



Das Lebensministerium



Untersuchung und Bewertung von Futtermitteln für Wiederkäuer im Freistaat Sachsen

Empfehlung des Landesarbeitskreises
"Futter und Fütterung"

Freistaat  **Sachsen**

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Impressum

Herausgeber:

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

Internet:

WWW.LANDWIRTSCHAFT.SACHSEN.DE/LFL

Redaktion:

Dr. Olaf Steinhöfel
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland
Telefon: 034222 / 46 - 172
e-mail: Olaf.Steinhoefel@fb08.lfl.smul.sachsen.de

Weitere Bearbeiter:

Doris Krieg, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Dr. Wolfram Richardt, Sächsischer Landeskontrollverband e.V.
Prof. Dr. habil. Manfred Hoffmann, Naundorf
Dr. Holger Kluth, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Dr. habil. Christian Wecke, Albrecht-Daniel-Thaer Institut für Agrarwissenschaften e.V. an der Universität Leipzig
Martin Sacher, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Gudrun Hanschmann, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Redaktionsschluss:

März 2003

Schutzgebühr

2,00 €

Auflagenhöhe:

500 Exemplare

Gestaltung:

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland

Bestelladresse:

siehe Redaktion

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 ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

Das vorliegende Material ist die gemeinsame Empfehlung
des
Landesarbeitskreises "Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen",
dem folgende Mitglieder angehören:

- ❖ Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Referat 35
- ❖ Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
 - Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland, Köllitsch*
 - Fachbereich Landwirtschaftliche Untersuchungen, Leipzig-Möckern*
 - Fachbereich Markt und Ernährung, Dresden-Pillnitz*
 - Fachbereich Ländlicher Raum, Betriebswirtschaft und Landtechnik, Böhlitz-Ehrenberg*
- ❖ Regierungspräsidium Chemnitz, Abteilung Landwirtschaft
- ❖ Universität Leipzig, Institut für Tierernährung, Diätetik und Ernährungsschäden
- ❖ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Ernährungswissenschaften
- ❖ Georg-August-Universität Göttingen, Institut für Tierphysiologie und Tierernährung
- ❖ Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Dresden, Fachbereich Landbau / Landespflege,
- ❖ Sächsischer Landeskontrollverband e.V., Lichtenwalde
- ❖ Albrecht-Daniel-Thaer Institut für Agrarwissenschaften e.V. an der Universität Leipzig
- ❖ AGRUB GmbH Sachsen, Neukirchen
- ❖ Agro & Mercury-Lab, Dresden
- ❖ Verbände der Misch- und Mineralfutterindustrie mit für den Freistaat Sachsen ausgewiesenen Vertretern aus folgenden Unternehmen
 - ❖ *Leipziger Krafffuttermittel GmbH - LEIKRA*
 - ❖ *Sächsische Muskatorwerke GmbH, Riesa*
 - ❖ *ALKA Lüders GmbH, Göhren*
 - ❖ *Fa. H. Wilhelm Schaumann GmbH & Co. KG*
 - ❖ *REKASAN Mineralfutter und Futteradditive GmbH Kaulsdorf*
 - ❖ *Hohburger Mineralfutter GmbH*
 - ❖ *BASU-Mineralfutter GmbH Bad Sulza*
- ❖ Privatpersonen
 - ❖ Herr Prof. Dr. habil. Manfred Hoffmann, Naundorf
 - ❖ Herr Prof. Dr. habil. Dr. h.c. Heinz Jeroch, Böhlitz-Ehrenberg / Kaunas
 - ❖ Herr Dr. habil. Hartwig Marx, Meißen

Gliederung

Verwendete Abkürzungen	5
1. Vorbemerkungen	6
2. Grundsätze zur Untersuchung und Bewertung von Futtermitteln	6
3. Futtermitteluntersuchung	7
3.1. Probenahme	7
3.2. Sensorische Prüfung	10
3.3. Probenvorbereitung	11
3.4. Analysenspektrum	12
3.5. Analysenmethoden	12
3.6. Analysenqualitätssicherung	13
3.7. Fehlerquellen	15
4. Futtermittelbewertung	16
4.1. Energetische Bewertung	16
4.1.1. Schätzgleichungen	16
4.1.2. Kalkulation der Verdaulichkeiten	18
4.1.3. Tabellenwerte für Verdaulichkeiten	19
4.1.4. Korrekturen	23
4.2. Proteinbewertung	23
4.2.1. Nutzbares Rohprotein am Duodenum	23
4.2.2. Ruminale Stickstoffbilanz	24
4.2.3. Anteil in den Vormägen an unabbaubarem Rohprotein (UDP)	24
4.3. Bewertung der Strukturwirksamkeit	25
4.4. Bewertung der Beständigkeit der Stärke und der ruminalen Abbaugeschwindigkeit von Kohlenhydraten und Rohprotein	26
4.5. Bewertung der Silierbarkeit von Futtermitteln	27
4.6. Bewertung des Konserviererfolges von Silagen	27
4.6.1. DLG-Bewertungsschlüssel	28
4.6.2. Sensorische Bestimmung von Gärsäuren bzw.	

	Ammoniak	29
	4.6.3. Veränderung der Rohproteinfraktion durch die Konservierung	29
4.7.	Bewertung von Parametern der Futtermittelhygiene	30
	4.7.1. Sensorische Voruntersuchung	30
	4.7.2. Auffällige Laborbefunde bei routinemäßiger Futterwertbestimmung	30
	4.7.3. Futtermittelrechtliche Regelungen	33
	4.7.4. Mikrobiologische Qualität	33
	4.7.5. Mykotoxikologische Qualität	36
4.8.	Einsatzempfehlungen bzw. –beschränkungen (Restriktionen)	37
4.9.	Wirtschaftliche Bewertung von Futtermitteln	38
	4.9.1. Grundfutterkosten	39
	4.9.2. Preiswürdigkeit	41
5.	Anhangstabellen	
	1: Sensorische Bewertung von Grundfuttermitteln – <i>Geruch</i>	45
	2: Sensorische Bewertung von Grundfuttermitteln - <i>Farbe, Verderbnisanzeichen, Verunreinigungen</i>	46
	3: Sensorische Bewertung von Grundfuttermitteln - <i>Gefüge, Frischezustand, Griff</i>	47
	4: Sensorische Bewertung von Grundfuttermitteln - <i>Häckselqualität, Kornanteil, Reife</i>	48
	5: Regressoren und Geltungsbereiche für die Ermittlung der Verdaulichkeiten zur Grundfutterbewertung	49
	6: Futtermittelspezifische Restriktionen für Wiederkäuer (<i>Konzentratfuttermittel</i>)	50
	7: Futtermittelspezifische Restriktionen für Wiederkäuer (<i>Grundfutter, Hackfrüchte, feuchte Nebenprodukte</i>)	51
	8: Orientierungswerte für Erzeugungsvollkosten von Grundfuttermitteln unter sächsischen Bedingungen (<i>ohne Lagerraumkosten</i>)	52
	9: Orientierungswerte für Erzeugungsvollkosten von Grundfuttermitteln unter sächsischen Bedingungen (<i>mit Lagerraumkosten</i>)	53

Verwendete Abkürzungen

AAS	Atomabsorptionsspektroskopie
AKh	Arbeitskraftstunde
BMVE	Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
BS	Buttersäure
CCM	Corn-Cob-Mix
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
DON	Deoxynivalenol
ELOS	Enzymlösliche organische Substanz
ES	Essigsäure
EULOS	Enzymunlösliche organische Substanz
Gb	Gasbildung
GE	Bruttoenergie
GFE	Gesellschaft für Ernährung
HFT	Hohnheimer Futterwerttest
ICP	Emissionsspektroskopie
KBE	Koloniebildende Einheit
KG	Keimgruppe
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
KULAP	Sächsisches "Kulturlandschaftsprogramm"
LKS	Lieschkolbenschrotsilage
ME	Umsetzbare Energie
MF	Mischfutter
MJ	Mega-Joule
MP	Mikroben-Rohprotein
NDF	Neutral-Detergenzien-Faser
NEL	Nettoenergie-Laktation
NfE	Stickstoff-freie Extraktsstoffe
NIRS	Nah-Infrarot-Spektroskopie
nRP	nutzbares Rohprotein
PK	Pufferkapazität
PNDF	Protein-Neutrale-Detergenzien-Faser
PS	Propionsäure
PW	Preiswürdigkeit
RA	Rohasche
RFa	Rohfaser
RFe	Rohfett
RNB	Ruminale Stickstoffbilanz
RNST	Rohnährstoffe
RP	Rohprotein
T.	Trockenmasse
T_{min}	Mindest-Trockenmasse
TMR	Totale Mischration
UDP	in den Vormägen unabbaubares Rohprotein
UL	Sächsisches Programm" Umweltgerechte Landwirtschaft"
VDLUFA	Verband der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- u. Forschungsanstalten
vOS	verdauliche organische Substanz
vRFa	verdauliche Rohfaser
vRFe	verdauliches Rohfett
Z	Zucker
ZPK	Zucker-Pufferkapazität-Quotient

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. Letztgenannte Futtermitteluntersuchungen und -bewertungen können deshalb zwischen den Bundesländern und auch zwischen den Laboren eines Bundeslandes variieren. Die vorliegenden Empfehlungen beziehen sich nicht auf die amtliche Futtermitteluntersuchung- und bewertung.

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 erste Empfehlung wurde 1996 für die Grundfutteruntersuchung und -bewertung gemeinsam erarbeitet und publiziert. Aufgrund des Erscheinens der DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer (DLG-Verlag 1997) und von Schätzgleichungen durch den Ausschuss für Bedarfsnormen der GfE (Proc. Soc. Nutr. Physiol. 1998) wurde die Empfehlung 1997 durch ein Ergänzungsfaltblatt aktualisiert. In den letzten Jahre wurden wiederum eine Vielzahl neuer Forschungsergebnisse, Analysenmethoden und Kalkulationsgleichungen erarbeitet, welche eine grundsätzliche Überarbeitung und Aktualisierung der Empfehlung notwendig machen.

2. Grundsätze zur Untersuchung und Bewertung von Futtermitteln

- Der hohe Stellenwert den Futtermittel in der Erzeugungskette von Nahrungsmitteln einnehmen, zwingt alle Beteiligten, welche mit Futtermittel 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 erst im Prozess der tierischen Erzeugung entscheidet sich, wie viel von dem Futtermittel aufgenommen wird und welche Futterwirkung daraus resultiert.
- Die Bewertungen eines Futtermittels durch die jeweilige Untersuchungsstelle sind **Beurteilungsempfehlungen**, welche dem aktuellen Stand der Tierernährungswissenschaft entsprechen sollen.
- Die Untersuchung und Bewertung eines Futtermittels **beginnt mit der Probenahme**. Der Probenehmer schätzt über Indikatoren des Fütterungserfolges, der Futtermittelhygiene und des sensorischen Befundes vor der laboranalytischen Untersuchung und Bewertung den Futterwert des Futtermittels selbst ein.

- Eine **repräsentative Probenahme** entscheidet wesentlich über das Ergebnis einer Futtermitteluntersuchung.
- Jede Futtermittelbewertung stellt einen **Kompromiss** dar. Mit Hilfe von Wertungsmatrizen, Tabellen und Schätzgleichungen wird ein Futterwert kalkuliert. Das Labor nutzt dazu die Untersuchungsbefunde und orientiert sich bei der Bewertung am aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisstand.
- Alle Wertungsschritte von Seiten der Untersuchungsstelle müssen **transparent** sein und dem Leser 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 **auszuweisen**.

3. Futtermitteluntersuchung

3.1. Probenahme

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

Bei Futteruntersuchungen, die nicht im Rahmen der amtlichen Futtermittelüberwachung erfolgen, trägt der jeweilige Auftraggeber der Untersuchung die Verantwortung für die repräsentative und ordnungsgemäße Probenahme. Von Seiten der Untersuchungs- und/oder Beratungsstelle kann der Probenehmer lediglich unterstützt werden. Zur Probenahme ist jeder berechtigt, der die folgenden Empfehlungen beachtet und im Auftrag des jeweiligen landwirtschaftlichen Betriebes handelt. **Folgende Grundsätze sind zu beachten:**

1. In Abhängigkeit vom Untersuchungsziel soll die Probe repräsentativ zu einer bestimmten Partie sein. Eine Partie ist die Menge eines Futtermittels, die sich nach ihrer sensorischen Beschaffenheit, Deklaration und räumlichen Zuordnung deutlich als Einheit darstellt. 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 müssen in dem Zustand zur Untersuchungsstelle gebracht werden, in dem sie der Futterpartie entnommen werden und auch zur Untersuchung gelangen.
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 möglichst **gleichgroße Einzelproben** an räumlich repräsentativ verteilten Stellen und nach dem Zufallsprinzip entnommen (empfohlene Anzahl der Einzelproben - vgl. Tabelle 1). Die Anzahl der Einzelproben wird durch die jeweilige Futtermittelart und Partiegröße bestimmt.

Die Probenahme ist bei **Silagen** vorzugsweise vom Anschnitt (möglichst frisch, um einen eventuellen mikrobiellen Abbau bzw. eine 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 Entnahmetechnik (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 bzw. vom Feld sind durch repräsentatives Ausmähen gleichgroßer Flächen zu gewinnen. Von Schütthaufen, Packungen oder aus Tanks werden **Konzentrate** entnommen (Entmischen oder Separieren möglichst ausschließen).

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

Tabelle 1: Anzahl und Mengen von Futtermittelproben

Futtermittel	Anzahl der Einzelproben für eine Sammelprobe	Mindestmenge der Sammelprobe (kg)	Mindestmenge der Endprobe (kg)
Grünfutter			
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
Silagen			
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
Pressschnitzel, Treber, Trester	5 ... 10	4	1 ... 1,5
Heu und Stroh	5 ... 10	1	0,25
Hackfrüchte			
Kartoffeln	10	25	5
ganze Rüben	10	25	5
trockene Konzentrate (lose, auch pelletiert einschließlich Mischfutter und Trockengrün)	nach Menge 5 ... 10	4	0,5
trockene Konzentrate (verpackt, auch pelletiert, einschließlich Mischfutter und Trockengrün)	nach Menge 5 ... 10	4	0,5
flüssige Futtermittel	4	4 Liter	1000 ml

* in Abhängigkeit von der zu beprobenden Fläche

Die Einzelproben werden durch intensives Durchmischen zu einer **Sammelprobe** vereint (empfohlene Menge der Sammelprobe vgl. Tabelle 1).

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 1).

Die Endprobe ist in einen **sauberen, dichten Plastebeutel**, aus welchem nach dem Einfüllen der Endprobe die Luft verdrängt wird, zu verpacken und zu kennzeichnen.

der Tabelle sind wichtige Angaben genannt, welche bei der Probenahme protokolliert werden sollten.

7. Bei Untersuchung auf Stoffe, die ungleichmäßig auch innerhalb einer Partie verteilt sein können, sind 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 werden alle Proben (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
Frischezustand	x	x	x	x
Homogenität	x	x	x	x
Geruch Essig Ammoniak Buttersäure Röstgeruch	x x x x x	x	x x	x
Farbe / Aussehen	x	x	x	x
Hitzeschädigung / Erhitzung	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 nicht durchgeführte Untersuchungen (Gärsäuren, Ammoniak, Hitzeschäden, Kornanteil, Anteil ganzer Körner, Häckselqualität, Rei-

fe ...) teilweise ersetzen, **futtermittelhygienische Abweichungen** beschreiben und wesentliche **Daten für die Attestierung** (Futtermittelart, botanische Reinheit, Vegetationsstadium, untypische Veränderungen ...) ergänzen. Häufig kann auch die Sensorik eines Futtermittels die Notwendigkeit einer analytischen, mikroskopischen oder anderen Untersuchung auslösen oder ausschließen (z.B. verdorbenes Futtermittel).

Zur Beurteilung des Allgemeinzustandes der Probe, des Konserviererfolges oder des Hygienestatus sollen die in Tabelle 3 zusammengestellten Parameter erfasst werden. Zur Ergänzung und Unterstützung der sensorischen Befunde können insbesondere bei Silagen chemische Untersuchungen (Bestimmung des pH-Wertes, Gehalte an Ammoniak, Gärsäuren und pepsinunlösliches Rohprotein) durchgeführt werden. Die Ergebnisse werden zur mathematischen Ermittlung des Konserviererfolges genutzt.

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 (DLG-Schlüssel). In bestimmten Fällen können die Einzelbefunde auch über einen Bewertungsschlüssel zu einer Gesamtnote zusammengefasst werden.

Die sensorischen Befunde charakterisieren den aktuellen Zustand des Futtermittels sowie den Konserviererfolg. Die Ergebnisse werden schriftlich formuliert und in die Bewertung der Qualität des Futtermittels einbezogen.

3.3. Probenvorbereitung

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

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

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

200 ... 400 g Frischsubstanz (je nach Feuchtegehalt der Probe) 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 Rohnährstoffe vor der Analytik zu vermeiden.

Die exakte Trockensubstanzbestimmung 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 Trockensubstanz bei Silageproben wie folgt korrigiert :

$\text{korrigierte T. (\%)} = 0,975 \times \text{ermittelte T. (\%)} + 2,08 \text{ (für Silagen außer Maissilagen)}$ $\text{korrigierte T. (\%)} = 0,960 \times \text{ermittelte T. (\%)} + 2,22 \text{ (für Maissilagen)}$

(WEIßBACH UND KUHLA, 1995)

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 Analysenvorschrift). 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 Aufgabenstellung und die Futtermittelart sowie durch die gerätetechnischen und personellen Möglichkeiten des Untersuchungslabors bestimmt. Bei geforderter energetischer Bewertung bedingt die Bewertungsmethode das Spektrum an analytisch zu bestimmenden Parametern. Für eine komplexe Rationsbeurteilung kann das zu untersuchende Spektrum darüber hinausgehen.

In der Futtermitteluntersuchung wird daher auf folgendes Analysenspektrum orientiert:

für die Energiebewertung:

*Trockenmasse (T.), Rohasche (RA), Rohprotein(RP), Rohfaser (RFa), Rohfett (RFe), im Einzelfall auch **Enzymlösliche organische Substanz (ELOS)** oder **Enzymunlösliche organische Substanz (EULOS)***

für die Rationsbeurteilung:

*Energiegehalt (s.o.)
Mineralstoffe (Mengen und Spurenelemente)
Stärke, Zucker
Konserviererfolg (pH-Wert, Ammoniak, Gärsäuren ...)
Faserfraktionen
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. Analysemethoden

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. Sie sind neben anderen als amtliche, EU-, Verbands- oder von der Fachgruppe „Futtermittel“ empfohlene Methode 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 Analyseverfahren** Anwendung, wie z. B. die Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) für die Untersuchung der

Feuchte und der organischen Futtermittelbestandteile oder die Atomabsorptionsspektroskopie (AAS), die Emissionsspektroskopie (ICP) für die Mineralstoffanalyse oder die Rohproteinfraktionierung nach LICITRA U.A. (1996). Vorteile dieser Verfahren sind vor allem Zeit- und Kosteneinsparung sowie Multielementanalyse in einem Untersuchungsgang, die sich aber nur bei sehr großen Probenserien egalieren. Weitere Einzelheiten zum Einsatz der NIRS-Technik finden sich z.B. im Standpunkt-papier des VDLUFA „Die Anwendung 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 U.A. (2000) zur Bestimmung der Proteinfraktionen (UDP-Gehalt).

Aufgrund der gegenwärtigen Unsicherheit beim analytischen Nachweis von Mykotoxinen in Futtermitteln, sind nachfolgende Hinweise formuliert wurden:

Zur Zeit werden zur Bestimmung von Mykotoxinen zwei unterschiedliche Verfahren eingesetzt.

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 materialaufwendigen 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 für die Mykotoxine bisher nur für die Aflatoxine geregelt. Der VDLUFA (Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungseinrichtungen) hat für die Toxine Deoxynivalenol (DON) und Zearalenon (ZEA) zwei HPLC-Methoden entwickelt, welche für Getreide und Mischfuttermittel in Ringversuchen getestet und validiert wurden. Diese Methoden werden von den meisten LUFEN eingesetzt.

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 eine 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 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. Innerhalb des VDLUFA tendiert man nach Auswertung eines ersten Ringversuches zu der Auffassung bei den "fast-ELISA-Tests" keine absoluten Werte anzugeben, sondern eine Einteilung in Gefährungsklassen vorzunehmen, und höhere Gehalte mit HPLC-Verfahren abzusichern. Die Untersuchungen dazu sind aber noch nicht abgeschlossen, so dass eine endgültige Bewertung noch aussteht.

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 Ringanalysen 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 Eicheln der Analysenwaagen sollte in den Untersuchungseinrichtungen zu den allgemeinen Grundsätzen guter Laborpraxis gehören.

Mit der Ausrichtung von Ringuntersuchungen für Mais- und Grassilage durch den Landesarbeitskreis "Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen" wurde ein erster Überblick über das Niveau der Grundfutteranalytik im Freistaat erarbeitet. Eine wichtige Schlussfolgerung aus den als erfolgreich eingeschätzten ersten Enquenzen war es, turnusmäßig Ringanalysen zur Sicherung der Analysenqualität durchzuführen. Die Palette der Proben umfasst nunmehr Grund- und Mischfuttermittel gleichermaßen.

Für die Durchführung dieser Ringanalysen werden vom Landesarbeitskreis "Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen" folgende Grundsätze festgelegt:

- 1.** Die Teilnahme an den Ringanalysen ist **freiwillig**.
- 2. Teilnahmeberechtigt** sind die im Landesarbeitskreis "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 ausreichend viele Teilnehmer sichern die statistische Auswertbarkeit der Ringanalyse.
- 3.** Die Ausrichtung der Ringanalyse wird vom Fachbereich Landwirtschaftliche Untersuchungen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig-Möckern koordiniert.
- 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 Landesarbeitskreises vom Koordinator der Ringanalyse durchgeführt werden.

5. Die Art des Probenmaterials und die zu untersuchenden Parameter werden vor jeder Ringanalyse im Arbeitskreis abgestimmt.

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

7. Die Zusendung der Proben zur Ringanalyse erfolgt mit Abgabe der **unterschiedlichen Teilnahmeerklärung**, die gleichzeitig zur Meldung der Analyseergebnisse oder zur vollständigen 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 (Gruppe 1)

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.

9. Es besteht kein Methodenzwang, d.h. jedes Labor kann die **Methode seiner Wahl** verwenden. Als Referenzmethoden dienen die amtlichen EU- bzw. Verbandsmethoden des VDLUFA (Methodenbuch, Band III – „Die chemische Untersuchung von Futtermitteln“). Für die Auswertung der Ringanalyse ist die verwendete 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 **4 Einzelwerte** anzugeben. Wird beim laborinternen Ausreißertest ein Ausreißer erkannt, sind weitere 2 Einzelwerte anzugeben.

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

12. Die statistische Auswertung der Ringanalyse erfolgt auf der Grundlage der DIN ISO 5725 in Verbindung mit „Z“ bzw. Z_u -Scores für die spezielle Auswertungskriterien festgelegt sind.

13. Die **Ergebnismitteilung** erfolgt **anonym** an alle Teilnehmer der Ringanalyse. Landesarbeitskreis erfolgt eine anonyme Diskussion der Ergebnisse.

14. Den teilnehmenden Laboreinrichtungen wird die erfolgreiche Teilnahme am Ringversuch für einzelne Untersuchungsparameter oder Parametergruppen bescheinigt, wenn sie sich mit ihrem Labormittelwert und ihrer Laborstandardabweichung innerhalb des Qualitätsrahmens bewegen. Die Bescheinigung stellt keine amtliche Anerkennung des Labors dar. Ein Muster des Zertifikates wird nachfolgend abgedruckt.

Eine Liste aller **erfolgreichen Teilnehmer** wird über die Staatlichen Ämter für Landwirtschaft und über das Internet **öffentlich bekannt gemacht**.

Musterzertifikat für die erfolgreiche Teilnahme am Ringversuch:


Zertifikat
über die Teilnahme
an der
RINGANALYSE „Jahr“
(Futtermittel)
Hiermit wird bestätigt, dass das Labor
NAME
unter der Labor-Nr.:

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; ELOS; HFT
Calcium, Phosphor, Natrium, Magnesium, Kalium
teilgenommen hat.

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Leipzig, den
Fachbereich Landwirtschaftliche Untersuchungen
Dr. habil. Suntheim
Fachbereichsleiter

Mit der bisherigen Durchführung der Ringanalysen wurde ein Datenpool erstellt, der es erlaubt, das Niveau der Futteruntersuchung einzuschätzen. An Hand des Datenpools wird für die Art des in den Ringanalysen getesteten Probenmaterials ein **Qualitätsrahmen** für die verschiedenen Analysenparameter festgelegt, in dem sich die beteiligten Laboreinrichtungen bei den Untersuchungen bewegten. Die Möglichkeiten der Weiterentwicklung bzw. Veränderung des Qualitätsrahmens werden 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 :

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.

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, ...) insbesondere bei Frischproben Wasser verdunstet und Nährstoffe veratmet bzw. mikrobiell abgebaut.

Bei der Probenvorbereitung im Labor

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

Bei der Analyse

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

Bei der Bewertung

Bei der Bewertung der Futtermittelprobe sind durch die erforderliche Anwendung von Kalkulationsgleichungen mehr oder weniger große Schätzfehler möglich.

4. Futtermittelbewertung

4.1. Energetische Bewertung

Grundlage für die Energiebewertung von Futtermitteln für Wiederkäuer sind folgende vom Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 1997 empfohlenen Berechnungsformeln für den Energiegehalt:

$$\begin{aligned} & \textbf{Bruttoenergie (GE) in MJ} \\ & = 0,0239 * \textbf{RP} + 0,0398 * \textbf{RFe} + 0,0201 * \textbf{RFa} + 0,0175 * \textbf{NfE} \\ & \\ & \textbf{Umsetzbare Energie (ME) in MJ} \\ & = 0,0312 * \textbf{vRFe} + 0,0136 * \textbf{vRFa} + 0,0147 * (\textbf{vOS} - \textbf{vRFe} - \textbf{vRFa}) + 0,00234 * \textbf{RP} \\ & \\ & \textbf{Netto-Energie-Laktation (NEL) in MJ} \\ & = 0,6 * (1 + 0,004 * (\textbf{ME} / \textbf{GE} * 100 - 57)) * \textbf{ME} \end{aligned}$$

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 von Schätzgleichungen erfolgt über das Standardverfahren (Hammelversuch).

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. Es ist Aufgabe des Lan-

des Arbeitskreises "Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen" über die neuen wissenschaftlichen Ergebnisse zu beraten und, wenn nötig, die Gleichungen zu 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 Roh-nährstoffe** über Labordaten und Nutzung der o.g. Gleichung zur Berechnung der Umsetzbaren Energie
- Übernahme der **Verdaulichkeit der Roh-nährstoffe** aus Futterwerttabellen und Nutzung der o.g. Gleichung zur Berechnung der Umsetzbaren Energie

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

Grundfuttermittel

Für folgende Grundfuttermittel wurden Schätzgleichungen publiziert, welche zur Kalkulation der Umsetzbaren Energie genutzt werden sollen:

- **Grünland** Grünfutter früh, mittel, spät, Winter, Silage, Heu je 1. und Folgeaufwuchs
- **Weidelgras** Grünfutter, Silage, Heu je 1. und Folgeaufwuchs
- **Silomais** Siliergut, Silage
- **Rotklee** Frischgras, Silage, Heu je 1. und Folgeaufwuchs
- **Luzerne** Grünfutter, Silage, Heu je 1. und Folgeaufwuchs
- **Leguminosen-Gemenge** Grünfutter, Silage, Heu je 1. und Folgeaufwuchs
- **Getreideganzpflanzen** Silage (Gerste, Hafer, Weizen)
- **Krautige Leguminosen** (Ackerbohnen, Erbsen, Lupinen, Esparsette) Grünfutter
- **Cruziferen** (Raps, Rübsen, Senf) Grünfutter, Silagen

Die Schätzgleichungen sind in den Tabellen 4 - 6 zusammengestellt. Auf eine umfangreiche Darstellung der statistischen Parameter wurde an dieser Stelle verzichtet. Die Quellen sind in den Tabellen markiert.

Für Futtermittel von Wiesen / Weiden und für Silomais existieren mehrere Gleichungen. In Abhängigkeit der Methodenausstattung der Labors kann die Konzentration an Umsetzbarer Energie (ME) in diesen Futtermitteln über Gleichungen kalkuliert werden, welche auf der Basis von Roh-nährstoffen, Roh-nährstoffen und ELOS / EU-LOS oder Roh-nährstoffen und Gasbildung nach Hohnheimer Futterwerttest (HFT) abgeleitet wurden. Diese Gleichungen können gleichwertig genutzt werden. Eine vergleichende Wertung der Ergebnisse soll an dieser Stelle nicht erfolgen. 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 Futtermittelverordnung Schätzgleichungen festgelegt. Diese Gleichungen werden auch für die Produktionskontrolle ge-

nutzt. Für die Wiederkäuer gelten die nachfolgend zusammengestellten Schätzgleichungen.

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

Mischfutter für Milchrinder

$$NEL = 3,81 + 0,0001329 \times RP \times Gb + 0,0001601 \times Rfe^2 + 0,0000135 \times Rfa^2 + 0,0000631 \times Nfe \times Gb - 0,0000487 \times RA \times Rfa$$

Mischfutter für Rinder (außer Milchrinder), Schafe und Ziegen

$$ME = 0,0126 \times RP + 0,0225 \times Rfa + 0,0112 \times Nfe + 0,0003975 \times RA \times Rfe - 0,0001993 \times RA \times Rfa + 0,0002449 \times ELOS^2 - 0,15$$

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). Eine abschließende Validierung dieser Gleichungen erfolgte bisher noch nicht.

Der Landesarbeitskreis „Futter und Fütterung im Freistaat Sachsen“ empfiehlt die Anwendung der beiden folgenden Schätzgleichungen.

Gleichungen zur Schätzung der Umsetzbaren Energie von TMR
(in MJ/kg T, Rohnährstoffe und ELOS in g/kg T)

Basis: Rohfaser und Rohfett

$$ME = 8,8793 - 0,01390 \times Rfa + 0,24357 \times Rfe - 0,000007 \times Rfa^2 - 0,002734 \times Rfe^2$$

$r^2 = 0,81, s_{y,x} = 0,27, \text{Residuen: } +0,54 \text{ bis } -0,40 \text{ MJ ME/kg T}$

Basis: Rohfaser, Rohfett und ELOS

$$ME = 1,5473 + 0,00764 \times ELOS + 0,23292 \times Rfe - 0,000021 \times Rfa^2 - 0,002760 \times Rfe^2$$

$r^2 = 0,90, s_{y,x} = 0,19, \text{Residuen: } +0,36 \text{ bis } -0,31 \text{ MJ ME/kg T}$

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 wurde. Die zusätzliche Berücksichtigung anderer Parameter, wie der NDF oder die Gasbildung, konnte die statistische Sicherheit der Schätzung nicht verbessern.

4.1.2. Kalkulation der Verdaulichkeiten

Für die Berechnung der Umsetzbaren Energie in Grundfuttermitteln, für welche keine der o.g. Schätzgleichungen gilt, werden die **Verdaulichkeitswerte** für Rohprotein, Rohfaser, Rohfett und N-freie Extraktstoffe mit Hilfe von Regressionsgleichungen ermittelt. Die in der Anhangstabelle zusammengestellten linearen Gleichungen sind mit Hilfe vorliegender Verdaulichkeitswerte der DLG-Tabelle und des Rostocker Be-

wertungssystem 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 Grundfuttermittels kalkuliert. Diese Vorgehensweise ist dem bayrischen System "ZIFO" entnommen worden und folgt dem linearen Regressionsansatz ($Y = A + B * X$) :

$$\text{Verdaulichkeit (\%)} \text{ RP, RFa, RFe, NFE} \\ = A + B * \text{g Rohfaser bzw. Rohprotein / kg Grundfutter-T.}$$

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 der Anhangstabelle 5 sind diese Bereiche zusammengestellt. Für Grundfuttermittel, die diesen Bereich unter- bzw. überschreiten, müssen Tabellenwerte genutzt werden oder es muss ein entsprechender Hinweis 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 Anhangstabelle 5 sind für die Grundfuttermittel, für welche die Verdaulichkeit regressiv geschätzt werden soll, die mittleren Rohfettwerte dargestellt. Für Futtermittel, welche eine Rohfettkonzentration über 50 g je kg Trockenmasse erwarten lassen, sollte die Rohfettkonzentration laboranalytisch ermittelt werden. Auf den Untersuchungsberichten (-attesten) soll kenntlich gemacht werden, ob die Rohfettkonzentration analytisch ermittelt oder aus Tabellen abgeleitet wurde.

4.1.3. Tabellenwerte für Verdaulichkeiten

Für die energie- bzw. proteinreiche Einzelfuttermittel (Konzentrate) werden die Werte für die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe aus der aktuellen DLG-Futterwerttabelle für Rinder genutzt.

Tabelle 4: Schätzgleichungen zur Bestimmung des energetischen Futterwertes von Grünfütter

Futtermittel	Quelle	Basis	Schätzgleichung
Ackerbohne	3	RNST	$ME = 13,09 - 0,01717 \times RFa - 0,01441 \times RA + 0,01304 \times RP$
Erbse	3	RNST	$ME = 13,09 - 0,01717 \times RFa - 0,01441 \times RA + 0,01304 \times RP$
Espartette	3	RNST	$ME = 13,09 - 0,01717 \times RFa - 0,01441 \times RA + 0,01304 \times RP$
Kleegras (1. Aufw.)	3	RNST	$ME = 14,91 - 0,01415 \times RFa - 0,01235 \times RA$
Kleegras (Folgeaufw.)	3	RNST	$ME = 11,76 - 0,00503 \times RFa - 0,01883 \times RA + 0,00605 \times RP$
Landsb. Gemenge (1. Aufw.)	3	RNST	$ME = 14,91 - 0,01415 \times RFa - 0,01235 \times RA$
Landsb. Gemenge (Folgeaufw.)	3	RNST	$ME = 11,76 - 0,00503 \times RFa - 0,01883 \times RA + 0,00605 \times RP$
Lupine	3	RNST	$ME = 13,09 - 0,01717 \times RFa - 0,01441 \times RA + 0,01304 \times RP$
Luzerne (1. Aufw.)	3	RNST	$ME = 9,21 - 0,00619 \times RFa - 0,00831 \times RA + 0,01350 \times RP$
Luzerne (Folgeaufw.)	3	RNST	$ME = 13,55 - 0,01501 \times RFa$
Luzerne-Gras (1. Aufw.)	3	RNST	$ME = 14,91 - 0,01415 \times RFa - 0,01235 \times RA$
Luzerne-Gras (Folgeaufw.)	3	RNST	$ME = 11,76 - 0,00503 \times RFa - 0,01883 \times RA + 0,00605 \times RP$
Raps	3	RNST	$ME = 14,73 - 0,01093 \times RFa - 0,01379 \times RA$
Rotklee (1. Aufw.)	3	RNST	$ME = 11,78 - 0,000026 \times RFa^2 - 0,01713 \times RA + 0,00912 \times RP$
Rotklee (Folgeaufw.)	3	RNST	$ME = 11,65 - 0,000031 \times RFa^2 - 0,02225 \times RA + 0,01182 \times RP$
Rübsen	3	RNST	$ME = 14,73 - 0,01093 \times RFa - 0,01379 \times RA$
Senf	3	RNST	$ME = 14,73 - 0,01093 \times RFa - 0,01379 \times RA$
Silomais	2	EULOS	$ME = 14,27 - 0,0147 \times RA - 0,0120 \times EULOS + 0,00234 \times RP$
Silomais	2	RNST	$ME = 14,03 - 0,01386 \times RFa - 0,01018 \times RA$
Weidegras (Folgeaufw.)	3	RNST	$ME = 14,35 - 0,01694 \times RFe$
Weidelgras (1. Aufw.)	3	RNST	$ME = 12,80 - 0,01136 \times RFa + 0,00452 \times RP$
Wiesen / Weiden (1. Aufw.)	2	HFT	$ME = 1,12 + 0,4348 \times RFe + 0,0002915 \times RFe \times RA + 0,000278 \times RFe \times RP - 0,003997 \times RFe^2 - 0,003699 \times Gb \times RFe + 0,001898 \times Gb^2$
Wiesen / Weiden (1. Aufw.)	1	EULOS	$ME = 13,96 - 0,0147 \times RA - 0,0108 \times EULOS + 0,00234 \times RP$
Wiesen / Weiden (1. Aufw.)	2	RNST *	$ME = 14,06 - 0,01370 \times RFa + 0,00483 \times RP - 0,0098 \times RA$
Wiesen / Weiden (Folgeaufw.)	2	HFT	$ME = 1,12 + 0,4348 \times RFe + 0,0002915 \times RFe \times RA + 0,000278 \times RFe \times RP - 0,003997 \times RFe^2 - 0,003699 \times Gb \times RFe + 0,001898 \times Gb^2$
Wiesen / Weiden (Folgeaufw.)	1	EULOS	$ME = 13,96 - 0,0147 \times RA - 0,0108 \times EULOS + 0,00234 \times RP$
Wiesen / Weiden (Folgeaufw.)	2	RNST *	$ME = 12,47 - 0,00686 \times RFa + 0,00388 \times RP - 0,01335 \times RA$
Wiesen / Weiden (Spätschnitt)	4	EULOS	$ME = 13,98 - 0,0147 \times RA - 0,0102 \times EULOS - 0,00000254 \times EULOS^2 + 0,00234 \times RP$
Wiesen / Weiden (Winterweiden)	5	HFT	$ME = 2,715 + 0,08 \times Gb + 0,1743 \times RP$
Wiesen / Weiden (Winterweiden)	5	ELOS	$ME = 2,707 + 0,0386 \times ELOS + 0,1283 \times RP + 0,1265 \times RA$
Wiesen / Weiden (Winterweiden)	5	RNST	$ME = 3,425 + 0,1134 \times RFa + 0,2693 \times RP - 0,5680 \times ADL$

* nicht anwenden bei Spätschnitt, 1-2 Nutzungen / Jahr, Grünfütter $VQ_{OS} < 60$, Silage $VQ_{OS} < 60$, Heu $VQ_{OS} < 50$, höhere Anteile minderwertige Gräser

Quellen: 1 Weißbach u.a. (1996), 2 GfE (1998), 3 Aiple (1999), 4 Weißbach (1999), 5 Wacker und Steinhöfel (2002)

Tabelle 5: Schätzgleichungen zur Bestimmung des energetischen Futterwertes von Silagen

Futtermittel	Quelle	Basis	Schätzgleichung
CCM	2	EULOS	$ME = 14,27 - 0,0147 \times RA - 0,0120 \times EULOS + 0,00234 \times RP$
CCM	2	RNST	$ME = 14,03 - 0,01386 \times RFa - 0,01018 \times RA$
Getreide-GPS (Gerste)	3	RNST	$ME = 11,57 - 0,00977 \times RFa - 0,00711 \times RA + 0,00621 \times RP$
Getreide-GPS (Hafer)	3	RNST	$ME = 11,57 - 0,00977 \times RFa - 0,00711 \times RA + 0,00621 \times RP$
Getreide GPS (Weizen)	3	RNST	$ME = 11,57 - 0,00977 \times RFa - 0,00711 \times RA + 0,00621 \times RP$
Kleegras (1. Aufw.)	3	RNST	$ME = 16,66 - 0,01781 \times RFa - 0,01590 \times RA$
Kleegras (Folgeaufw.)	3	RNST	$ME = 14,65 - 0,01307 \times RFa - 0,01308 \times RA$
Landsb. Gemenge (1. Aufw.)	3	RNST	$ME = 16,66 - 0,01781 \times RFa - 0,01590 \times RA$
Landsb. Gemenge (Folgeaufw.)	3	RNST	$ME = 14,65 - 0,01307 \times RFa - 0,01308 \times RA$
LKS	2	EULOS	$ME = 14,27 - 0,0147 \times RA - 0,0120 \times EULOS + 0,00234 \times RP$
LKS	2	RNST	$ME = 14,03 - 0,01386 \times RFa - 0,01018 \times RA$
Luzerne (1. Aufw.)	3	RNST	$ME = 14,40 - 0,01300 \times RFa - 0,01500 \times RA$
Luzerne-Gras (1. Aufw.)	3	RNST	$ME = 16,66 - 0,01781 \times RFa - 0,01590 \times RA$
Luzerne-Gras (Folgeaufw.)	3	RNST	$ME = 14,65 - 0,01307 \times RFa - 0,01308 \times RA$
Maissilage	2	EULOS	$ME = 14,27 - 0,0147 \times RA - 0,0120 \times EULOS + 0,00234 \times RP$
Maissilage	2	RNST	$ME = 14,03 - 0,01386 \times RFa - 0,01018 \times RA$
Raps	3	RNST	$ME = 13,16 - 0,000032 \times RFa^2 - 0,01612 \times RA + 0,00753 \times RP$
Rotklee (1. Aufw.)	3	RNST	$ME = 12,60 - 0,01138 \times RFa$
Rotklee (Folgeaufw.)	3	RNST	$ME = 13,23 - 0,01424 \times RFa$
Rübsen	3	RNST	$ME = 13,16 - 0,000032 \times RFa^2 - 0,01612 \times RA + 0,00753 \times RP$
Senf	3	RNST	$ME = 13,16 - 0,000032 \times RFa^2 - 0,01612 \times RA + 0,00753 \times RP$
Weidegras (Folgeaufw.)	3	RNST	$ME = 12,93 - 0,01414 \times RFa - 0,01011 \times RA + 0,01264 \times RP$
Weidelgras (1. Aufw.)	3	RNST	$ME = 14,88 - 0,01845 \times RFa$
Wiesen / Weiden (1. Aufw.)	2	HFT	$ME = -2,6 + 0,1438 \times RFe + 0,2353 \times Gb + 0,00002146 \times RP \times RFa + 0,0002798 \times RFe \times RP - 0,003768 \times Gb \times RFe$
Wiesen / Weiden (1. Aufw.)	2	ELOS	$ME = 0,54 + 0,01987 \times RP + 0,01537 \times ELOS + 0,000706 \times RFe^2 - 0,00001262 \times ELOS \times RA - 0,00003517 \times ELOS \times RP$
Wiesen / Weiden (1. Aufw.)	2	RNST *	$ME = 13,99 - 0,01193 \times RFa + 0,00393 \times RP - 0,01177 \times RA$
Wiesen / Weiden (Folgeaufw.)	2	HFT	$ME = -2,6 + 0,1438 \times RFe + 0,2353 \times Gb + 0,00002146 \times RP \times RFa + 0,0002798 \times RFe \times RP - 0,003768 \times Gb \times RFe$
Wiesen / Weiden (Folgeaufw.)	2	ELOS	$ME = 0,54 + 0,01987 \times RP + 0,01537 \times ELOS + 0,000706 \times RFe^2 - 0,00001262 \times ELOS \times RA - 0,00003517 \times ELOS \times RP$
Wiesen / Weiden (Folgeaufw.)	2	RNST *	$ME = 12,91 - 0,01003 \times RFa + 0,00689 \times RP - 0,01553 \times RA$
Wiesen / Weiden (Spätschnitt)	4	EULOS	$ME = 13,98 - 0,0147 \times RA - 0,0102 \times EULOS - 0,00000254 \times EULOS^2 + 0,00234 \times RP$

* nicht anwenden bei Spätschnitt, 1-2 Nutzungen / Jahr, Grünfütter $VQ_{OS} < 60$, Silage $VQ_{OS} < 60$, Heu $VQ_{OS} < 50$, höhere Anteile minderwertige Gräser
 Quellen: 1 Weißbach u.a. (1996), 2 GfE (1998), 3 Aiple (1999), 4 Weißbach (1999), 5 Wacker und Steinhöfel (2002)

Tabelle 6: Schätzgleichungen zur Bestimmung des energetischen Futterwertes von Heu

Futtermittel	Quelle	Basis	Schätzgleichung
Luzerne (1. Aufw.)	3	RNST	$ME = 12,60 - 0,01024 \times RFa - 0,00881 \times RA$
Luzerne (Folgeaufw.)	3	RNST	$ME = 11,26 - 0,01005 \times RFa$
Rotklee (1. Aufw.)	3	RNST	$ME = 11,23 - 0,000023 \times RFa^2$
Weidegras (Folgeaufw.)	3	RNST	$ME = 13,51 - 0,01443 \times RFa$
Weidelgras (1. Aufw.)	3	RNST	$ME = 17,16 - 0,02076 \times RFa - 0,01570 \times RA$
Wiesen / Weiden (1. Aufw.)	2	HFT	$ME = 4,99 + 0,1695 \times Gb - 0,00006067 \times RA^2 + 0,00006168 \times RA \times RP + 0,0002373 \times RFe \times RFa - 0,0003105 \times Gb \times RFa - 0,001134 \times Gb \times RFe$
Wiesen / Weiden (1. Aufw.)	2	ELOS	$ME = -1,04 + 0,3724 \times RFe + 0,01548 \times RFa - 0,0004919 \times RFe \times RFa - 0,0003674 \times ELOS \times RFe + 0,00001611 \times ELOS^2$
Wiesen / Weiden (1. Aufw.)	2	RNST *	$ME = 13,69 - 0,01624 \times RFa + 0,00693 \times RP - 0,0067 \times RA$
Wiesen / Weiden (Folgeaufw.)	2	HFT	$ME = 4,99 + 0,1695 \times Gb - 0,00006067 \times RA^2 + 0,00006168 \times RA \times RP + 0,0002373 \times RFe \times RFa - 0,0003105 \times Gb \times RFa - 0,001134 \times Gb \times RFe$
Wiesen / Weiden (Folgeaufw.)	2	ELOS	$ME = -1,04 + 0,3724 \times RFe + 0,01548 \times RFa - 0,0004919 \times RFe \times RFa - 0,0003674 \times ELOS \times RFe + 0,00001611 \times ELOS^2$
Wiesen / Weiden (Folgeaufw.)	2	RNST *	$ME = 14,05 - 0,01784 \times RFa$
Wiesen / Weiden (Spätschnitt)	4	EULOS	$ME = 13,98 - 0,0147 \times RA - 0,0102 \times EULOS - 0,00000254 \times EULOS^2 + 0,00234 \times RP$

* nicht anwenden bei Spätschnitt, 1-2 Nutzungen / Jahr, Grünfutter $VQ_{OS} < 60$, Silage $VQ_{OS} < 60$, Heu $VQ_{OS} < 50$, höhere Anteile minderwertige Gräser

Quellen: 1 Weißbach u.a. (1996), 2 GfE (1998), 3 Aiple (1999), 4 Weißbach (1999), 5 Wacker und Steinhöfel (2002)

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:

1. Maissilagen mit unzerkleinerten Maiskörnern (ab Teigreife)

(der Anteil unzerkleinerter Körner in % der Körner insgesamt wird in ausgewiesenen Schritten visuell eingeschätzt oder nach der Vortrocknung ausgewogen)

% Abzug vom energetischen Futterwert für Maissilagen mit geringem Kornanteil (< 200 g Stärke (T.))	=	% ganze Körner / 10 - 0,5
% Abzug vom energetischen Futterwert für Maissilagen mit mittlerem Kornanteil (200...300g Stärke (T.))	=	% ganze Körner / 10
% Abzug vom energetischen Futterwert für Maissilagen mit hohem Kornanteil (> 300 g Stärke (T.))	=	% ganze Körner / 10 + 0,5

2. Getreideganzpflanzensilagen bei Reifeüberschreitung

(die Reifeüberschreitung wird über die Bestimmung der Tausendkornmasse definiert oder sensorisch ermittelt)

% Abzug vom energetischen Futterwert bei einer Tausendkornmasse von > 35 g	=	3 %
% Abzug vom energetischen Futterwert bei einer Tausendkornmasse von > 40 g	=	5 %

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 "Mikrobenrohprotein" (MP) und "Unabgebautem Rohprotein" (UDP) (auch als Durchflussprotein bzw. bypass-Protein bezeichnet). Aufgrund der Abhängigkeit beider Größen wird das nRP aber nicht partiell sondern über Regressionsgleichungen kalkuliert.

In die Gleichungen gehen die Energiekonzentrationen (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:

$$\text{nRP (g/kg T)} = [11,93 - (6,82 * (\text{UDP} / 100))] * \text{ME} + 1,03 * \text{UDP} * \text{RP} / 100$$

(bei <7% Rohfett)

$$\text{nRP (g/kg T)} = [13,06 - (8,41 * (\text{UDP} / 100))] * (\text{ME} - \text{ME aus RFe}) + 1,03 * \text{UDP} * \text{RP} / 100$$

(bei >7% Rohfett)

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)

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

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

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

1. 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 Gesellschaft für Ernährung (GfE) empfohlen, auf Tabellenwerte zurückzugreifen.

$$\text{UDP (\%)} = \text{Tabellenwerte in Anlehnung an die DLG-Futterwerttabelle (1997)}$$

(Für die wichtigsten Futtermittel wurden die in der Anhangstabelle aufgeführten UDP-Anteile ausgewählt.)

2. Labormethode

Tabellenwerte sind aufgrund der Variabilität der Proteinqualität in Einzelfuttermitteln und der Dynamik, welche dieses Futtermittel in der Ration und letztlich im Tier unterworfen ist, problematisch. Aufgrund dessen, wird seit Jahren nach einer kosten- und aufwandminimierten Routinemethode gesucht, um das UDP von Futtermitteln im Labor zu bestimmen. Gegenwärtig existieren jedoch keine Referenz-/ Standardmethoden, mit welcher es möglich ist, über Laborergebnisse geschätzte Proteinabbaubarkeiten zu validieren. 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 der Grundlage verschiedener Untersuchungen entwickelten SHANNAK ET AL. (2000) in Kiel Schätzgleichungen. Über folgende Gleichungen wird mit Hilfe der verschiedenen Proteinfraktionen der Gehalt an UDP für drei ruminale Passageraten (2%, 5% und 8% h⁻¹) kalkuliert:

$$\text{UDP2*} = -243,576 + [-299,841 \times (\text{RP} / \text{PNDF})] + [0,0028 \times (\text{RP} \times \text{B2})] + [-0,0315 \times (\text{RP} \times \text{C})] + [0,0039 \times (\text{RP} \times (\text{A} + \text{B1}))] + [0,0002 \times (\text{RP} \times \text{C} \times \text{C})] + [-0,0017 \times (\text{PNDF} \times \text{B1})] + [0,0036 \times (\text{B3} + \text{C}) \times \text{B2}]$$

* UDP bei einer ruminalen Passagerate von 2%h⁻¹

$$\text{UDP5*} = -189,682 + [-304,721 \times (\text{RP} / \text{PNDF})] + [0,003 \times (\text{RP} \times \text{B2})] + [-0,0263 \times (\text{RP} \times \text{C})] + [0,0038 \times (\text{RP} \times (\text{A} + \text{B1}))] + [0,0002 \times (\text{RP} \times \text{C} \times \text{C})] + [-0,0022 \times (\text{PNDF} \times \text{B1})] + [0,0038 \times (\text{B3} + \text{C}) \times \text{B2}]$$

*UDP bei einer ruminalen Passagerate von 5%h⁻¹

$$\text{UDP8}^* = -98,633 + [-275,125 \times (\text{RP} / \text{PNDF})] + [0,0028 \times (\text{RP} \times \text{B2})] + [-0,022 \times (\text{RP} \times \text{C})] + [0,0032 \times (\text{RP} \times (\text{A} + \text{B1}))] + [0,0002 \times (\text{RP} \times \text{C} \times \text{C})] + [-0,002 \times (\text{PNDF} \times \text{B1})] + [0,0035 \times (\text{B3} + \text{C}) \times \text{B2}]$$

* UDP bei einer ruminalen Passagerate von $8\%h^{-1}$

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

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

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

4.3. Bewertung der Strukturwirksamkeit

Die Futtermittelstruktur ist die Summe von Eigenschaften eines Futtermittels, die durch dessen physikalische Form und den Gehalt an Gerüstsubstanzen bestimmt wird. Die Ermittlung der Futtermittelstruktur der Einzelkomponenten erfolgt auf der Grundlage des Gehaltes an strukturwirksamer Rohfaser. Der Gehalt an strukturwirksamer Rohfaser wird wie folgt bestimmt:

<i>Strukturwirksame Rohfaser = analytisch bestimmte Rohfaser x Faktor f</i>
--

Tabelle 6: Faktoren zur Berechnung der "Strukturwirksamen Rohfaser"

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

¹⁾ für die wichtigsten Grobfuttermittelgruppen werden bei extremen Abweichungen der Partikelgrößenverteilung „Strukturfaktoren“ > 1,0 verwendet, z.B. bei Langstroh f = 1,5

Diese Strukturwirksamkeit ist jedoch nur gegeben, wenn Mindestanforderungen der physikalischen Form der Futtermittel eingehalten werden. Bei den physikalischen Faktoren ist die Teilchengrößenverteilung (Partikelgröße) die wichtigste Kennzahl. Sie wird durch fraktionierte Siebung der luftgetrockneten Komponenten oder/und der Mischration bestimmt.

Da die Grundfuttermittel 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.

Beim Einsatz bestimmter Futtermischwagen, die durch ihre Technik zu einem hohen Vermusungsgrad führen sowie bei Verwendung stark zerkleinernder Entnahmefräsen, kann es auch 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 Futtermischwagen vom Futtertisch) vorzunehmen.

Zur Bewertung der Siebfraktionen von ausgewählten Grundfuttermitteln bzw. Mischrationen werden folgende Optimalbereiche festgelegt:

Tabelle 7: Optimalbereiche für Siebfraktionen von Silagen und TMR

Siebgröße <i>mm</i>	Mindestanteil (% der lufttrockenen Substanz)				
	Mischration		Mais-silage	Gras-silage	Getreide-GPS
	Rinder	Schafe Ziegen			
> 19	5 - 10	5 - 10	10 - 15	15 - 25	10 - 15
8 - 19	35 - 45	25 - 35	40 - 50	30 - 40	40 - 50
< 8	45 - 55	55 - 65	40 - 50	40 - 50	40 - 50

Bei der Siebfraktionierung sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Die Grundregeln einer repräsentativen Probenahme gelten auch für die Siebfraktionierung.
- Die Proben müssen vor der Wägung unbedingt getrocknet werden. Der Probenumfang sollte 1,5 kg Frischmasse nicht unterschreiten.
- Die Einzelprobe sollte mindestens 250 g lufttrockene Substanz beinhalten.
- Die Siebung muss mindestens 3 mal, d.h. mit zweifacher Wiederholung erfolgen. Falls die Einzelergebnisse mehr als 25 % voneinander verschieden sind, sollte die Siebung wiederholt durchgeführt werden.
- Bei der Nutzung von Schüttelboxen sollten die in den Bedienungsanleitungen formulierten Schüttelmuster und -häufigkeiten berücksichtigt werden.
- Das Ergebnis der Siebung ist durch sensorische Begutachtung auf Plausibilität zu überprüfen.

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".

4.5. Bewertung der Silierbarkeit von Futtermitteln

Über die Silierbarkeit von Futtermitteln entscheiden in erster Linie die Menge an verfügbaren wasserlöslichen Kohlenhydraten (Zuckergehalt - (Z)), die erforderliche Milchsäuremenge in g / kg, die für eine Ansäuerung auf pH-Wert 4,0 notwendig ist, (Pufferkapazität - (PK)) und die osmotischen Bedingungen bzw. die Wasseraktivität (Trockenmassegehalt - (T.)).

Die Silierbarkeit eines Futtermittels wird nach (WEIßBACH U.A. 1974) durch die Erreichung des Mindest-Trockenmassegehaltes (T_{\min}) definiert, welche mit Hilfe des Zucker-Pufferkapazitäts-Quotienten (**Z/PK**) wie folgt berechnet wird:

$$T_{\min} = 450 - 80 \times Z/PK$$

T. in g / kg Siliergut; Z in g / kg T; PK in g Milchsäure / kg T

Die Silierbarkeit des Futtermittels wird wie folgt bewertet:

- $T. = T_{\min} + > 20$ g / kg Siliergut = **gute** Silierbarkeit
- $T. = T_{\min} +/- 20$ g / kg Siliergut = **Grenzbereich** der Silierbarkeit
- $T. = T_{\min} - > 20$ g / kg Siliergut = **schlechte** Silierbarkeit

Außerdem spielen für die Siliereignung die **epiphytische Ausgangsflora** und der **Nitratgehalt** eine Rolle. Eine Bestimmung der Ausgangsflora zur Bewertung der Siliereignung ist bisher nicht praktikabel. Der Nitratgehalt des Siliergutes sollte über 3 g je kg Trockenmasse liegen, um eine buttersäurefreie Silierung zu sichern.

4.6. Bewertung des Konserviererfolges von Silagen

Der Konserviererfolg von Silagen wird mit Hilfe des "DLG-Schlüssels zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf der **Basis der chemischen Untersuchung**" von WEIßBACH UND HONIG (1993) beurteilt. Die Anwendung dieses Bewertungsschlüssels kann auch modifiziert erfolgen, d.h. ohne die Bestimmung der Gärsäuren bzw. des Ammoniakgehaltes. Wenn keine analytische Bestimmung der Gärsäuren bzw. des Ammoniakgehaltes durchgeführt wird, können diese Parameter **durch sensorische Befunde geschätzt** werden. Dies ist insbesondere deshalb notwendig, da es ggw. kaum Untersuchungseinrichtungen gibt, die eine Gärsäureanalytik praktizieren. Die Wahl des Verfahrens ist von der jeweiligen Problemsicht (z.B. Milchqualitätsberatung) und vom Wunsch des Auftraggebers der Untersuchung abhängig. Der pH-Wert und Trockensubstanzgehalt muss grundsätzlich laboranalytisch bestimmt werden.

Zu berücksichtigen ist ein möglicher Einfluss des **Nitratgehaltes im Siliergut**. Sowohl bei der Einschätzung der Silierbarkeit als auch bei Bewertung des Konserviererfolges über den DLG-Schlüssel sind Fehlinterpretationen nicht ausgeschlossen (KAISER, 1999). Frau Professor Kaiser schlägt deshalb einen vom Nitratgehalt unabhängigen Bewertungsschlüssel vor, welcher auf der Grundlage der Butter- und Essigsäureanalytik basiert. Da jedoch im Freistaat Sachsen gegenwärtig kein Labor eine Gärsäureanalytik praktiziert, wird die Bewertung über den o.g. DLG-Schlüssel beibehalten.

4.6.1. DLG-Bewertungsschlüssel

A. Punkteschlüssel

Gesamtpunktzahl	Konserviererfolg (Gärqualität)	
	Note	Urteil
91 ...100	1	sehr gut
71 ...90	2	gut
51 ...70	3	mäßig
31 ...50	4	schlecht
< 30	5	sehr schlecht / fütterungsuntauglich

B. Mathematische Ermittlung der Punktzahlen

- Punktzahl für den Ammoniakgehalt

$$\text{Punkte} = (35,75 - 1,30 \times \text{NH}_3\text{-N in \% des Gesamt-N})$$

- Punktzahl für den pH-Wert in Abhängigkeit des T.-Gehaltes der Silage

bis 20 % T.	$\text{Punkte} = - 548,6 + 410,0 \times \text{pH} - 92,32 \times \text{pH}^2 + 6,402 \times \text{pH}^3$
20...30 % T.	$\text{Punkte} = - 634,3 + 447,7 \times \text{pH} - 96,16 \times \text{pH}^2 + 6,402 \times \text{pH}^3$
31...45 % T.	$\text{Punkte} = - 727,7 + 486,9 \times \text{pH} - 100,0 \times \text{pH}^2 + 6,402 \times \text{pH}^3$
über 45 % T.	$\text{Punkte} = - 829,2 + 527,7 \times \text{pH} - 103,8 \times \text{pH}^2 + 6,402 \times \text{pH}^3$

- Punktzahl für den Buttersäuregehalt (Summe aus i-BS; n-BS; i-VS; n-VS; n-CS)

$$\text{Punkte} = 27,48 - 15,27 \times \ln (\% \text{ Buttersäure in der Silage-T.})$$

- Punktzahl für den Essigsäuregehalt (Summe aus ES und PS)

$$\text{Punkte} = 15,0 - 5,0 \times (\% \text{ Essigsäure in der Silage- T.})$$

- Punktabzug bei Hitzeschädigung*) und Schimmelbefall

Der Grad der Hitzeschädigung kann über die Bestimmung des pepsinunlöslichen Rohproteinanteil am Futterrohprotein oder sensorisch ermittelt werden (vgl. Anhangstabelle 1). Der Schimmelbefall wird sensorisch eingeschätzt (vgl. Anhangstabelle 2).

keine Hitzeschädigung	- 0 Punkte
geringe Hitzeschädigung	- 10 Punkte
deutliche und starke Hitzeschädigung	- 20 Punkte
Mäßiger Schimmelbefall (einzelne Nester)	- 30 Punkte
starker Schimmelbefall (bis 10%)	- 50 Punkte
sehr starker Schimmelbefall (>10%)	fütterungsuntauglich

4.6.2. Sensorische Bestimmung von Gärsäuren bzw. Ammoniak

Beurteilung des Buttersäuregehaltes

Sensorischer Befund	Punktzahl nach DLG	Gehalt in % der T. für mathematische Punkteberechnung
<u>Buttersäuregeruch</u>		
<i>nicht wahrnehmbar</i>	45	0,4
<i>leicht wahrnehmbar</i>	25	1,4
<i>stark wahrnehmbar</i>	5	5
<i>sehr starker wahrnehmbar</i>	0	10

Beurteilung des Essigsäuregehaltes

Sensorischer Befund	Punktzahl nach DLG	Gehalt in % der T. für mathematische Punkteberechnung
<u>Essigsäuregeruch</u>		
<i>nicht wahrnehmbar</i>	0	3,5
<i>schwach wahrnehmbar</i>	-10	5,5
<i>stechend wahrnehmbar</i>	-20	7,5
<i>stark stechend wahrnehmbar</i>	-30	9,5

Beurteilung des Ammoniakgehaltes

Sensorischer Befund	Punktzahl nach DLG	Gehalt in % der T. für mathematische Punkteberechnung
<u>Ammoniakgeruch</u>		
<i>nicht wahrnehmbar</i>	25	10
<i>schwach wahrnehmbar</i>	15	18
<i>deutlich wahrnehmbar</i>	5	26
<i>sehr stark wahrnehmbar</i>	0	34

4.6.3. 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.

Rohproteinabbau im Silo

Grad des Abbaus	Ammoniak-N am Rohprotein-N in %	Sensorischer Befund Ammoniakgeruch
<i>sehr gering</i>	< 10	<i>nicht wahrnehmbar</i>
<i>gering</i>	10 ... 18	<i>schwach wahrnehmbar</i>
<i>deutlich</i>	19 ... 26	<i>deutlich wahrnehmbar</i>
<i>stark</i>	> 26	<i>sehr stark wahrnehmbar</i>

Der Anteil an Ammoniakstickstoff am Gesamtstickstoff ist ein wichtiges Kriterium für die Beurteilung des Konserviererfolges.

Hitzeschädigung durch Heißvergärung

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

(vgl. auch Anhangstabelle 1)

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 sowie durch
- das Vorhandensein von **Exkrementen verschiedener Wirbeltiere** (z.B. *Schadnager, Vögel, Katzen, Hunde*) einschließlich deren Körperbestandteile bzw. Kadaver.

4.7.1. Sensorische Voruntersuchung

Bei jeder Untersuchung sollte die hygienische Beschaffenheit von Futtermitteln zuerst mit Hilfe der sensorischen Untersuchung (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 Probleme erkennen lassen, müssen auf den Attesten dokumentiert werden und sollen zwingend zu einer laboranalytischen Kontrolle oder zum sofortigen Fütterungsverbot führen.

4.7.2. Auffällige Laborbefunde

Hygienische Probleme können auch durch auffällige Abweichung der folgenden Laborparameter bei der routinemäßigen Futterwertkontrolle von Futtermitteln sichtbar 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. silierter Futtermittel

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

Tabelle 8: Beständigkeit und ruminale Abbaugeschwindigkeit von Kohlenhydraten und Rohprotein aus Grundfuttermitteln

Futtermittel	Beständigkeit Stärke %	Abbaugeschwindigkeit Kohlenhydrate				Beständigkeit RP % UDP	Abbaugeschwindigkeit Rohprotein			
		+	++	+++	++++		+	++	+++	++++
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
Futtermaps	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	30		x			25			x	
Maissilage mäßig	21		x			25			x	
Maissilage mittel	28		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

Legende: + = langsam; ++ = mittel; +++ = schnell; ++++ = sehr schnell

Tabelle 9: Beständigkeit und ruminale Abbaugeschwindigkeit von Kohlenhydraten und Rohprotein aus Konzentraten

Futtermittel	Beständigkeit Stärke %	Abbaugeschwindigkeit Kohlenhydrate				Beständigkeit RP % UDP	Abbaugeschwindigkeit Rohprotein			
		+	++	+++	++++		+	++	+++	++++
Ackerbohnen	20				x	15				x
Biertreber	10		x			40			x	
Biertreibersilage	10		x			40			x	
CCM	30	x				35		x		
Citrustrester	0				x	25			x	
Erbsen	24				x	15				x
Gehaltsrüben	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			
Leinextraktionsschrot	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		
Rapsextraktionsschrot	10		x			25			x	
Rapskuchen	10		x			30			x	
Rapssaar	10		x			20			x	
Roggen	15				x	15			x	
Sojabohnenschalen	10		x			15			x	
Sojaextraktionsschrot	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

Legende: + = langsam; ++ = mittel; +++ = schnell; ++++ = sehr schnell

4.7.3. Futtermittelrechtliche Regelungen

Informationspflicht

Das aktuelle Futtermittelrecht fordert, dass die Unbedenklichkeit eines Futtermittels garantiert werden muss. Ist dies nicht der Fall muss das Futtermittel aus Gründen der Vorsorge für Mensch und Tier von der Verfütterung ausgeschlossen und vernichtet werden. Alle Personen, die mit Futtermitteln umgehen und Grund zur Annahme haben, dass ein Futtermittel so hoch mit unerwünschten Stoffen belastet ist, dass es bei bestimmungsgemäßer und sachgerechter Verfütterung eine schwerwiegende Gefahr für die menschliche oder tierische Gesundheit darstellt, müssen dies unverzüglich der zuständigen Behörde melden. Die zuständige Behörde im Freistaat Sachsen ist die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft.

Grenzwerte für unerwünschte Stoffe

Zum Schutz von Mensch und Tier sind im Futtermittelrecht von EU bzw. BRD verbotene Stoffe und Grenzwerte 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 Höchstwerte sind der aktuellen Rechtsprechung zu entnehmen.

- **Unerwünschte Stoffe:** Aflatoxin B1, Arsen, Blausäure, Blei, Cadmium, Camphechlor, Chlordan, Crotalaria-Arten, DDT, Aldrin, Dieldrin, Dioxine, Endosulfan, Endrin, Fluor, freies Gossypol, Heptachlor, Hexachlorbenzol, Hexachlorcyclohexan, 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 (1) der Futtermittelverordnung dürfen die festgesetzten Grenzwerte um das 2,5-fache überschritten sein, wenn das betreffende Futtermittel im landwirtschaftlichen Betrieb erzeugt und in Verbindung mit anderen unbelasteten Futtermitteln innerhalb des Betriebes verfüttert wird. Nach EU-Richtlinie 2003/32/EG tritt diese „Verschneidungsmöglichkeit“ allerdings ab dem 01.08.2003 außer Kraft.

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

4.7.4. Mikrobiologische Qualität

Der VDLUFA-Arbeitskreis „Futtermittelmikrobiologie“ hat in Zusammenarbeit mit der Europäischen Organisation für Futtermittelmikrobiologie eine einheitliche Beurteilung der mikrobiologischen Beschaffenheit vorgeschlagen. Dabei finden neben den Gesamtkeimgehalten der spezifische Mikrobenbesatz, differenziert nach 19 verschiedenen produkttypischen bzw. verderbanzeigenden Indikatorkeimen, die zu jeweils 7 Keimgruppen zusammengefasst sind (siehe Tabelle 10), Berücksichtigung.

Tabelle 10: 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
	verderb-anzeigend	KG 2	Bacillus (außer probiotische Spezies)	4
			Staphylokokken / Mikrokokken	5
	verderb-anzeigend	KG 3	Streptomyceten	6
Schimmel- und Schwärzepilze	produkttypisch	KG 4	Schwärzepilze (Alternaria, Cladospor...)	7
			Verticillium	8
			Acremonium	9
			Fusarium	10
			Aureobasidium	11
			sonstige produkttypische Pilze	12
	verderb-anzeigend	KG 5	Aspergillus	13
			Penicillium	14
			Scopulariopsis	15
			Wallemia	16
			sonstige verderbanzeigende Pilze	17
	verderb-anzeigend	KG 6	Mucorales (Rhizopus, Mucor, Absidia...)	18
	Hefen	verderb-anzeigend	KG 7	alle Gattungen (außer probiotische Spezies)

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

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 Frischzustand im Sinne der handelsüblichen hygienischen Beschaffenheit des Futtermittels.

Überschreitet mindestens eine Keimgruppe die Orientierungswerte um das bis zu 5-fache (Ausnahmen siehe Tabelle 12) erfolgt 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 11: Orientierungswerte für den Gesamtkeimgehalt in Einzel- u. Mischfuttermitteln

Keimgruppe	KG 1	KG 2	KG 3	KG 4	KG 5	KG 6	KG 7
Keimgehalte (KBE/g) ¹⁾	x 10⁶	x 10⁶	x 10⁶	x 10³	x 10³	x 10³	x 10³
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
Milchaustauschfutter	0,5	0,1	0,01	5	5	1	10
Eiweißkonzentrate	1	1	0,05	10	20	1	30
Mehlförm. MF (Kälber) ²⁾	2	0,5	0,1	30	20	5	50
Mehlförm. MF (Milchkühe, Zucht-, Mastrinder) ²⁾	10	1	0,1	50	50	5	80
Pelletiertes MF (Kälber) ²⁾	0,5	0,5	0,05	5	5	1	5
Pelletiertes MF (Milchkühe, Zucht-, Mastrinder) ²⁾	1	0,5	0,05	5	10	1	5

¹⁾ Grenzwerte für den Gehalt an koloniebildenden Einheiten (KBE) für Keimzahlstufe I

²⁾ MF = Mischfutter

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. Bei Verfütterung sind leistungsmindernde bzw. gesundheitsbeeinträchtigende Wirkungen nicht auszuschließen. Das zahlenmäßig starke Auftreten von bestimmten Indikatorkeimen kann auf eine mögliche Toxinbildung hinweisen.

Tabelle 12: Ausnahmen für die Zuordnung in Keimzahlstufe II ausgewählter Futtermittel ¹⁾

	Keimgruppe	Keimzahlstufe I	Keimzahlstufe II	Faktor
Kleien	KG 1	$8 \times 10^6/\text{g}$	$\leq 25 \times 10^6/\text{g}$	3,125
	KG 7	$80 \times 10^3/\text{g}$	$\leq 250 \times 10^3/\text{g}$	3,125
Gerste	KG 4	$60 \times 10^3/\text{g}$	$\leq 250 \times 10^3/\text{g}$	4,166
Hafer	KG 1	$15 \times 10^6/\text{g}$	$\leq 50 \times 10^6/\text{g}$	3,333
	KG 4	$70 \times 10^3/\text{g}$	$\leq 250 \times 10^3/\text{g}$	3,571
Mehlförm. MF für Milchkühe, Zucht-, Mastrinder	KG 1	$10 \times 10^6/\text{g}$	$\leq 25 \times 10^6/\text{g}$	2,500
	KG 7	$80 \times 10^3/\text{g}$	$\leq 250 \times 10^3/\text{g}$	3,125
Pelletiertes MF für Milchkühe, Zucht-, Mastrinder	KG 5	$10 \times 10^3/\text{g}$	$\leq 25 \times 10^3/\text{g}$	2,500

¹⁾ 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.

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. Damit gilt das Futtermittel als **verdorben** sowie als **nicht mehr verkehrs- und verwendungsfähig**.

Mit Hilfe dieser Bewertungsgrundlage wird die hygienische Beschaffenheit eines Futtermittels über vier mikrobiologische Qualitätsstufen bewertet.

Tabelle 13: Mikrobiologischen Qualitätsstufen aus den Keimzahlstufen der einzelnen KG

Qualitätsstufe	I	II	III	IV
<i>Bezug zu Orientierungswerten (siehe Tab.)</i>	Einhaltung der Orientierungswerte	Überschreitung um bis zum durch		
		5-fachen	10-fachen	> 10-fachen
<i>Keimzahlstufe I</i>	alle 7 KG	$\geq 1 \text{ KG}$	$\geq 1 \text{ KG}$	$\geq 1 \text{ KG}$
<i>Keimzahlstufe II</i>				
<i>Keimzahlstufe III</i>				
<i>Keimzahlstufe IV</i>				
Qualität	normal	geringgradig oder mäßig herabgesetzt	herabgesetzt oder deutlich herabgesetzt	verdorben

4.7.5. 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. Die nachfolgende Tabelle 14 enthält Orientierungswerte zur mykotoxikologischen Bewertung von Futtermitteln für Wiederkäuer, bei deren Unterschreitung eine Beeinträchtigung der Gesundheit und Leistung der Tiere ggw. ausgeschlossen wird. An dieser Stelle sei nochmals auf die analytischen Probleme beim Nachweis von Mykotoxinen hingewiesen (vgl. Punkt 3.5). Prüfberichte (Atteste) sollten immer einen Hinweis auf die angewendete Nachweismethode beinhalten.

Tabelle 14: Orientierungswerte für Mykotoxingehalte in Futterrationen
(bezogen auf 88 % Trockenmasse)

	$\mu\text{g}/\text{kg}$
DON	
Kälber (bis 12. LW)	> 2000 ¹⁾
Jungrinder, Milchkühe	> 5000 ¹⁾
Mastrinder	> 5000 ¹⁾
Zearalenon	
Kälber (bis 12. LW)	> 250 ¹⁾
Jungrinder, Milchkühe	> 500 ¹⁾
Mastrinder	> 500
T2-Toxin	
Rind (allg.)	> 50
Ochratoxin	
Rind (allg.)	> 20

¹⁾ Orientierungswert für kritische Mykotoxinkonzentrationen nach DÄNICKE (2000)

Für Aflatoxin B1 gelten futtermittelrechtliche Grenzwerte, welche in der Anlage 5 der aktuellen Futtermittel-Verordnung zusammengestellt sind.

4.8. Einsatzempfehlungen bzw. -beschränkungen (Restriktionen)

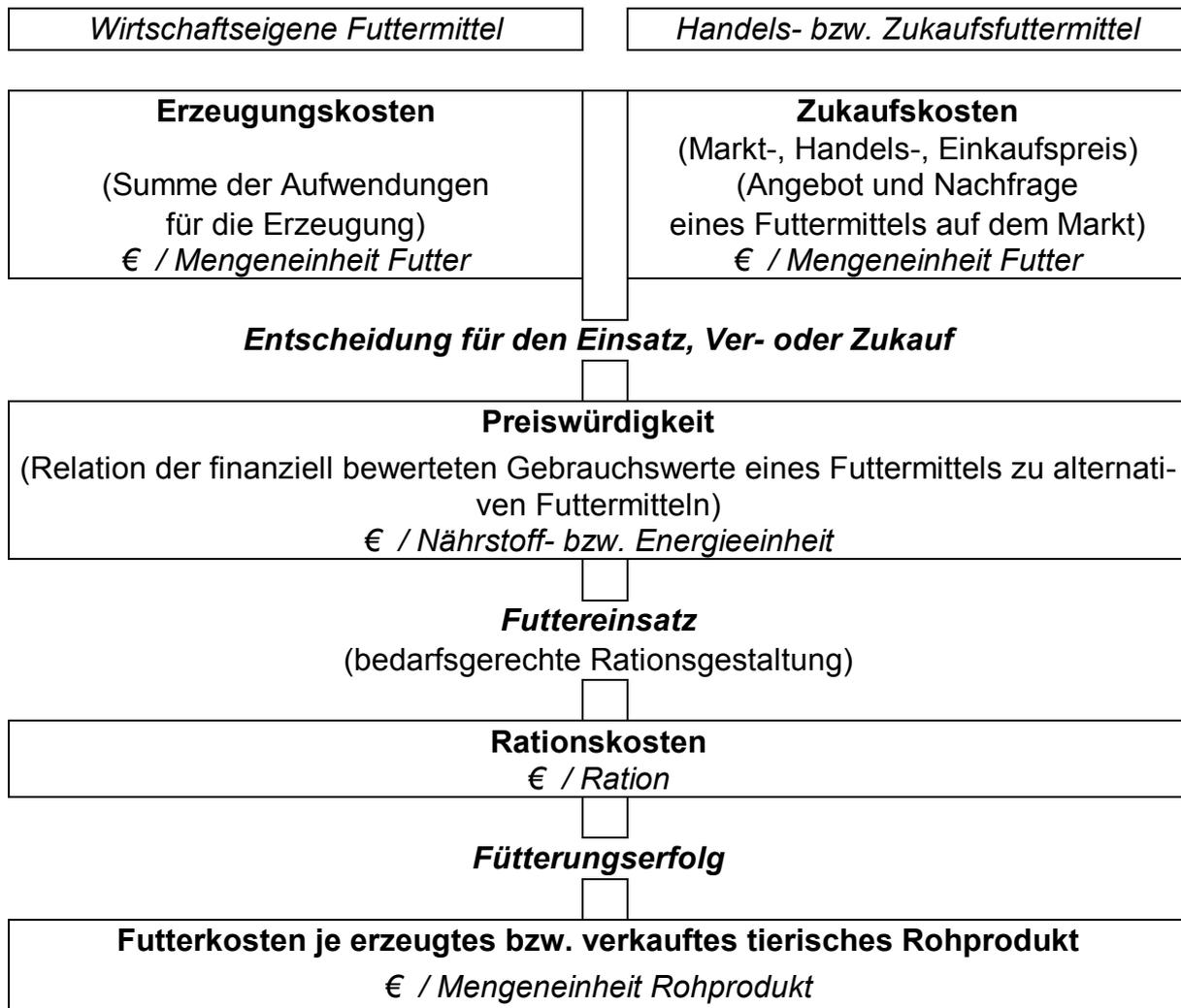
Auf dem Untersuchungsattest können Einschätzungen der laboranalytischen Befunde bzw. des Futterwertes oder zum Futtereinsatzes gegeben werden. Dafür gibt es **keine Pauschalformulierungen**. Die fachliche Kompetenz muss im Labor oder durch die Zusammenarbeit mit der Fütterungsberatung gewährleistet sein.

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. In den Anhangstabellen 7 und 8 sind die Restriktionen für die Wiederkäuer aufgelistet. Die Werte wurden der genannten Broschüre auszugsweise entnommen.

4.9. Wirtschaftliche Bewertung von Futtermitteln

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

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 den Preis beim Futterzukauf entstehen. Erzeugungs- und Zukaufskosten können als Gesamtsumme (€ / je Betrieb), produktbezogen (€ / dt Futtermittel) oder flächenbezogen (€ / ha Futterfläche) dargestellt werden. Für Futtermittel, welche am Markt gehandelt werden, sollten die Marktpreise berücksichtigt werden (durchschnittlicher monatlicher Erzeugerpreis für Sachsen).

Die eigentliche wirtschaftliche Bewertung kann allerdings nicht über Erzeugungs- bzw. Zukaufskosten 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 wieviel von dem Futter aufgenommen wurde und

welcher Anteil an erlöswirksamen Produkt daraus resultiert. Die **Futterkosten bzw. der Gewinn je kg erzeugtes bzw. verkauftes Rohprodukt** sind entscheidende Parameter für eine wirtschaftliche Futtermittelerzeugung und Rationsgestaltung. In der vorliegenden Broschüre sollen Bewertungsschritte zur Ermittlung von Erzeugungs- bzw. Zukaufskosten und der Preiswürdigkeit von Futtermitteln sowie Orientierungswerte für Futtermittelkosten 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. Grundfutterkosten

Definition der Schnittstelle

Für die saubere Abgrenzung der Verfahren der Wiederkäuerhaltung und der Futtererzeugung ist die Definition der Schnittstellen erforderlich. Für das wirtschaftseigene Futter fließen die Erzeugungsvollkosten in die Berechnung der Kosten der Betriebszweige ein. Hierbei werden für Konservate, wie Silage und Heu, die Kosten "frei Lagerstätte", d.h. inklusive der Lagerraumkosten ausgewiesen. Bei 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.

Flächenbezogene Ausgleichszahlungen

Aus methodischer Sicht sind Ausgleichszahlungen, die den Futterkulturen bzw. der Fläche, auf der die Futterkulturen wachsen, gewährt werden, in die Berechnung der Futterkosten einzubeziehen. Da in der Regel das Grundfutter aufgrund der innerbetrieblichen Verwertung keine Erlöse erbringt, sind die Prämien den Kulturen bzw. Futtermitteln kostenmindernd anzurechnen. Gegenwärtig sind folgende Prämien zu berücksichtigen:

- Getreideprämie lt. EU-Agrarreform (*kulturbezogen*)
- UL- bzw. KULAP-Prämien (*Ausgleich umweltgerechte Landwirtschaft*)
- Wasserschutz-Prämien (*Zahlung für Bewirtschaftungseinschränkung*)
- Prämien für benachteiligte Gebiete (*Zahlung für Standortnachteile*)

Werden Prämien in die Berechnung der Erzeugungsvollkosten von Grundfuttermitteln einbezogen, so müssen gleichzeitig die zusätzlichen Kosten für deren Inanspruchnahme (z. B. Bodenproben, Schlagkarteiführung, Prämienbeantragung) berücksichtigt werden.

Einflussfaktoren auf die Erzeugungsvollkosten

Die einzelbetrieblichen Erzeugungskosten für Futtermittel zeigen erhebliche Schwankungsbreiten. Dies zwingt zur einzelbetrieblichen Kostenrechnung. Soll trotzdem mit Richtwerten gearbeitet werden, müssen die unterstellten Bedingungen mit den betrieblichen Gegebenheiten verglichen werden. 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)

Orientierungswerte für Erzeugungsvollkosten

In der Tabelle werden Orientierungswerte für Erzeugungsvollkosten wichtiger Grundfuttermittel dargestellt. Die Werte unterstellen durchschnittliche sächsische Bedingungen, repräsentative Standardtechnikketten sowie eine Technikauslastung an der Abschreibungsschwelle. Dargestellt sind die Erzeugungskosten auf Vollkostenbasis ohne bzw. mit Lagerraumkosten. Den vorliegenden Ergebnissen liegen folgende Parzellengrößen und Hof-Schlag-Entfernungen zugrunde:

- **Grünland** 5 ha Parzellen; Hof-Schlagentfernung: 2 km
- **Ackerfutter** 10 ha Parzellen; Hof-Schlagentfernung: 2 km

Die Düngungskosten wurden über die erforderlichen Nährstoffentzüge berechnet. Für eingesetzte Technik sowie genutzte Futterlagerstätten wurden Daten aus KTBL-Unterlagen verwendet. Bei der Nutzung von bereits abgeschriebener Technik bzw. Lagerräumen sind Korrekturen vorzunehmen. Der für die Verfahren erforderliche Arbeitszeitaufwand wurde komplett mit 10,20 € / AKh bewertet. Die Personalkosten sind vollständig in den Ergebnissen enthalten. In den Ergebnissen wurden je Hektar Hauptfutterfläche Gemeinkosten von 77 € berücksichtigt. Kulturbezogene Ausgleichszahlungen (Getreideausgleich von 392 € je ha für Grün- und Silomais, Lieschkolbenschrotsilage, Getreideganzpflanzensilage) wurden kostenmindernd berücksichtigt. Weitere Ausgleichszahlungen sind zusätzlich in Ist-Berechnung einzubeziehen. Es wurden für die Kosten Schwankungsbreiten ausgewiesen, die sich auf die aufgeführten Ertragsniveaus und Futterqualitäten beziehen. Zu berücksichtigen ist, dass Ergebnisse von Einzelbetrieben erheblich von den dargestellten Orientierungswerten abweichen können.

4.9.2. Preiswürdigkeit

Eine wichtige Entscheidungsgröße für den Futterzukauf oder -austausch ist die Preiswürdigkeit eines Futtermittels. Sie verdeutlicht 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. Die Berechnung der Preiswürdigkeit eines Futtermittels kann über verschiedene mathematische Wege erfolgen und hängt von der Anzahl der zu berücksichtigenden Futterwertkennzahlen ab. Nachfolgend werden 3 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 Eiweißfuttermittel miteinander verglichen werden sollen, ist die Preiswürdigkeit durch den Bezug des aktuellen Einkaufspreises auf die Nährstoffeinheit am einfachsten zu ermitteln. Dieser Vergleich ist häufig zu finden wenn z.B. Grundfuttermittel, Futtergetreide, Mischfutter mit vergleichbarer Deklaration oder Eiweißfuttermittel untereinander verglichen werden. Die Kennzahl für die Preiswürdigkeit ist dann der €- Betrag des Preises bzw. der Erzeugungskosten bezogen auf 10 MJ NEL bzw. ME oder auf ein kg Rohprotein bzw. Lysin.

Optimierungsmethoden

Die Grenze der Divisionsmethode ist dann erreicht, wenn zwischen den Futtermitteln bei unberücksichtigten Futterwertparametern größere Differenzen bestehen. Je mehr Futterwertkennzahlen man in die Preiswürdigkeitskalkulation einbezieht 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 Rohproteingehaltes (z.T. nutzbares Rohprotein) sinnvoll. Die Wahl der Parameter kann natürlich aus der jeweiligen Problemsicht heraus auch ganz anders ausfallen, z.B. wenn Mineralfutter 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 Futtergerste bzw. Futterweizen als energiereiches Futtermittel und Sojaextraktionsschrot als proteinreiches Futtermittel zurückgegriffen.

Rechengang

Nachfolgend wird ein einfacher Rechengang für 2 Futterwertparameter (Energie und Protein) dargestellt. Die Art der Vergleichsfuttermittel und Futterwertparameter ist problemlos änderbar.

1. Bestimmung des Faktors für Rohprotein

- $X = (g \text{ RP}/kg_{\text{Gerste}} - (g \text{ RP}/kg_{\text{Sojaex.}} \times MJ \text{ ME}/kg_{\text{Gerste}})/MJ \text{ ME}/kg_{\text{Sojaex.}})$
- $Y = ((\text{€}/dt_{\text{Gerste}} - ((\text{€}/dt_{\text{Sojaex.}} \times MJ \text{ ME}/kg_{\text{Gerste}})/MJ \text{ ME}/kg_{\text{Sojaex.}}))$
- **Faktor RP** = Y / X

2. Bestimmung des Faktors für Energie

- $Z = (g \text{ RP}/kg_{\text{Sojaex.}} \times \text{Faktor für RP})$
- **Faktor E** = $(\text{€}_{\text{Sojaex.}}/dt - Z) / MJ \text{ ME}_{\text{Sojaex.}}$

3. Ermittlung der Preiswürdigkeit eines Futtermittels

- **PW € / dt_{Futtermittel}** = $MJ \text{ ME}/kg_{\text{Futtermittel}} \times \text{Faktor E} + g \text{ RP}/kg_{\text{Futtermittel}} \times \text{Faktor RP}$

Beispiel

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

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

1. Bestimmung des Faktors für Rohprotein

- $X = (109 - (484 \times 11,3)/13,0) = -312$
- $Y = (8,90 - (20,00 \times 11,3)/13,0) = -8,48$
- **Faktor RP** = $Y / X = 0,0272$

2. Bestimmung des Faktors für Energie

- $Z = (484 \times 0,0272) = 13,16$
- **Faktor E** = $(20,00 - 13,16) / 13 = 0,5262$

3. Ermittlung der Preiswürdigkeit eines Futtermittels

- **PW € / dt_{Körnermais}** = $11,7 \times 0,5262 + 93 \times 0,0272 = \underline{8,69}$
- **PW € / dt_{Biertreber}** = $2,6 \times 0,5262 + 61 \times 0,0272 = \underline{3,03}$

5. Anhangstabellen

- 1: Sensorische Bewertung von Grundfuttermitteln – *Geruch*
- 2: Sensorische Bewertung von Grundfuttermitteln - *Farbe, Verderbnisanzeichen, Verunreinigungen*
- 3: Sensorische Bewertung von Grundfuttermitteln - *Gefüge, Frischezustand, Griff*
- 4: Sensorische Bewertung von Grundfuttermitteln - *Häckselqualität, Kornanteil, Reife*
- 5: Regressoren und Geltungsbereiche für die Ermittlung der Verdaulichkeiten zur Grundfutterbewertung
- 6: Futtermittelspezifische Restriktionen für Wiederkäuer (*Konzentratfuttermittel*)
- 7: Futtermittelspezifische Restriktionen für Wiederkäuer (*Grundfutter, Hackfrüchte, feuchte Nebenprodukte*)
- 8: Orientierungswerte für Erzeugungsvollkosten von Grundfuttermitteln unter sächsischen Bedingungen (*ohne Lagerraumkosten*)
- 9: Orientierungswerte für Erzeugungsvollkosten von Grundfuttermitteln unter sächsischen Bedingungen (*mit Lagerraumkosten*)