruch	<b>0</b>	> 5

**Tabelle 27:** Beurteilung des Essigsäuregehaltes über Sensorik

<i>Sensorischer Befund</i>	entspricht der Punktzahl nach DLG-Schlüssel	ca. Gehaltsbereich in % der TM
kein Essigsäuregeruch	<b>0</b>	< 3
schwacher Essigsäuregeruch	<b>-20</b>	3 - 5,5
stechender Essigsäuregeruch	<b>-50</b>	5,5 - 8,5
stark stechender Essigsäuregeruch	<b>-70</b>	> 8,5

#### 4.6.4 Veränderung der Rohproteinfraktion durch die Konservierung

Mit der Bewertung der Proteinqualität von Silagen soll die **analytisch nachweisbare** Veränderung der Proteinqualität durch die Konservierung von Grundfuttermitteln kenntlich gemacht werden.

Die Angaben dienen sowohl als Indikatoren für den Konservierverlauf als auch als Hinweis für die Anreicherung der Silage mit toxischen Metaboliten des mikrobiellen Proteinabbaus bzw. -verderbs sowie der Proteinschädigung durch Heißvergärung bei intensiver Nährstoffveratmung.

**Tabelle 28:** Rohproteinabbau im Silo über Ammoniak bzw. Sensorik

Grad des Abbaus	Ammoniak-N am Rohprotein-N in %	Sensorischer Befund
sehr gering	<b>&lt; 10</b>	<i>kein Ammoniakgeruch wahrnehmbar</i>
gering	<b>10 ... 18</b>	<i>Ammoniakgeruch schwach wahrnehmbar</i>
deutlich	<b>19 ... 26</b>	<i>Ammoniakgeruch deutlich wahrnehmbar</i>
Stark	<b>&gt; 26</b>	<i>Ammoniakgeruch sehr stark wahrnehmbar</i>

**Tabelle 29:** Hitzeschädigung durch Heißvergärung über pepsinunlösliches Rohprotein bzw. Sensorik

Grad der Schädigung	pepsinunlösliches RP am Rohprotein in %	Sensorischer Befund
keine	< 25	kein Röstgeruch wahrnehmbar / arteigene Färbung
gering	25 ... 35	Röstgeruch wahrnehmbar / bräunliche nicht arteigene Färbung
deutlich	36 ... 50	Röstgeruch wahrnehmbar / braune nicht arteigene Farbe
stark	> 50	stark röst- bis kaffeeartiger Geruch / dunkelbraune nicht arteigene Farbe

Bei Wahrnehmung von starkem Röstgeruch wird die analytische Bestimmung des Anteils an pepsinunlöslichem Rohprotein empfohlen. Wenn der Ammoniakgehalt bzw. der Anteil pepsinunlöslichen Rohproteins nicht analytisch ermittelt werden, können **sensorische Befunde** Hinweise auf die Veränderung der Rohproteinfraktion durch die Konservierung geben.

#### 4.7 Bewertung von Parametern der Futtermittelhygiene

Die hygienische Beschaffenheit des Futters wird bestimmt durch

- das Ausmaß von **Verunreinigungen / Verschmutzungen / Kontaminationen** (z.B. mit Erde, Schmutz, Schlamm, Schwermetallen ...),
- den Grad der **Verderbnis**, d.h. den Besatz mit Mikroorganismen (*Hefen, Bakterien, Pilzen*) bzw. deren Stoffwechselprodukten (z.B. *Endotoxine, Mykotoxine*),
- den Befall mit **Vorratsschädlingen** wie Motten, Käfern, Milben und ihren Ausscheidungen und
- das Vorhandensein von **Exkrementen verschiedener Wirbeltiere** (z.B. *Schadnager, Vögel, Katzen, Hunde*) einschließlich deren Körperteile bzw. Kadaver.

##### 4.7.1 Sensorische Voruntersuchung

Bei jeder Untersuchung sollte die hygienische Beschaffenheit von Futtermitteln zuerst mit Hilfe der sensorischen Prüfung (sichtbare Verderbnisanzeichen, Wringtest, Erwärmung, Farbveränderung, Partikelgröße, Verunreinigungen verschiedener Art, abartiger Geruch, Verklumpungen ...) überprüft werden. Diese Untersuchungen können durch eine Futtermittelmikroskopie unterstützt werden.

Sensorische Befunde, welche futtermittelhygienische Abweichungen erkennen lassen, müssen auf den Attesten dokumentiert werden und sollen zwingend zu einer laboranalytischen Kontrolle oder zum sofortigen Fütterungsverbot führen.

In den Anhangstabellen 1 bis 4 sind die sensorischen Einzelbefunde sowie Empfehlungen für Punktabzüge bei der Bewertung von Silage-, Grünfutter- und Heu- bzw. Trockengrünproben dargestellt. Die Einzelbefunde können nach dem in der Tabelle zusammengestellten Schlüssel über eine Gesamtnote bewertet werden.

**Tabelle 30:** Schlüssel zur Bewertung sensorischer Befunde (*Gesamtpunktzahl* = 100 minus *Punktabzug lt. Anhangstabellen 1 – 4*)

Gesamtpunktzahl	Sensorische Qualität	
	Note	Urteil
91 ...100	1	<i>sehr gut</i>
71 ...90	2	<i>gut</i>
51 ...70	3	<i>mäßig</i>
31 ...50	4	<i>schlecht</i>
< 30	5	<i>sehr schlecht</i>

Die sensorischen Befunde charakterisieren den aktuellen Zustand des Futtermittels. Die Ergebnisse müssen schriftlich formuliert und sollen in die Gesamtbewertung der Qualität des Futtermittels einbezogen werden.

#### 4.7.2 Auffällige Laborbefunde

Hygienischen Probleme können auch durch auffällige Abweichung der folgenden Laborparameter bei der routinemäßigen Futterwertkontrolle von Futtermitteln angezeigt werden:

- deutliche Reduzierung der Trockenmassegehalte während der Lagerung bzw. Konservierung
- deutliche Reduzierung der Nährstoffdichte während der Lagerung bzw. Konservierung
- erhöhter Rohaschegehalt eines Futtermittels über 20 % des Mittelwertes (Labormittelwert, Tabellenwert ...)
- schlechter Konserviererfolg von Silagen
- abnorme pH-Werte lagernder bzw. siliierter Futtermittel

In diesen Fällen sind weitere Untersuchungen zur Beurteilung des hygienischen Status der Futtermittel angezeigt.

#### 4.7.3. Mikrobiologische Qualität

Der VDLUFA-Arbeitskreis „Futtermittelmikrobiologie“ hat in Zusammenarbeit mit der Europäischen Organisation für Futtermittelmikrobiologie eine einheitliche Beurteilung der mikrobiologischen Beschaffenheit von den geläufigsten Einzel- und Mischfuttermitteln vorgeschlagen.

Gegenwärtig erarbeitet der Arbeitskreis Futtermittelmikrobiologie des VDLUFA mikrobiologische Orientierungswerte für Gras- und Maissilagen. Neben den Gesamtkeimgehalten findet der spezifische Mikrobenbesatz, differenziert nach 19 verschiedenen produkttypischen bzw. verderbanzeigenden Indikatorkeimen, die zu jeweils 7 Keimgruppen zusammengefasst sind (siehe nachfolgende Tabelle), Berücksichtigung.

**Tabelle 31:** Indikatorkeime in Futtermitteln und ihre Eingruppierung

Gruppe	Bedeutung	Keimgruppe	Indikatorkeime	Nr.
Aerobe mesophile Bakterien	produkttypisch	KG 1	Gelbkeime	1
			Pseudomonas / Enterobacteriaceae	2
			sonstige produkttypische Bakterien	3
	verderbanzeigend	KG 2	Bacillus (außer probiotische Spezies)	4
			Staphylokokken / Mikrokokken	5
verderbanzeigend	KG 3	Streptomyceten	6	
Schimmel- und Schwärze-Pilze	produkttypisch	KG 4	Schwärzepilze (Alternaria, Cladospor...)	7
			Verticillium	8
			Acremonium	9
			Fusarium	10
			Aureobasidium	11
	verderbanzeigend	KG 5	sonstige produkttypische Pilze	12
			Aspergillus	13
			Penicillium	14
			Scopulariopsis	15
	verderbanzeigend	KG 6	Wallemia	16
sonstige verderbanzeigende Pilze			17	
verderbanzeigend	KG 6	Mucorales (Rhizopus, Mucor, Absidia...)	18	
Hefen	verderbanzeigend	KG 7	alle Gattungen (außer probiotische Spezies)	19

Für diese 7 Keimgruppen (KG) gelten die folgenden Orientierungswerte für Keimgehalte. Diese Werte beschreiben die Obergrenzen für Futtermittel mit normaler Beschaffenheit und Unverdorbenheit.

**Tabelle 32:** Orientierungswerte für den Gesamtkeimgehalt in Mischfuttermitteln

Keimgruppe	KG 1	KG 2	KG 3	KG 4	KG 5	KG 6	KG 7
Keimgehalte (KBE/g) <sup>1)</sup>	x 10 <sup>6</sup>	x 10 <sup>6</sup>	x 10 <sup>6</sup>	x 10 <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup>
Milchaustauschfutter	0,5	0,1	0,01	5	5	1	10
Eiweißkonzentrate	1	1	0,05	10	20	1	30
Mehlförm. MF (Kälber) <sup>2)</sup>	2	0,5	0,1	30	20	5	50
Mehlförm. MF (Milchkühe, Zucht-, Mastrinder) <sup>2)</sup>	10	1	0,1	50	50	5	80
Pelletiertes MF (Kälber) <sup>2)</sup>	0,5	0,5	0,05	5	5	1	5
Pelletiertes MF (Milchkühe, Zucht-, Mastrinder) <sup>2)</sup>	1	0,5	0,05	5	10	1	5

<sup>1)</sup> Grenzwerte für den Gehalt an koloniebildenden Einheiten (KBE) für Keimzahlstufe I

<sup>2)</sup> MF = Mischfutter

**Tabelle 33:** Orientierungswerte für den Gesamtkeimgehalt in Einzelfuttermitteln

Keimgruppe	KG 1	KG 2	KG 3	KG 4	KG 5	KG 6	KG 7
Keimgehalte (KBE/g) <sup>1)</sup>	x 10 <sup>6</sup>	x 10 <sup>6</sup>	x 10 <sup>6</sup>	x 10 <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup>	x 10 <sup>3</sup>
Milchnebenprodukte, getr.	0,1	0,01	0,01	1	1	1	1
Extraktionsschrote	1	1	0,1	10	20	1	30
Ölkuchen	1	1	0,1	10	20	2	30
Nachmehle, Grießkleien	5	1	0,1	50	30	2	50
Kleien (Weizen, Roggen)	8	1	0,1	50	50	2	80
Mais	5	1	0,1	40	30	2	50
Weizen, Roggen	5	1	0,1	50	30	2	50
Gerste	8	1	0,1	60	30	2	50
Hafer	15	1	0,1	70	30	2	50
Heu	30	2	0,15	200	100	5	150
Stroh	100	2	0,15	200	100	5	400
Malzkeime, lose	200	1	0,1	15	20	5	500
Malzkeime, gepresst	6	0,1	0,02	1	2	1	30

<sup>1)</sup> Grenzwerte für den Gehalt an koloniebildenden Einheiten (KBE) für Keimzahlstufe I

<sup>2)</sup> MF = Mischfutter

Bis zur angegebenen Höhe dieser Orientierungswerte wird eine Einstufung in Keimzahlstufe I vorgenommen, d.h. die Keimspektren lassen keine mikrobiologisch bedingten Qualitätsminderungen erkennen. Sie sind als normal beschaffen und produkttypisch anzusehen, kennzeichnen also einen einwandfreien Frischezustand im Sinne der handelsüblichen hygienischen Beschaffenheit des Futtermittels.

**Tabelle 34:** Keimzahlstufenzuordnung

Keimzahlstufe I	Einhaltung der festgelegten Orientierungswerte
Keimzahlstufe II	Orientierungswerte werden um das 5-Fache überschritten
Keimzahlstufe III	Orientierungswerte werden um das 10-Fache überschritten
Keimzahlstufe IV	Orientierungswerte werden um das > 10-Fache überschritten

Überschreiten eine oder mehrere Keimgruppen die Orientierungswerte um das bis zu 5-fache, erfolgt, mit Ausnahmen (siehe nachfolgende Tabelle) die Zuordnung zur **Keimzahlstufe II**. In diesem Fall sind die Keimgehalte an aeroben mesophilen Bakterien, Schimmel- und Schwärzepilzen bzw. Hefen als leicht erhöht bis erhöht zu bewerten.

Leichte Verschiebungen von produkttypischer Flora hin zu verderbanzeigenden Spezies sprechen für beginnende Verderberscheinungen und verminderten Frischegrad des Futtermittels. Für bestimmte Tierarten ist bereits ein geringes Risiko bei der Verfütterung solcher Futtermittel gegeben.

**Tabelle 35:** Ausnahmen für die Zuordnung in Keimzahlstufe II ausgewählter Futtermittel<sup>1)</sup>

	Keimgruppe	Keimzahlstufe I	Keimzahlstufe II	Faktor
Kleien	KG 1	8 x 10 <sup>6</sup> /g	≤ 25 x 10 <sup>6</sup> /g	3,125
	KG 7	80 x 10 <sup>3</sup> /g	≤ 250 x 10 <sup>3</sup> /g	3,125
Gerste	KG 4	60 x 10 <sup>3</sup> /g	≤ 250 x 10 <sup>3</sup> /g	4,166
Hafer	KG 1	15 x 10 <sup>6</sup> /g	≤ 50 x 10 <sup>6</sup> /g	3,333
	KG 4	70 x 10 <sup>3</sup> /g	≤ 250 x 10 <sup>3</sup> /g	3,571
Mehlförm. MF für Milchkühe, Zucht-, Mastrinder	KG 1	10 x 10 <sup>6</sup> /g	≤ 25 x 10 <sup>6</sup> /g	2,500
	KG 7	80 x 10 <sup>3</sup> /g	≤ 250 x 10 <sup>3</sup> /g	3,125
Pelletiertes MF für Milchkühe, Zucht-, Mastrinder	KG 5	10 x 10 <sup>3</sup> /g	≤ 25 x 10 <sup>3</sup> /g	2,500

<sup>1)</sup> Für die angegebenen Futtermittel liegen die Orientierungswerte relativ hoch, so dass in diesen Fällen das 5-Fache als Limit für die Zuordnung zu Keimzahlstufe II nicht anwendbar ist.

Bei einer >5- bis 10-fachen Überschreitung eines Orientierungswertes gilt die **Keimzahlstufe III**. Das vorliegende Mikroorganismenspektrum kann bereits auf eine typisch verderbnisanzeigende Flora hindeuten. Die mikrobiologische Qualität ist demzufolge maßgeblich herabgesetzt. Brauchbarkeit und Futterwert sind je nach Tierart möglicherweise herabgesetzt. Das zahlenmäßig starke Auftreten von bestimmten Indikatorkeimen kann auf eine mögliche Toxinbildung hinweisen.

**Keimstufe IV** kommt bei einer mehr als 10-fachen Überschreitung der Orientierungswerte zur Anwendung. Die Keimgehalte sind stark überhöht und deuten auf einen fortgeschrittenen Futtermittelverderb hin. Das Keimspektrum ist als typisch verderbanzeigend und charakteristisch für bereits abgelaufene Verderbnisprozesse zu bewerten.

Eine Unverdorbenheit nach allgemeiner Verkehrsauffassung ist nicht mehr gegeben. Von einer Verfütterung wird abgeraten. Eine fallbezogene Risikoanalyse ist unter Einbeziehung weiterer Untersuchungsparameter vorzunehmen. Mit Hilfe dieser Bewertungsgrundlage wird die hygienische Beschaffenheit eines Futtermittels über vier mikrobiologischen Qualitätsstufen bewertet.

**Tabelle 36:** Mikrobiologischen Qualitätsstufen aus den Keimzahlstufen der einzelnen KG

Qualitätsstufe	I	II	III	IV
Keimzahlstufe I	alle 7 KG	≥ 1 KG	≥ 1 KG	≥ 1 KG
Keimzahlstufe II				
Keimzahlstufe III				
Keimzahlstufe IV				
Qualität	normal	geringgradig oder mäßig herabgesetzt	herabgesetzt oder deutlich herabgesetzt	Unverdorbenheit nicht gegeben



#### 4.7.4 Mykotoxikologische Befunde

Durch die Aktivität von Mikroorganismen können sich in den Futtermitteln bereits auf dem Feld bzw. in den Lagerstätten Schadstoffe anreichern. Eine besondere Gefahr für Gesundheit und Leistungsfähigkeit aller landwirtschaftlichen Nutztiere geht dabei von den Mykotoxinen aus, die von zahlreichen Schimmelpilzarten gebildet werden können.

Aus diesem Grund kommt der Kontrolle spezifischer Mykotoxingehalte eine erstrangige Rolle zu. Seit August 2006 gibt es eine EU-Empfehlung für Höchstgehalte von Mykotoxinen in Futtermitteln (2006/576/EG). In nachfolgender Tabelle sind die Richtwerte für Wiederkäuer aufgeführt. TMR-Mischungen gehören in dieser Tabelle zu den Alleinfuttermitteln.

**Tabelle 37:** Richtwerte gemäß EU-Empfehlung 2006/576/EG

Mykotoxin	Zur Fütterung bestimmte Erzeugnisse	mg / kg bei 88 % TM
<b>Deoxynivalenol</b>	Futtermittelausgangserzeugnisse (*)	
	• Getreide / Getreideerzeugnisse (**) außer	<b>8</b>
	• Maisnebenprodukte	<b>12</b>
<b>Zearalenon</b>	Ergänzungs- und Alleinfuttermittel außer:	<b>5</b>
	• Ergänzungs- / Alleinfuttermittel für Kälber (< 4 Monate),	<b>2</b>
<b>Ochratoxin A</b>	Futtermittelausgangserzeugnisse (*)	
	• Getreide und Getreideerzeugnisse (**) außer	<b>2</b>
	• Maisnebenprodukte	<b>3</b>
<b>Fumonisin B1 + B2</b>	Ergänzungs- / Alleinfuttermittel für Kälber, Milchkühe	<b>0,5</b>
	Futtermittelausgangserzeugnisse (*)	
<b>Fumonisin B1 + B2</b>	• Getreide und Getreideerzeugnisse (**)	<b>0,25</b>
	Futtermittelausgangserzeugnisse (*)	
	• Mais und Maiserzeugnisse (***)	<b>60</b>
<b>Fumonisin B1 + B2</b>	Ergänzungs- / Alleinfuttermittel für:	
	• Kälber (< 4 Monate)	<b>20</b>
	• Wiederkäuer (> 4 Monate)	<b>50</b>

(\*) Bei Getreide und Getreideerzeugnissen, die unmittelbar an Tiere verfüttert werden, ist auf Folgendes zu achten: Ihre Verwendung in einer Tagesration sollte nicht dazu führen, dass das Tier einer höheren Menge an diesen Mykotoxinen ausgesetzt ist als bei einer entsprechenden Exposition, wenn in einer Tagesration nur die Alleinfuttermittel verwendet werden.

(\*\*) Der Begriff „Getreide und Getreideerzeugnisse“ umfasst nicht nur die unter der Überschrift 1 „Getreidekörner, deren Erzeugnisse und Nebenerzeugnisse“ des nicht ausschließlichen Verzeichnisses der wichtigsten Futtermittel-Ausgangserzeugnisse in Teil B des Anhangs zur Richtlinie 96/25/EG des Rates vom 29. April 1996 über den Verkehr mit Futtermittelausgangserzeugnissen (ABl. L 125 vom 23.5.1996, S. 35) aufgeführten Futtermittelausgangserzeugnisse, sondern auch andere aus Getreide gewonnene Futtermittelausgangserzeugnisse, vor allem Getreidegrünfütter und -raufütter.

(\*\*\*) Der Begriff „Mais und Maiserzeugnisse“ umfasst nicht nur die aus Mais gewonnenen Futtermittelausgangserzeugnisse, die unter der Überschrift 1 „Getreidekörner,

deren Erzeugnisse und Nebenerzeugnisse“ des nicht ausschließlichen Verzeichnisses der wichtigsten Futtermittelausgangserzeugnisse in Teil B des Anhangs zur Richtlinie 96/25/EG aufgeführt sind, sondern auch andere aus Mais gewonnene Futtermittelausgangserzeugnisse, vor allem Maisgrünfutter und -raufutter.

#### 4.7.5 Futtermittelrechtliche Regelungen

Das Futtermittelrecht wird ständig aktualisiert.

Es ist für jede Person, welche mit Futtermitteln umgeht, zwingend notwendig, sich regelmäßig mit der aktuellen Rechtsprechung zu befassen.

Zum Schutz von Mensch und Tier sind im Futtermittelrecht von EU bzw. BRD verbotene Stoffe und Höchstgehalte für verschiedene unerwünschte Stoffe im Futter landwirtschaftlicher Nutztiere festgeschrieben. Für die Laborkontrolle existieren amtliche Methoden.

Nachfolgend wird nur die Liste der unerwünschten bzw. verbotenen Stoffe des aktuellen Futtermittelrechts abgedruckt. Die festgelegten Höchstgehalte sind der deutschen Futtermittel-Verordnung (FMV) oder den Richtlinien der EU zu entnehmen.

- **Unerwünschte Stoffe:** Aflatoxin B1, Arsen, Blausäure, Blei, Cadmium, Camphechlor, Chlordan, Crotalaria-Arten, DDT, Aldrin, Dieldrin, Dioxine, dioxinähnliche PCB, Endosulfan, Endrin, Fluor, freies Gossypol, Heptachlor, Hexachlorbenzol, Hexachlorcyclohexan, Mutterkorn, Nitrit, Quecksilber, Rizinus, Senföl, Theobromin, Vinylthiooxazolidon, Saaten und Früchte verschiedener Pflanzen, Rückstände an Schädlingsbekämpfungsmitteln (umfangreiche Liste mit einzelnen Stoffgruppen)
- **Verbotene Stoffe:** mit Gerbstoffen behandelte Häute, kommunale Abfälle, spez. Hefen, mit Holzschutzmittel behandeltes Holz, Abwässer, Kot, Urin, Inhalt des Verdauungstraktes, mit Pflanzenschutzmitteln behandeltes Saat- bzw. Pflanzgut, Abfälle aus Restaurationsbetrieben, Verpackungen, Futtermittel tierischer Herkunft (außer Milch)

Gemäß § 23 (2) der FMV ist es verboten, bei Überschreitung des festgesetzten Höchstgehaltes das betroffene Futtermittel zu Verdünnungszwecken mit dem gleichen oder einem anderen Futtermittel zu mischen. Die Möglichkeit einer geeigneten Behandlung zur Verminderung, Entfernung (Reinigung) oder zur Inaktivierung (De-konamination) des unerwünschten Stoffes besteht (§ 23 (3) FMV).

Futtermittel, die nicht sicher sind, dürfen nicht an zur Lebensmittelgewinnung dienende Tiere verfüttert werden.

Ein Futtermittel gilt als nicht sicher, wenn davon auszugehen ist, dass es die Gesundheit von Mensch oder Tier beeinträchtigen kann oder bewirkt, dass die Lebensmittel, die aus den der Lebensmittelgewinnung dienende Tiere hergestellt werden, als nicht sicher für den Verzehr durch den Menschen anzusehen sind (siehe Artikel 15 der Verordnung 178/2002 der EU). Erkennt ein Futtermittelunternehmer (also z. B. Landwirt), dass ein von ihm erzeugtes oder hergestelltes Futtermittel die Anforderungen an die Futtermittelsicherheit nicht erfüllt, so unterrichtet er die zuständige Behörde (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Markt, Kontrolle, Förderung) hiervon (Artikel 20 der VO 178/2002).

#### 4.8 Einsatzempfehlungen bzw. -beschränkungen (Restriktionen)

Auf dem Untersuchungssattest können Einschätzungen der laboranalytischen Befunde bzw. des Futterwertes oder zum Futtereinsatzes gegeben werden. Dafür gibt es **keine Pauschalformulierungen**. Die fachliche Kompetenz muss im Labor oder durch die Zusammenarbeit mit der Fütterungsberatung gewährleistet sein.

Aufgrund der Untersuchungsbefunde und aktueller Beratungsempfehlungen kann sich der Hinweis „**fütterungsuntauglich**“ ergeben.

Verletzungen futtermittelrechtlicher Anforderungen müssen mit einem deutlich formulierten Hinweis auf **"Fütterungsverbot"** kenntlich gemacht werden. Die Hinweise auf dem Attest bezüglich sonstiger Einsatzbeschränkungen sollen mit den in der Broschüre „**Futtermittelspezifische Restriktionen**“ des Landesarbeitskreises „Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen (2001)“ harmonisieren.

#### 4.9 Wirtschaftliche Bewertung von Futtermitteln

Einfluss auf den wirtschaftlichen Wert von Futtermitteln haben die Kosten für die Futtererzeugung bzw. den Futterzukauf, der Anteil des Futtermittels in der Ration sowie der Fütterungserfolg. In der Übersicht sind die Einflussgrößen auf die Wirtschaftlichkeit eines Futtermittels skizziert.

<b>Wirtschaftseigene Futtermittel</b>	<b>Handels- bzw. Zukaufsfuttermittel</b>
<b>Erzeugungskosten</b>	<b>Zukaufkosten</b>
(Summe Aufwendungen für Erzeugung)	(Markt-, Handels-, Einkaufspreis)
€ / Mengeneinheit Futter	(Angebot und Nachfrage am Markt)
	€ / Mengeneinheit Futter
<b>Entscheidung für den Einsatz, Ver- oder Zukauf</b>	
<b>Preiswürdigkeit</b>	
(Relation der finanziell bewerteten Gebrauchswerte eines Futtermittels zu alternativen Futtermitteln)	
€ / Nährstoff- bzw. Energieeinheit	
<b>Futtereinsatz</b>	
(bedarfs- und artgerechte Rationsgestaltung)	
<b>Rationskosten</b>	
€ / Ration	
<b>Fütterungserfolg</b>	
<b>Futterkosten je erzeugtes bzw. verkauftes tierisches Rohprodukt</b>	
€ / Mengeneinheit Rohprodukt	

Übersicht 2: Wirtschaftlichkeit eines Futtermittels

Die **Erzeugungskosten** sind die Summe aller Ist-Kosten bei der Futtermittelerzeugung im landwirtschaftlichen Betrieb. Auch die **Zukaufskosten** sind Ist-Daten, welche durch Verbindlichkeiten beim Futterzukauf entstehen.

Erzeugungs- und Zukaufkosten können als Gesamtsumme (€ / je Betrieb), produktbezogen (€ / dt Futtermittel) oder flächenbezogen (€ / ha Futterfläche) dargestellt werden. Für Futtermittelmittel, welche am Markt gehandelt werden, sollten die Marktpreise berücksichtigt werden (durchschnittlicher monatlicher Erzeugerpreis für Sachen). Die eigentliche wirtschaftliche Bewertung kann allerdings nicht über Erzeugungs- bzw. Zukaufkosten erfolgen.

Auch **Rationskosten** sind nur Zwischengrößen bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit. Der ökonomische Wert eines Futtermittels wird erst nach dem Einsatz in der Fütterung am Fütterungserfolg erkenntlich. Denn erst dann kann beurteilt werden wie viel von dem Futter aufgenommen wurde und welcher Anteil an erlöswirksamen Produkten daraus resultiert.

Die **Futterkosten bzw. der Gewinn je kg verkauftes Rohprodukt** sind entscheidende Parameter für eine wirtschaftliche Futtermittelerzeugung und Rationsgestaltung.

In der vorliegenden Broschüre sollen Bewertungsschritte zur Ermittlung von Erzeugungs- bzw. Zukaufkosten und der Preiswürdigkeit von Futtermitteln dargestellt werden. Werden hofeigene Mischungen hergestellt, müssen neben den Erzeugungskosten / Marktpreisen der Komponenten die Kosten für das Mahlen und Mischen berücksichtigt werden. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass bei der Lagerung von Komponenten Lagerungsverluste auftreten und die Kosten für Lagerräume einzubeziehen sind.

#### **4.9.1 Grobfutterkosten**

##### *Definition der Schnittstelle*

Für die saubere Abgrenzung der Verfahren der Wiederkäuerhaltung und der Futtererzeugung ist die Definition der Schnittstellen erforderlich.

Das wirtschaftseigene Grobfutter fließt in Form von Erzeugungsvollkosten in die Berechnung der Betriebszweige ein. Hierbei werden für Konservate, wie Silage und Heu, die Kosten "frei Lagerstätte", d.h. inklusive der Lagerraumkosten ausgewiesen.

In den Kosten für Grünfutter ist die Schnittstelle der Stall, d. h. die Transportkosten zum Stall sind enthalten. Die Kosten für Weidefutter beschränken sich auf die Kosten des Grünfuturaufwuchses (Düngung, Pflanzenschutz, Pflege), sie beinhalten nicht die Kosten der Weidenutzung (Auf-, Um- und Abtrieb, Kosten für Weidezäune und deren Auf- und Abbau).

Wird im Unternehmen die Schnittstelle zwischen Futterbau und Tierproduktion an anderer Stelle gesetzt, so ist dies bei der Bewertung der Erzeugungskosten unbedingt zu berücksichtigen.

##### *Einflussfaktoren auf die Erzeugungsvollkosten*

Die einzelbetrieblichen Erzeugungskosten für Futtermittel zeigen erhebliche Schwankungsbreiten. Sie zwingt zur einzelbetrieblichen Kostenrechnung.

Die große Schwankungsbreite hat folgende Ursachen:

- standortspezifische Besonderheiten
- Intensität der Erzeugung

- Inanspruchnahme von Förderprogrammen, Ausgleichszahlungen
- Zahl der Nutzungsjahre bei Feldfutter
- Bergungs- und Konservierungsverluste
- Höhe der Pachtaufwendungen
- Lagerraumkosten
- Arbeitserledigungskosten (Technik-, Personalkosten, Aufwendungen für Lohnarbeit)

#### **4.9.2 Preiswürdigkeit von Konzentratfuttermitteln**

Eine wichtige Entscheidungsgröße für den Futterver- bzw. zukauf und den Futtereinsatz oder -austausch ist die Preiswürdigkeit eines Futtermittels. Sie verinnerlicht den Geldwert, den ein Futtermittel aufgrund seines spezifischen Nährstoff- bzw. Energiegehaltes zu anderen alternativen Futtermitteln besitzt.

Die Preiswürdigkeit orientiert sich im Gegensatz zu Erzeugungskosten bzw. Marktpreisen am Gehalt an futterwertbestimmenden Inhaltsstoffen. Die Wahl der futterwertbestimmenden Parameter hängt dabei von der jeweiligen Bedeutung des Futtermittels in der Rationsgestaltung ab, z.B. ob ein Futtermittel als Proteinkonzentrat oder Energielieferant benötigt wird.

Die Grenze der Preiswürdigkeitsberechnung ist dann gegeben, wenn futterwertbegrenzende Faktoren, die nicht in die Rechnung eingehen (z.B. verzehrsdepressive bzw. antinutritive Wirkungen oder hygienisch-toxikologische Abweichungen des Futtermittels), einen rein nährstoffbezogenen Austausch nicht sinnvoll erscheinen lassen. Futtermittelspezifische Restriktionen (Einsatzbeschränkungen) für die einzelnen Tierarten bzw. -kategorien müssen grundsätzlich beachtet werden, wenn man nach einem preiswürdigen Austausch eines Futtermittels sucht. Hierbei sollten die Richtwerte, welche in der Broschüre des Landesarbeitskreises „Futtermittelspezifische Restriktionen“ genutzt werden.

Die Berechnung der Preiswürdigkeit eines Futtermittels kann über verschiedene mathematische Wege erfolgen und hängt von der Anzahl der zu berücksichtigenden Futterwertkennzahlen ab. Nachfolgend werden drei verschiedene Ansätze vorgestellt.

##### **Divisionsmethode**

Wenn der Zweck des angestrebten Futtermittelaustausches von vorn herein auf nur einen bestimmten Nährstoff bzw. den Energiegehalt gerichtet ist, z.B. wenn zwei Einweißfuttermittel miteinander verglichen werden sollen, ist die Preiswürdigkeit durch den Bezug des aktuellen Einkaufspreises auf die Nährstoffeinheit am einfachsten zu ermitteln.

Dieser Vergleich ist dann häufig zu finden, wenn z.B. Grundfuttermittel, Futtergetreide, Mischfutter mit vergleichbarer Deklaration oder Einweißfuttermittel untereinander verglichen werden. Die Kennzahl für die Preiswürdigkeit ist dann der Euro-Betrag des Preises bzw. der Erzeugungskosten bezogen auf 10 MJ NEL bzw. ME oder auf ein kg Rohprotein bzw. Lysin.

##### **Optimierungsmethoden**

Die Grenzen der Divisionsmethode sind dann erreicht, wenn zwischen den Futtermitteln bei unberücksichtigten Futterwertparametern größere Differenzen bestehen.

Je mehr Futterwertkennzahlen in die Preiswürdigkeitskalkulation einbezogen werden, desto sicherer wird die Einsatzempfehlung des Futtermittels sein.

Der mathematische Optimierungsaufwand erhöht sich jedoch mit steigender Anzahl zu berücksichtigender Parameter erheblich. Für die Bewertung von Futtermitteln für Wiederkäuer ist die Einbeziehung der Energiedichte (MJ NEL bzw. MJ ME je kg Trockenmasse) und des Rohproteinanteils (z.T. nutzbares Rohprotein) sinnvoll. Die Wahl der Parameter kann natürlich aus der jeweiligen Problemsicht heraus, auch ganz anders ausfallen, z.B. wenn Mineralfuttermittel miteinander verglichen werden sollen.

Für die Berechnung der Preiswürdigkeit mit Optimierungsmodellen werden sogenannte Vergleichs- bzw. Standardfuttermittel festgelegt, an deren Qualität und deren Preisentwicklung auf dem Futtermittelmarkt die Bewertung der Austauschwürdigkeit geeicht wird. In den überwiegenden Fällen wird auf die **Futtergerste** bzw. **Futterweizen** als energiereiches Futtermittel und **Sojaextraktionsschrot** als proteinreiches Futtermittel zurückgegriffen.

### Rechengang

Nachfolgend wird ein einfacher Rechengang für zwei Futterwertparameter (Energie und Protein) dargestellt. Die Art der Vergleichsfuttermittel und Futterwertparameter ist problemlos änderbar.

#### 1. Bestimmung des Faktors für Rohprotein

$$X = (g \text{ RP/kg}_{\text{Gerste}} - (g \text{ RP/kg}_{\text{Sojaex.}} \times \text{MJ ME/kg}_{\text{Gerste}}) / \text{MJ ME/kg}_{\text{Sojaex.}})$$

$$Y = ((\text{€} / \text{dt}_{\text{Gerste}} - ((\text{€} / \text{dt}_{\text{Sojaex.}} \times \text{MJ ME/kg}_{\text{Gerste}}) / \text{MJ ME/kg}_{\text{Sojaex.}}))$$

$$\text{Faktor RP} = Y / X$$

#### 2. Bestimmung des Faktors für Energie

$$Z = (g \text{ RP/kg}_{\text{Sojaex.}} \times \text{Faktor für RP})$$

$$\text{Faktor E} = (\text{€}_{\text{Sojaex.}} / \text{dt} - Z) / \text{MJ ME}_{\text{Sojaex.}}$$

#### 3. Ermittlung der Preiswürdigkeit eines Futtermittels

$$\text{PW €} / \text{dt}_{\text{Futtermittel}} = \text{MJ ME/kg}_{\text{Futtermittel}} \times \text{Faktor E} + g \text{ RP/kg}_{\text{Futtermittel}} \times \text{Faktor RP}$$

**Beispiel:** Nachfolgend soll an einem Beispiel die Preiswürdigkeitsberechnung für Futtermittel in der Jungrinderfütterung vorgestellt werden. Ausgangsdaten für die Beispielsrechnung:

**Tabelle 38:** Ausgangsdaten für die Beispielsrechnung zur Preiswürdigkeit

	Futterwert		Preis
	ME	Rohprotein	
	MJ/kg	g/kg	Euro / dt
<b>Standardfuttermittel</b>			
Futtergerste	11,3	109	8,90
Sojaextraktionsschrot	13,0	484	20,00
<b>Austauschfuttermittel</b>			
Körnermais	11,7	93	
Biertreber	2,6	61	

### 1. Bestimmung des Faktors für Rohprotein

$$\begin{aligned} X &= (109 - (484 \times 11,3)/13,0) = -312 \\ Y &= (8,90 - (20,00 \times 11,3)/13,0) = -8,48 \\ \text{Faktor RP} &= Y / X = 0,0272 \end{aligned}$$

### 2. Bestimmung des Faktors für Energie

$$\begin{aligned} Z &= (484 \times 0,0272) = 13,16 \\ \text{Faktor E} &= (20,00 - 13,16) / 13 = 0,5262 \end{aligned}$$

### 3. Ermittlung der Preiswürdigkeit eines Futtermittels

$$\begin{aligned} \text{PW } \text{€} / \text{dt}_{\text{Körnermais}} &= 11,7 \times 0,5262 + 93 \times 0,0272 = 8,69 \\ \text{PW } \text{€} / \text{dt}_{\text{Biertreber}} &= 2,6 \times 0,5262 + 61 \times 0,0272 = 3,03 \end{aligned}$$

#### 4.9.3 Preiswürdigkeit von Grobfutter

Grobfuttermittel miteinander zu vergleichen ist deutlich komplizierter. Einerseits schwanken sie stark im Futterwert und verschiedenen Qualitätskriterien, andererseits stehen sie im engen Zusammenhang zum Fütterungserfolg der Milchkühe.

Eine Orientierung an Marktpreisen ist kaum sinnvoll, da Grobfuttermittel in der Regel nicht gehandelt, sondern immer über die tierische Erzeugung veredelt werden müssen.

Die Wirtschaftlichkeit eines Grobfuttermittels, welches für die betriebseigene tierische Veredlung und nicht zum Verkauf bestimmt ist, ist erst am Fütterungserfolg, d.h. an der tierischen Leistung erkennbar.

Die Erzeugungskosten (€ / dt oder € / ha) und die Nährstoffkosten (€ / 10 MJ NEL oder € / kg nutzbares Rohprotein) sind daher nur Zwischengrößen, welche zur Kostenanalyse bzw. -beeinflussung und zum Vergleich von Grobfuttermitteln geeignet sind. Nur die Grobfutterkosten je kg Rohprodukt können über die Wirtschaftlichkeit des Grobfuttermittels entscheiden.

Grundsätzlich können Grobfuttermittel nur untereinander sinnvoll verglichen werden, da sie ernährungsphysiologisch nicht durch Konzentratfuttermittel ausgetauscht werden können.

Zum Preiswürdigkeitsvergleich von Grobfuttermitteln wird häufig die Kennzahl € je 10 MJ NEL bzw. € je 10 MJ ME verwendet. In diese Kennzahl gehen die Erzeugungsvollkosten und die Energiedichte des Futtermittels ein.

In der Tabelle sind die notwendigen Grobfutterkosten in € je 10 MJ NEL dargestellt, welche zur Realisierung von 0,08, 0,09 bzw. 0,10 Euro Gesamtfutterkosten je kg erzeugte Rohmilch bei unterschiedlichem Leistungsniveau und gleichen Kraffutterkosten erforderlich sind. Dabei wird unterstellt, dass die pansenphysiologisch notwendige Grundfutterqualität und -menge bei maximal möglichem Kraffuttereinsatz gesichert wird.

**Tabelle 39:** Notwendige Nährstoffkosten für Grundfuttermittel in Abhängigkeit von der Milchleistung und den Futterkosten je kg Milch (in € / 10 MJ NEL)

Milchleistung Kg	Futtermittelkosten in € / kg Milch *)		
	0,08	0,09	0,10
je Kuh und Jahr			
6.000	0,10	0,13	0,16
7.000	0,11	0,14	0,17
8.000	0,13	0,16	0,19
9.000	0,14	0,17	0,21
10.000	0,15	0,18	0,22

\*) *Krafftutter* 0,20 € / 10 MJ NEL

Trotz unterschiedlich hoher Nährstoffkosten können bei verschiedenen hoher tierischer Leistung die gleichen Futterkosten je kg Milch erzielt werden, d.h. die Preiswürdigkeit von Grobfuttermitteln für Milchrinder ist somit keine Konstante. Mit steigender Milchleistung verteilt man die Erhaltungsfutterkosten auf eine größere Milchmenge, womit die Futterkosten je kg erzeugte Milch sinken.

Dabei können trotz unterschiedlich hoher Nährstoffkosten in Abhängigkeit der Leistung die gleichen Futterkosten je kg Milch erzielt werden. Zum Beispiel kann das Futter für eine Milchkuh, welche 10.000 kg Milchleistung erbringt, 0,20 Euro je 10 MJ NEL kosten, um dieselbe Wirtschaftlichkeit nachzuweisen, wie das Futter für eine Milchkuh mit 5.000 kg Milch bei 0,15 Euro je 10 MJ NEL.

Da die Grobfutterqualität die Leistung und die Leistung die Wirtschaftlichkeit bestimmt, bestimmt die Grobfutterqualität auch den Preis bzw. die maximal möglichen Erzeugungskosten für das Grundfuttermittel bei wirtschaftlicher Milcherzeugung.

Sowohl für den Futtermittelverkauf / -zukauf als auch für die Betriebszweigauswertung und zur Ermittlung der wirtschaftlichen Grenzbereiche müssen die Erzeugungskosten und die Preiswürdigkeit des Grobfutters exakt bestimmt werden. Zur Unterstützung dieser Kalkulation ist in der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft ein Excel-Programm entwickelt worden ([www.landwirtschaft.sachsen.de/lfL](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfL)), welches die genannten Zusammenhänge mathematisch umsetzt und für die Bewertung von Grobfuttermitteln in der landwirtschaftlichen Praxis ein mögliches Handwerkzeug bietet.



## Verwendete Abkürzungen

<b>A</b>	Proteinfraktion (NPN)
<b>AAS</b>	Atomabsorptionsspektroskopie
<b>ADF</b>	Säure (Acid) - Detergentien Faser
<b>ADF<sub>org</sub></b>	organische ADF
<b>B</b>	Bestimmtheitsmaß
<b>B1</b>	Proteinfraktion (pufferlösliches Reinprotein)
<b>B2</b>	Proteinfraktion (pufferunlösliches Reinprotein)
<b>B3</b>	Proteinfraktion (zellwandgebundenes lösliches Reinprotein)
<b>BS</b>	Buttersäure
<b>C</b>	Proteinfraktion (zellwandgebundenes unlösliches Reinprotein)
<b>CCM</b>	Corn-Cob-Mix
<b>DLG</b>	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
<b>DON</b>	Deoxynivalenol
<b>ELISA</b>	Enzym-linked-immuno-assays
<b>ELOS</b>	Enzymlösliche organische Substanz
<b>ES</b>	Essigsäure
<b>EULOS</b>	Enzymunlösliche organische Substanz
<b>FMV</b>	Futtermittelerordnung
<b>Gb</b>	Gasbildung
<b>GC</b>	Gaschromatographie
<b>GfE</b>	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
<b>GE</b>	Bruttoenergie
<b>GPS</b>	Getreideganzpflanzensilage
<b>HFT</b>	Hohenheimer Futterwerttest
<b>HPLC</b>	Hochdruckflüssigchromatographie
<b>ICP</b>	Emissionsspektroskopie
<b>KbE</b>	koloniebildenden Einheiten
<b>KG</b>	Keimgruppen
<b>LKS</b>	Lieschkolbenschrotsilage
<b>ME</b>	Umsetzbare Energie
<b>MF</b>	Mischfutter
<b>MJ</b>	Mega-Joule
<b>N</b>	Stickstoff
<b>NDF</b>	Neutrale-Detergenzien-Faser
<b>NDF<sub>org</sub></b>	organische NDF
<b>NEL</b>	Netto-Energie-Laktation
<b>NFE</b>	Stickstoff-freie Extraktstoffe
<b>NIRS</b>	Nah-Infrarot-Spektroskopie
<b>NPN</b>	Nicht-Protein-Stickstoff
<b>nRP</b>	nutzbares Rohprotein
<b>OS</b>	organische Substanz
<b>OTA</b>	Ochratoxin A
<b>PK</b>	Pufferkapazität
<b>PNDF</b>	Protein-Neutrale Detergenzfaser
<b>PW</b>	Preiswürdigkeit
<b>PZ</b>	Punktzahl
<b>RA</b>	Rohasche
<b>RFa</b>	Rohfaser

<b>RFA</b>	Röntgenfluoreszenzanalyse
<b>RFe</b>	Rohfett
<b>RNB</b>	Ruminale Stickstoffbilanz
<b>RP</b>	Rohprotein
<b>S %</b>	relative Schätzfehler
<b>SW</b>	Strukturwert
<b>S<sub>yx</sub></b>	Schätzfehler
<b>TM</b>	Trockenmasse
<b>TM<sub>min</sub></b>	Mindesttrockensubstanzgehalt
<b>TMR</b>	Totale Mischratio
<b>UDP</b>	Durchflussprotein
<b>V</b>	verdauliche
<b>VDLUFA</b>	Verband landwirtschaftlicher Untersuchungs- & Forschungsanstalten
<b>VK</b>	Vergärbarkeitskoeffizient
<b>Z</b>	Zucker
<b>ZEA</b>	Zearalenon
<b>ZPK</b>	Zucker-Pufferkapazitäts-Quotient

## Verzeichnis der Tabellen und Übersichten im Text

- Tabelle 1:** Anzahl und Mengen von Futtermittelproben
- Tabelle 2:** Angaben im Probenahmeprotokoll von Futtermitteln
- Tabelle 3:** Sensorische Parameter zur Beurteilung von Futterproben
- Tabelle 4:** Korrektur der Trockenmassegehalte von Silagen
- Tabelle 5:** Berechnungsformeln für den Energiegehalt von Futtermitteln
- Tabelle 6:** Gleichungen zur Schätzung der NEL bzw. ME von Mischfutter
- Tabelle 7:** Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie von TMR
- Tabelle 8:** Schätzgleichungen zur Bestimmung des energetischen Futterwertes von Grünfutter
- Tabelle 9:** Schätzgleichungen zur Bestimmung des energetischen Futterwertes von Silagen
- Tabelle 10:** Schätzgleichungen zur Bestimmung des energetischen Futterwertes von Heu
- Tabelle 11:** Energiekorrektur bei Maissilagen mit unzerkleinerten Maiskörnern
- Tabelle 12:** Energiekorrektur bei Getreideganzpflanzensilagen mit Reifeüberschreitung
- Tabelle 13:** Gleichungen zur Ermittlung des nutzbaren Rohproteins
- Tabelle 14:** Gleichung zur Ermittlung der ruminalen N-Bilanz
- Tabelle 15:** Aktuell empfohlene Methode der GfE zur Ermittlung des UDP-Gehaltes
- Tabelle 16:** Berechnung des UDP-Gehaltes für Konzentratfuttermittel
- Tabelle 17:** Berechnung des UDP-Gehaltes für Grobfuttermittel
- Tabelle 18:** Optimalbereiche für Siebfraktionen von Silagen und TMR für Rinder
- Tabelle 19:** Faktoren zur Berechnung der "Strukturwirksamen Rohfaser"
- Tabelle 20:** Beständigkeit und ruminalen Abbaugeschwindigkeit von Kohlenhydraten und Rohprotein aus Grobfuttermitteln
- Tabelle 21:** Beständigkeit und ruminalen Abbaugeschwindigkeit von Kohlenhydraten und Rohprotein aus Konzentraten
- Tabelle 22:** Beurteilung des Buttersäure- und Essigsäuregehaltes (DLG-Schlüssel)
- Tabelle 23:** Berücksichtigung des pH- Wertes (DLG-Schlüssel)
- Tabelle 24:** Bewertungsschema zur Gärqualität nach DLG-Schlüssel
- Tabelle 25:** Gleichungen zur Ermittlung der Punktzahlen zum aktuellen DLG-Schlüssel
- Tabelle 26:** Beurteilung des Buttersäuregehaltes über Sensorik
- Tabelle 27:** Beurteilung des Essigsäuregehaltes über Sensorik
- Tabelle 28:** Rohproteinabbau im Silo über Ammoniak bzw. Sensorik

- Tabelle 29:** Hitzeschädigung durch Heißvergärung über pepsinunlösliches Rohprotein bzw. Sensorik
- Tabelle 30:** Schlüssel zur Bewertung sensorischer Befunde
- Tabelle 31:** Indikatorkeime in Futtermitteln und ihre Eingruppierung
- Tabelle 32:** Orientierungswerte für den Gesamtkeimgehalt in Mischfuttermitteln
- Tabelle 33:** Orientierungswerte für den Gesamtkeimgehalt in Einzelfuttermitteln
- Tabelle 34:** Keimzahlstufenzuordnung
- Tabelle 35:** Ausnahmen für die Zuordnung in Keimzahlstufe II ausgewählter Futtermittel
- Tabelle 36:** Mikrobiologischen Qualitätsstufen aus den Keimzahlstufen der einzelnen KG
- Tabelle 37:** Richtwerte gemäß EU-Empfehlung 2006/576/EG
- Tabelle 38:** Ausgangsdaten für die Beispielsrechnung zur Preiswürdigkeit
- Tabelle 39:** Notwendige Nährstoffkosten für Grundfuttermittel in Abhängigkeit von der Milchleistung und den Futterkosten je kg Milch
- Übersicht 1:** Musterzertifikat für die erfolgreiche Teilnahme an der Ringanalyse für Futtermittel
- Übersicht 2:** Wirtschaftlichkeit eines Futtermittels

## **Verzeichnis der Anhangtabellen**

**Tabelle 1:** Sensorische Bewertung von Grundfuttermitteln – Geruch

**Tabelle 2:** Sensorische Bewertung von Grundfuttermitteln – Farbe, Verderbnisanzeichen, Verunreinigungen

**Tabelle 3:** Sensorische Bewertung von Grundfuttermitteln - Gefüge, Frischezustand, Griff

**Tabelle 4:** Sensorische Bewertung von Grundfuttermitteln - Häckselqualität, Kornanteil, Reife

**Tabelle 5:** Regressoren und Geltungsbereiche für die Ermittlung der Verdaulichkeiten zur Grundfutterbewertung

**Anhangtabelle 1: Sensorische Bewertung von Grobfuttermitteln – Geruch**

GERUCH	<b>Sensorischer Befund</b>	Punktabzug bei Bewertung mit 100 Punkten		
		Sila- gen	Grün- futter	Heu und Trockengrün
<b>Allgemein</b>	arteigener Geruch	0	0	0
	frischer Geruch	0	0	0
	angenehm würziger Geruch	0	0	0
	angenehm saurer Geruch / kein Essig- oder Buttersäuregeruch	0	0	0
	angenehm säuerlicher Geruch / kein Essig- oder Buttersäuregeruch angenehm tabakartiger Geruch / kein Essig- oder Buttersäuregeruch	0	0	0
<b>Buttersäure</b>	kein Buttersäuregeruch wahrnehmbar	0		
	leichter Buttersäuregeruch wahrnehmbar	20		
	starker Buttersäuregeruch wahrnehmbar sehr starker Buttersäuregeruch wahrnehmbar	80 100		
<b>Essigsäure</b>	kein Essigsäuregeruch wahrnehmbar	0		
	schwacher Essigsäuregeruch wahrnehmbar	15		
	stechender Essigsäuregeruch wahrnehmbar	50		
	stark stechender Essigsäuregeruch wahrnehmbar	80		
<b>Hitzeschädigung</b>	kein Röstgeruch wahrnehmbar / arteigene Färbung	0		
	Röstgeruch wahrnehmbar / bräunliche nicht arteigene Färbung	20		
	Röstgeruch wahrnehmbar / braune nicht arteigene Färbung	30		
	stark röst- bis kaffeeartiger Geruch / dunkelbraune Färbung	50		
<b>Ammoniak</b>	kein Ammoniakgeruch wahrnehmbar	0		
	Ammoniakgeruch schwach wahrnehmbar	20		
	Ammoniakgeruch deutlich wahrnehmbar	50		
	Ammoniakgeruch sehr stark wahrnehmbar	80		
<b>Verderbnis</b>	untypischer nicht arteigener Geruch	40	40	40
	leicht muffiger Geruch	40	40	40
	deutlich muffiger Geruch	70	70	70
	stark muffiger Geruch	100	100	100
	unangenehm erdiger bis kompostartiger Geruch	100	100	100
	fäkalienartiger Geruch	100	100	100

**Anhangtabelle 2: Sensorische Bewertung von Grundfuttermitteln - Farbe, Verderbisanzeichen, Verunreinigungen**

		Punktabzug bei Bewertung mit 100 Punkten			
	Sensorischer Befund	Silagen	Grünfutter	Heu/Trockengrün	
<b>Farbe</b>	arteigene Färbung	0	0	0	
	grünliche Färbung	0	0	0	
	grünliche Färbung / leicht vergilbt	5	10	0	
	grünliche Färbung / stark vergilbt	10	15	10	
	grünliche bis gelbe Färbung	0	5	0	
	grünliche bis braune Färbung	0	5	0	
	grüne bis dunkelgrüne Färbung	20	0	0	
	gelbliche Färbung	0	5	5	
	gelbliche bis braune Färbung	10	10	10	
	bräunliche Färbung	15	20	10	
	braune bis dunkelbraune Färbung	20	50	40	
	dunkelbraune bis schwarze Färbung	30	80	50	
<b>Verderbisanzeichen</b>	schwarze Färbung	100	100	100	
	graue Färbung	20	40	20	
	rötliche Färbung	20	40	20	
	unnatürliche Verfärbungen	50	50	50	
	keine Verderbisanzeichen	0	0	0	
	leichte Verderbisanzeichen	20	20	20	
	deutliche Verderbisanzeichen	80	80	80	
	<b>Verunreinigungen</b>	frei von Schimmel	0		0
		geringer Anteil von Schimmelnestern	40		40
		deutlicher Anteil von Schimmelnestern	80		80
	<b>Verunreinigungen</b>	stark verschimmelte Probe	100		100
		keine Verunreinigung wahrnehmbar	0	0	0
geringe Verunreinigung wahrnehmbar		10	10	10	
deutliche Verunreinigung wahrnehmbar		30	30	30	
<b>Verunreinigungen</b>	starke Verunreinigung wahrnehmbar	80	80	80	

**Anhangtabelle 3: Sensorische Bewertung von Grobfuttermitteln - Gefüge, Frischezustand, Griff**

	Sensorischer Befund	Punktabzug bei Bewertung mit 100 Punkten		
		Silagen	Grünfutter	Heu/Trockengrün
<b>Gefüge</b>	intaktes Gefüge der Stängel und Blätter leicht gestörtes Gefüge der Stängel und Blätter stark gestörtes Gefüge der Stängel und Blätter schmierig bis schleimiges Gefüge	0 10 60 100	0 10 60 100	
<b>Frischezustand</b>	Frischezustand : sehr gut Frischezustand : noch gut Frischezustand : angewelkt Frischezustand : welk Frischezustand : leicht vergilbt Frischezustand : stark vergilbt Frischezustand : leicht verdorben Frischezustand : verdorben Frischezustand : geforene Probe Frischezustand : vorgetrocknete Probe		0 5 15 15 10 20 30 100 0 0	
<b>Griff</b>	weicher Griff (blattreich) leicht harter Griff (blattarm) harter Griff (stängelreich) sehr harter strohiger Griff (nur Stängel) leicht klammer Griff klammer feuchter Griff			0 10 20 30 20 40



**Anhangtabelle 4: Sensorische Bewertung von Grobfuttermitteln - Häckselqualität, Kornanteil, Reife**

	<b>Sensorischer Befund</b>
<b>Häckselqualität</b>	sehr gute Häckselqualität gute Häckselqualität mäßige Häckselqualität schlechte Häckselqualität
<b>Kornanteil Maissilagen</b>	geringer Kornanteil mittlerer Kornanteil hoher Kornanteil
<b>Anteil unzerkleinerter teigreifer Maiskörner</b>	< 5% unzerkleinerte teigreife Maiskörner ca. 10% unzerkleinerte teigreife Maiskörner ca. 25% unzerkleinerte teigreife Maiskörner ca. 30% unzerkleinerte teigreife Maiskörner ca. 50% unzerkleinerte teigreife Maiskörner ca. 75% unzerkleinerte teigreife Maiskörner > 75% unzerkleinerte teigreife Maiskörner
<b>Reife der Körner in GPS</b>	optimaler Reifezeitpunkt der Getreidekörner Reifeüberschreitung (Mitte bis Ende Teigreife, > 35 g TKM) Reifeüberschreitung (Beginn Kornreife, > 40 g TKM)

**Anhangtabelle 5:** Regressoren und Geltungsbereiche für die Ermittlung der Verdaulichkeiten zur Grobfutterbewertung

GRUNDFUTTER	Roh- fett g / kg T.	Regressoren zur Kalkulation der Verdaulichkeit				Geltungsbereich der Regressionen									
		Rohprotein		Rohfaser		Rohfett		NFE		RP (g / kg T.)		RFA (g / kg T.)		ME (MJ / kg T.)	
		A	B *	A	B**)	A	B**)	A	B**)	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Ackerbohnenlage	<b>20</b>	9,00	0,31	68,95	-0,06	63,53	0,00	124,76	-0,16	156	207	240	320	8,8	11,1
Grüngerste	<b>25</b>	35,88	0,25	109,15	-0,13	103,84	-0,14	111,46	-0,12	80	185	220	325	9,4	11,5
Grünhafer	<b>30</b>	31,50	0,32	117,89	-0,17	48,43	0,03	145,88	-0,26	78	151	214	331	8,4	11,7
Grünroggen	<b>35</b>	34,37	0,27	117,49	-0,15	80,02	-0,04	113,84	-0,13	98	206	215	360	9,2	12,0
Gras-Trockengrün (1.Schnitt)	<b>42</b>	32,65	0,19	118,53	-0,19	39,12	0,10	103,08	-0,11	110	200	200	320	8,9	10,8
Gras-Trockengrün (ab 2.Schnitt)	<b>42</b>	25,28	0,22	97,96	-0,11	116,00	-0,23	94,74	-0,10	130	170	225	290	8,6	9,1
Grünhaferlage	<b>33</b>	36,99	0,22	100,03	-0,13	106,27	-0,14	112,85	-0,17	92	142	250	350	7,9	10,0
Luzerne-Trockengrün	<b>31</b>	18,21	0,24	71,19	-0,07	67,46	-0,07	101,23	-0,10	170	250	215	340	8,1	10,0
Grünroggenlage	<b>45</b>	10,39	0,42	82,98	-0,02	86,76	-0,07	112,51	-0,15	103	173	245	366	8,7	10,5
Sonnenblumen (grün)	<b>30</b>	19,80	0,32	71,77	-0,07	90,79	-0,15	93,24	-0,08	95	175	145	301	7,8	10,0

\*) Regressor = Rohproteingehalt (g / kg T.)    \*\*) Regressor = Rohfasergehalt (g / kg T.)



## **Impressum**

**Herausgeber:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden

**Internet:** [WWW.LANDWIRTSCHAFT.SACHSEN.DE/LFL](http://WWW.LANDWIRTSCHAFT.SACHSEN.DE/LFL)

**Redaktion:** Dr. Olaf Steinhöfel  
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Fachbereich Tierische Erzeugung  
Telefon: 034222 / 46 - 172  
E-Mail: [Olaf.Steinhoefel@smul.sachsen.de](mailto:Olaf.Steinhoefel@smul.sachsen.de)

**Autoren:** Dr. Olaf Steinhöfel, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Doris Krieg, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Gudrun Hanschmann, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Dr. Henriette Mietke, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Dr. Wolfram Richardt, LKS GmbH, Lichtenwalde  
Prof. Dr. habil. Manfred Hoffmann, Naunhof

**Redaktionsschluss:** Dezember 2007

**Auflagenhöhe:** 1.000 Exemplare

**Bestelladresse:** siehe Redaktion

**Druck:** Druckerei Kopielski  
Bahnhofstraße 10b  
04860 Torgau

## **Rechtshinweis**

Alle Rechte, auch die der Übersetzung sowie des Nachdruckes und jede Art der phonetischen Wiedergabe, auch auszugsweise, bleiben vorbehalten. Rechtsansprüche sind aus vorliegendem Material nicht ableitbar.

## **Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.