Bundesforschungsanstalt
für Landwirtschaft

**Aus dem Institut für Tierernährung**

Gerhard Flachowsky

# Futtermittelkundliche Aspekte

Veröffentlicht in: Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 289, S. 101-111

Braunschweig
**Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)**
Erscheinungsjahr

Erhältlich bei: Herkunfts-URL

bereitstellung kann die Glukose als erstlimitierender Nährstoff bei der Hochleistungskuh angesehen werden. Die größte Glukosemenge wird für die Bildung von Milchzucker benötigt. Der geschätzte Glukosebedarf einer Kuh mit 50 kg Milch beläuft sich auf etwa 3,6 kg je Tag (1,5 x mit der Milch ausgeschiedene Menge an Laktose). Da die Glukose-liefernden Nährstoffe (Stärke, Zucker) jedoch weitgehend im Pansen zu flüchtigen Fettsäuren abgebaut werden und die Stärkeverdauung und damit Glukoseabsorption, im Dünndarm begrenzt ist, kommt der Glukoseneubildung bei der Hochleistungskuh erstrangige Bedeutung zu. Sie erfolgt weitgehend (zu etwa 80 %) in der Leber, insbesondere aus flüchtigen Fettsäuren (vor allem Propionsäure), Milchsäure, Glycerin und einigen Aminosäuren. Dabei konkurriert die Glukoseneubildung mit anderen Stoffwechselprozessen um das Oxalacetat als Ausgangssubstanz. Dies ist insbesondere zu Laktationsbeginn von Bedeutung, wenn sich die Kuh aufgrund mangelnder Futteraufnahme im Energiedefizit befindet und deshalb Energiereserven, d.h. Fettreserven, abgebaut werden müssen. Beim Abbau von Körperfett entstehen dann große Mengen an Fettsäuren, die in der Leber abgebaut werden. Für die vollständige Verstoffwechselung ist jedoch Oxalacetat erforderlich. Wird dies aber gleichzeitig in größerem Umfang bei der Glukoseneubildung verbraucht, so entstehen beim Abbau der Fettsäuren steigende Mengen an Ketonkörpern, was nach Überschreiten eines Grenzwertes zur **Ketose** bei den Milchkühen führt.

## 6.2 Futtermittelkundliche Aspekte (*G. Flachowsky*)

Tiergesundheit, Leistungshöhe sowie Qualität und eventuelle Rückstände in Fleisch und Milch werden wesentlich von den eingesetzten Futtermitteln beeinflusst. Kenntnisse über die Zusammensetzung und den ernährungsphysiologischen Wert der Futtermittel sind demnach für den Landwirt von erstrangiger Bedeutung. Dieses Wissen kann aus entsprechenden Lehrbüchern bezogen werden. In den letzten Jahren (seit 1990) sind u.a. Beiträge zur Futtermittelkunde in den Büchern von Abel et al. (1995) und Jeroch et al. (1993, 1999) erschienen.

Die DLG-Futterwerttabellen für Rinder (DLG 1997) vermitteln einen sehr guten Überblick über die wichtigsten Futterinhaltsstoffe. In diesem Zusammenhang ist auch die Positivliste für Einzelfuttermittel (2005) zu erwähnen, die als Folge der BSE-Krise von einer vom Zentralausschuss der Deutschen Landwirtschaft berufenen Expertengruppe in den Jahren 2001/02 erarbeitet wurde, deren erste Fassung im Mai 2002 vorlag und die seitdem kontinuierlich vervollständigt wird. Die Positivliste hat nicht den Charakter eines Tabellenwerkes, sondern in ihr wird eine eindeutige Definition der Herkunft und der Eigenschaften der Einzelfuttermittel vorgenommen. Dabei werden die Verfahrenswege klar strukturiert beschrieben sowie die verwendeten Verarbeitungshilfsstoffe wie auch die Verarbeitungsprozesse und mögliche Risiken in einem Datenblatt offen gelegt (s. Petersen und Flachowsky 2004).

Nicht unerwähnt bleiben sollen auch die Aktivitäten internationaler Organisationen. Da es im Zusammenhang mit der Bereitstellung von Futtermitteln aus gentechnisch veränderten Pflanzen wiederholt Fragen und Diskussion über „Normalwerte“ gab und gibt, wurden im Auftrag der Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit (OECD) sogenannte Konsensus-Papiere erarbeitet, in denen die Eigenschaften wichtiger Futtermittel zusammengestellt sind. Gegenwärtig liegen derartige Consensus Documents für Sojabohnen, Mais, Weizen, Zuckerrüben, Kartoffeln und Raps vor. Durch das International Life Science Institute (ILSI 2003) wurde kürzlich ein umfangreiches Futtermitteltabellenwerk vorgestellt, in dem nahezu alle messbaren Inhaltsstoffe aufgelistet sind.

Tabellen über wichtige (z.B. NOVUS-Tabellen) oder ausgewählte Inhaltsstoffe (z.B. Aminosäuren, „Degussa“-Tabellen) wurden bzw. werden auch von verschiedenen Organisationen bzw. einzelnen Firmen erarbeitet. Trotz dieser und auch im Ausland vorliegender weiterer Lehrbücher und Tabellenwerke sind Analysen der im Betrieb eingesetzten Futtermittel, dabei vor allem der Grundfuttermittel, durch nichts zu ersetzen. Diese Feststellung ist umso zutreffender, je spezifischer die Futtermittel bzw. Futtererzeugungsbedingungen (z.B. Pflanzenstandort, Schnittzeitpunkt, Konservierungsart u.a.) sind.

## 6.2.1 Wichtige Futterinhaltsstoffe

Abgesehen von Milch und Milchprodukten in der Kälberernährung werden an Rinder ausschließlich Futtermittel pflanzlicher Herkunft verfüttert. Die Inhaltsstoffe dieser Futtermittel können in Zellinhalt und Zellwandbestandteile unterteilt werden (Tab. 45).

**Tab. 45: Wichtige Inhaltstoffe von Futtermitteln, unterteilt in Zellinhalt- und Zellwandbestandteile**

| Zellinhalt | Zellwände |
|---|---|
| Zucker | Pektin |
| Stärke | Hemizellulose |
| Proteine (Aminosäuren) | Zellulose |
| Fette (Fettsäuren) | Lignin |
| Mengen- und Spurenelemente | |
| Vitamine | |

Bei der Futtermittelanalyse werden die verschiedenen Nährstoffe zu Fraktionen zusammengefasst (z.B. Weender Analyse) oder im Rahmen von Detailanalysen als Einzelnährstoff bestimmt (Tab. 46).

**Tab. 46: Komponenten der Weender Rohnährstoffanalyse und wichtige Nährstoffe**

| Hauptkomponenten | Rohasche | Rohprotein | Rohfett | Rohfaser | Stickstofffreie Extraktstoffe |
|---|---|---|---|---|---|
| Wichtige Nährstoffe | Mengenelemente (Ca, P, Mg, Na, K, Cl, S) | Nicht-Protein-Stickstoff (NPN) | Fettsäuren (z.B. Stearin-, Öl-, Linol-, Linolensäure) | (Pektin)<br>Zellulose | Zucker<br>Stärke |
| | | | | Hemizellulose | (Pektin) |
| | Spurenelemente | Echte Proteine | | Lignin | |
| | (Cu, Fe, J, Mn, Se, Zn u.a.) | Aminosäuren | Fettlösliche Vitamine | | Wasserlösliche Vitamine |
| | | (z.B. Lysin, Methionin, Threonin, Tryptophan) | (z.B. Vitamine A, D, E, ß-Karotin) | | |

Bei der Weender Analyse werden die Trockensubstanz (T) sowie die Gehalte an Rohasche, Rohprotein (N x 6,25), Rohfett und Rohfaser nach einem vorgegebenen Analysenverfahren bestimmt. Die Gehalte an Wasser (100-T) und Stickstoff-freien Extraktstoffen (NfE) werden rechnerisch ermittelt [100-(Rohasche + Rohprotein + Rohfett + Rohfaser)]. Der Gehalt an organischer Substanz wird als Differenz (100 – Rohasche) errechnet. In der Rohfaser– sowie der NfE-Fraktion werden relativ heterogene Nährstofffraktionen zusammengefasst (Tab. 46). In verschiedenen Ländern wurde deshalb die Rohfaserfraktion durch die Bestimmung der Neutral-Detergenzien (NDF) und der Säure-Detergenzien Faser (ADF) ersetzt. Anstelle von NfE werden Stärke und Zucker bestimmt. NDF, ADF, Stärke und Zucker finden auch in Deutschland verstärkt Eingang in die Futtermittelanalytik. Außerdem werden zunehmend weitere Detailanalysen durchgeführt. Das trifft bei Futtermitteln für Rinder vor allem auf verschiedener Fettsäuren sowie auf Mengen- und Spurenelemente zu. In allen Futtermitteln, vor allem jedoch in Futtermitteln aus potenziellen „Risikogebieten“ (z.B. Überflutungsgebiete

von Flussauen, industrienahe Regionen) oder beim Einsatz von Nebenprodukten nach verschiedenen Verarbeitungsschritten (ZDL 2001, 2005) werden unerwünschte Inhaltsstoffe (wie z.B. Schwermetalle, Dioxine, aber auch Mykotoxine) bestimmt. Weitere Hinweise zu dieser Thematik können der Positivliste für Futtermittel entnommen werden.

## 6.2.2 Futterbewertung

Aus der Sicht der Tierernährung hängt die Leistung der Rinder vor allem von der Energie- und Nährstoffaufnahme ab. Damit die Futtermittel entsprechend bewertet werden können und der Einsatz der Futtermittel entsprechend dem Bedarf der Tiere vorgenommen werden kann, wurden verschiedene Futterbewertungssysteme entwickelt.

*Energie:* In Deutschland werden in der Rinderfütterung die Futtermittel auf der Basis der umsetzbaren Energie (ME; wachsende Rinder) bzw. der Nettoenergie-Laktation (NEL; Milchkühe) bewertet (Abb. 41).

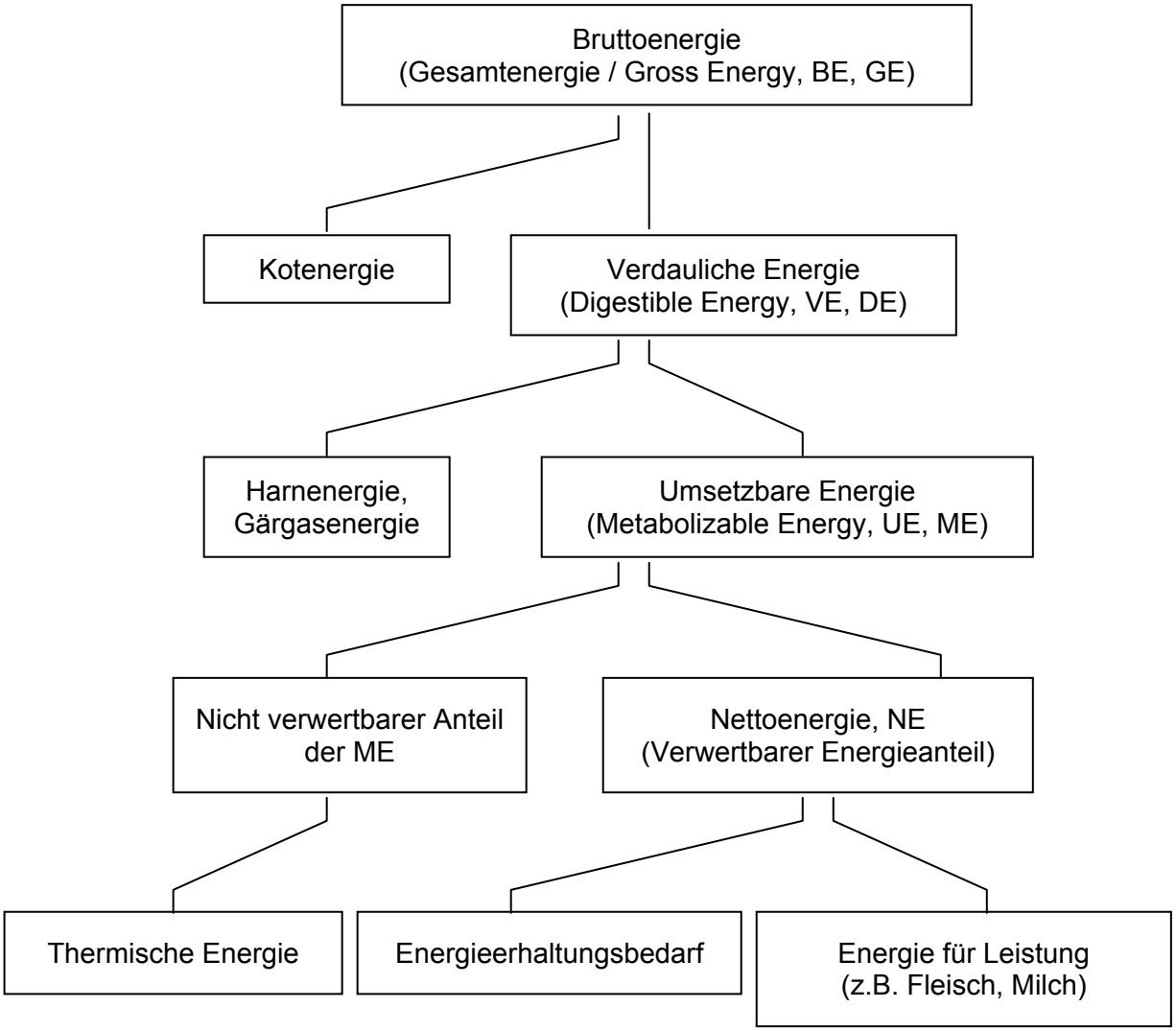


**Abb. 41: Energetischer Abbau der Futtermittel im Tierkörper**

Die Berechnung der Energiegehalte erfolgt anhand folgender Formeln aus den analysierten Rohnährstoffgehalten:

(I) GE (MJ) = 0,0239 ∗ gXP + 0,0398 ∗ gXL + 0,0201 ∗ gXF + 0,0175 ∗ gXX

(II) ME (MJ) = 0,0312 ∗ gDXL + 0,0136 ∗ gDXF +

0147 ∗ g (DOM-DXL-DXF) + 0,00234 ∗ gXP

(III) (NEL (MJ) = 0,6 ∗ (1+0,004 ∗ [q-57]) ∗ ME (MJ)

wobei q = ME/GE ∗ 100

Die unterschiedlichen Maßstäbe für wachsende und laktierende Rinder erfordern in Betrieben, in denen Jungrinder und Milchkühe gehalten werden, die Verwendung von zwei verschiedenen Energie-Bewertungsmassstäben. Aus wissenschaftlicher Sicht ist dieses Vorgehen gerechtfertigt, da Nettoenergie-Gehalts- bzw. Bedarfsangaben für wachsende Rinder gegenwärtig nur unvollständig sind. Im Tabellenanhang wurden für ausgewählte Futtermittel ME- bzw. NEL-Gehaltsangaben zusammengestellt (10. Kapitel).

*Protein:* Der Proteingehalt der Futtermittel wird in Rohprotein (XP) und in nutzbarem Rohprotein (nXP) angegeben (Tabellenanhang). Der Rohproteingehalt wird bei der Weender Futtermittelanalyse ermittelt (N x 6,25). Das nutzbare Rohprotein stellt die im Dünndarm verfügbare Proteinmenge dar und resultiert aus dem nicht im Pansen abgebauten Futterprotein und dem mikrobiell synthetisierten Protein. Werden nicht die tabellierten nXP-Werte verwendet, kann der nXP-Wert je kg T nach der folgenden Formel errechnet werden:

nXP = (11,93-6,82 [UDP/XP]) ∗ ME + 1,03 ∗ UDP (GfE 2001)

ME = Umsetzbare Energie in MJ je kg T

UDP = Unabbaubares Futterprotein in g/kg T (vgl. 10. Kapitel)

Neben dem Bedarf der Tiere an nXP am Dünndarm darf die ruminale N-Bilanz (RNB) nicht vernachlässigt werden. Sie errechnet sich aus (gXP-gnXP)/6,25. Ein Mangel an im Pansen verfügbarem Stickstoff kann die Leistungen der Pansenmikroben einschließlich der mikrobiellen Proteinsynthese nachteilig beeinflussen. N-Überschüsse im Pansen können dagegen Tiergesundheit und Umwelt belasten. Bei der Rationsgestaltung ist eine möglichst ausgeglichene RNB anzustreben (GfE 2001). Angaben zum RNB-Gehalt der Futtermittel sind Tabellenanhang (10. Kapitel) zu entnehmen.

## 6.2.3 Grundfuttermittel

In dieser Gruppe werden Futtermittel zusammengefasst, die ganz (z. B. Gräser, Leguminosen, Stroh) oder überwiegend (z.B. Maissilage, Ganzpflanzensilagen) aus vegetativen Pflanzenbestandteilen (Blätter, Stängel) bestehen. Der hohe Zellwandgehalt (Rohfaser, NDF, ADF u.a.) und der relativ geringe Gehalt an Zellinhalt (Zucker, Stärke, Fett, z. T. auch Protein) stellen weitere Kriterien zur Charakterisierung dieser Futtermittelgruppe dar. Grundfuttermittel sind die Basis der Wiederkäuerrationen, da der Zellwandgehalt die Voraussetzung für das Wiederkauen der Tiere ist (Kap. 6.3.4) und Wiederkäuer infolge der mikrobiellen Besiedlung im Pansen in der Lage sind, diese Zellwandfraktionen abzubauen und energetisch zu nutzen (Abschnitt 6.1.2). Deshalb werden sie häufig auch als Strukturfuttermittel bzw. als Grob- und Raufuttermittel bezeichnet. Im Abschnitt „Praktische Fütterung“ wird auf die Bedeutung der „Struktur“ dieser Futtermittel bei der Rationsgestaltung eingegangen. Kennzahlen zum Futterwert sind dem Tabellenanhang (10. Kapitel) zu entnehmen.

*Grünfutter:* Grünfutter ist die ursprüngliche und hauptsächliche Futtergrundlage für Rinder und andere Wiederkäuer. Als Grünfuttermittel werden Gräser, Leguminosen, Zwischenfrüchte und andere grüne Futterpflanzen bezeichnet, die direkt auf der Weide verzehrt oder ganz bzw. zerkleinert (z.B. gehäckselt) an Rinder gefüttert werden. Etwa zwei Drittel der landwirtschaftlich genutzten Fläche aller Kontinente sind Dauergrünland, auf dem überwiegend

Gräser, aber auch Kräuter und Leguminosen wachsen. Der Ackerfutterbau kann in Hauptfruchtfutterbau sowie Zwischen- und Zweitfruchtfutterbau unterteilt werden.
Im Verlauf der Vegetationsperiode steigt der Zellwandgehalt der meisten Grünfutterpflanzen an, der Zellinhalt nimmt ab, die Verdaulichkeit wird geringer und folglich vermindert sich die Energielieferung für die Rinder, wie Tab. 47 beispielhaft für Luzerne und Wiesengras zeigt.

**Tab. 47: Einfluss des Vegetationsstadiums auf Inhaltsstoffe, Verdaulichkeit und Energiegehalt von Luzerne und Wiesenaufwands**

| Grünfutter bzw. Vegetationsstadium | T (g/kg Frischmasse) | Rohprotein | Rohfaser | Verdaulichkeit der OS (%) | ME | NEL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (g/kg T) | | | (MJ/kg T) | |
| Luzerne: | | | | | | |
| In Knospe | 170 | 213 | 257 | 69 | 9,4 | 5,5 |
| In Blüte | 200 | 174 | 296 | 65 | 8,8 | 5,1 |
| Ende Blüte | 230 | 172 | 340 | 60 | 8,2 | 4,7 |
| Wiese, grasreich: | | | | | | |
| Vor Ährenschieben | 170 | 181 | 207 | 80 | 11,3 | 6,9 |
| Im Ährenschieben | 180 | 159 | 251 | 75 | 10,4 | 6,3 |
| In Blüte | 210 | 154 | 282 | 72 | 10,1 | 5,6 |
| Ende Blüte | 230 | 125 | 309 | 69 | 9,6 | 5,3 |

Ähnliche Entwicklungen sind für nahezu alle Grünfutter (Ausnahme: Mais) zu beobachten, wobei zwischen den Pflanzenarten Unterschiede in der Geschwindigkeit der Lignineinlagerung bzw. dem Rückgang der Verdaulichkeit und damit dem optimalen Nutzungszeitraum bestehen. Obwohl Leguminosen bei etwa vergleichbarem Vegetationsstadium deutlich mehr Zellwandbestandteile als Gräser aufweisen, vermindert sich die Verdaulichkeit in geringerem Umfang (Tab. 47). Die Ursachen für diese Entwicklung sind im unterschiedlichen Zellwandaufbau bei Gräsern und Leguminosen zu suchen. Daraus resultieren auch Konsequenzen für abnehmende Verdaulichkeit bei höherer Futteraufnahme bzw. Passagerate. Vor allem Leguminosen (z.B. Saponin, Bitterstoffe) und Kruziferen (z.B. Glucosinolate, Nitrat) können verschiedene unerwünschte Stoffe enthalten, die eine Einsatzbegrenzung in der Rinderfütterung erforderlich machen (Jeroch et al. 1993). Auch eine geschmackliche Beeinflussung der Milch ist bei der Verabreichung hoher Mengen derartiger Futtermittel möglich.

*Silagen und Heu:* Zur Überbrückung der vegetationsfreien Zeit im Winter werden Grünfutter als Silagen oder Heu konserviert. Bei der Silierung handelt es sich um eine Lagerung des Futters unter Luftabschluss bei niedrigem pH-Wert im Ergebnis einer Milchsäuregärung. Das entscheidende Gärsubstrat für die Milchsäurebildung durch Milchsäurebakterien sind Zucker. Futtermittel mit einem hohen Gehalt an Substanzen, die einer pH-Wertsenkung entgegenwirken (Puffersubstanzen, wie $Ca^{2+}$, $Na^{+}$, $K^{+}$, $NH_4^{+}$ u.a.), weisen ungünstige Siliereigenschaften auf. Futtermittel mit einem hohen Zuckergehalt (Z) und einer geringen Pufferkapazität (PK) bzw. einem weiten Z/PK-Quotienten können demnach einfacher siliert werden (z.B. Mais, Z/PK= 5 bis 8) als zuckerarme und protein- bzw. aschereiche Futtermittel (z.B. Luzerne; Z/PK= 0,5 bis 1).

Der Trockensubstanzgehalt des Siliergutes ist ein weiteres Kriterium für den Erfolg der Silierung. Trockensubstanzreichere Silagen (z.B. 40 bis 50 % T) sind bereits bei einem höheren pH-Wert (4,8 bis 5,0) stabiler als trockensubstanzärmere Silagen (z.B. 20 bis 30 % T, pH: 4,2 bis 4,4). Trockensubstanzreichere Silagen sind jedoch intensiver zu verdichten, um die Luft aus dem voluminösen Material zu verdrängen. Durch verschiedene Silierhilfsmittel soll entweder Nährsubstrat für die Milchsäuregärung (z.B. Zucker, Melasse) bereitgestellt werden oder es erfolgt ein Zusatz von Mikroorganismen und/oder Enzymen zur Verbesserung der Fermentationsbedingungen. Bei der Entnahme der Silage aus dem Silostapel und der Zwischenlagerung kommt der aeroben Stabilität der Silage erstrangige Bedeutung zu. Nachgärungen und Erwärmungen treten um so intensiver auf, je höher der Gehalt an fermentierba-

ren Substanzen (z.B. Zucker und Stärke in Maissilage) und je höher die Umgebungstemperatur sind und je loser die Silage nach der Entnahme aus dem Silostapel gelagert wird. Daraus resultiert die Empfehlung, dass die Silage möglichst unverzüglich nach der Entnahme aus dem Silo in den Futtertrog gelangen sollte.

Während die Silierung eine Feuchtkonservierung ist, erfolgt bei der Erzeugung von Heu oder Trockengrün ein weitgehender Wasserentzug und dadurch eine Haltbarmachung. Bei der Bodentrocknung sind zur Einlagerung mindestens 80 % T notwendig, die bei der Lagerung in den ersten Wochen infolge von Fermentationsprozessen auf ~ 86 % ansteigt. Diese Feststellung trifft auch auf das an Bedeutung gewonnene Verfahren der Herstellung von Rundballen zu. Bei der Nutzung von Belüftungen werden Leguminosen (> 50 % T) und Gräser (> 60 % T) in angewelkter Form (Halbheu) in Bergeräume gebracht und dann belüftet. Dadurch treten im Vergleich zur Bodentrocknung geringere Nährstoffverluste, vor allem bei den blattreichen Leguminosen auf.

Die Heißlufttrocknung von Grünfutter ist ein sehr energieaufwendiges Verfahren. Bei der so genannten direkten Trocknung strömen die heißen Verbrennungsgase durch das feuchte Futter und bewirken eine Trocknung. Unter Berücksichtigung der Ereignisse der jüngsten Vergangenheit ist darauf zu achten, dass durch das Heizmaterial keine unerwünschten Inhaltsstoffe in das Trockengut gelangen (z.B. Fluor) bzw. keine Sekundärprozesse stattfinden (z.B. Dioxinbildung). Prinzipiell ist davon auszugehen, dass infolge der Nährstoffumsetzungen die aus Grünfutter hergestellten Konservate eine geringere Verdaulichkeit und einen niedrigeren Energiegehalt aufweisen als das Ausgangsmaterial (Tab. 48). Die Verluste sind um so geringer, je zügiger die Konservierung erfolgt und je besser die Futterpflanzen für das entsprechende Konservierungsverfahren geeignet sind.

**Tab. 48: Einfluss der Konservierungsart auf die Verdaulichkeit der organischen Substanz und den Energiegehalt von Luzerne und Wiesengras**

| Grünfutter bzw. Vegetationsstadium | Verdaulichkeit der organischen Substanz (%) | | | Nettoenergie Laktation (MJ NEL/kg T) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Frisch | Silage | Heu | Frisch | Silage | Heu |
| Luzerne: | | | | | | |
| In Knospe | 69 | 65 | 64 | 5,5 | 5,2 | 5,0 |
| In Blüte | 65 | 61 | 61 | 5,1 | 4,8 | 4,8 |
| Ende Blüte | 60 | 57 | 55 | 4,7 | 4,4 | 4,3 |
| Wiese, grasreich: | | | | | | |
| Vor Ährenschieben | 80 | 74 | 70 | 6,9 | 6,6 | 5,7 |
| Im Ährenschieben | 75 | 73 | 66 | 6,3 | 6,3 | 5,4 |
| In Blüte | 72 | 71 | 63 | 5,6 | 5,6 | 5,1 |
| Ende Blüte | 68 | 69 | 60 | 5,3 | 5,3 | 4,8 |

Maissilage und Grassilagen, die meist als Anwelksilagen (1 bis 2 Tage Anwelken) bereitet werden, haben in Deutschland in der Rinderfütterung die größte Bedeutung erlangt. Andere Getreideganzpflanzensilagen und Silagen aus Leguminosen, vor allem Luzerne, werden nur lokal genutzt. Aus ernährungsphysiologischer Sicht (zügiger Abbau im Pansen bei hoher Futteraufnahme, Proteinlieferung) wäre bei Hochleistungskühen die Bereitstellung von Luzerne in Welksilagen oder Heu (2 bis 4 kg T je Tier und Tag) durchaus wünschenswert.

*Sonstige Grundfuttermittel:* Zur Gruppe der sonstigen Grundfuttermittel werden Getreidestroh und andere zellwandreiche Nebenprodukte, wie z.B. Leguminosen- und Rapsstroh, Ernterückstände des Gemüsebaues und Produkte der Forstwirtschaft (Laub, Zweige, Unterwuchs u.a.) zusammengefasst. Bedingt durch den hohen Zellwand- und Ligningehalt weisen diese Futtermittel meist eine niedrige Verdaulichkeit der organischen Substanz auf (<50 %) und haben kaum eine Einsatzberechtigung bei Hochleistungskühen (evtl. als Strukturlieferant). Bei extensiven Produktionsverfahren (z.B. Mutterkuhhaltung) und im ökologischen Landbau

werden verschiedene Futtermittel aus dieser Gruppe in größeren Mengen genutzt. Durch chemische ($NH_3$-Verbindungen, Alkalilaugen) und biologische Behandlungen (z.B. ligninabbauende Pilze) kann die Verdaulichkeit dieser zellwandreichen Futtermittel erhöht werden. Aus Kostengründen und auch infolge möglicher Umweltbelastungen haben derartige Verfahren jedoch gegenwärtig in Mitteleuropa keine Bedeutung.

## 6.2.4 Kraftfuttermittel

Zur Gruppe der Kraftfuttermittel werden Futtermittel gezählt, die sich durch hohe Anteile an Zellinhaltsstoffen, wie Zucker, Stärke, Protein und auch Fett sowie geringe Zellwandgehalte auszeichnen. Botanisch sind das vor allem generative Pflanzenbestandteile, wie z.B. Körner, Samen und Früchte, sowie Stängel und Wurzelmetamorphosen (z.B. Kartoffeln, Rüben). Nebenprodukte der Verarbeitungsindustrie (z.B. Kleien, Extraktionsschrote, Melasse u.a.) werden ebenfalls dieser Futtermittelgruppe zugeordnet.

Kraftfuttermittel zeichnen sich durch eine hohe Verdaulichkeit und damit auch einen hohen Energiegehalt aus. Sie können sowohl durch mikrobiell gebildete Enzyme (im Pansen) als auch durch körpereigene Enzyme (überwiegend im Dünndarm) abgebaut werden. Aus energetischer Sicht ist ein Abbau mit körpereigenen Enzymen meist effektiver als der Abbau im Pansen, da dabei keine Methan- und Wärmeverluste auftreten. Diese Feststellung trifft vor allem auf die Kohlenhydrate zu. Der Kohlenhydratabbau im Pansen stellt andererseits eine wichtige Energiequelle für das mikrobielle Wachstum im Pansen dar und somit auch für die mikrobielle Protein- und Vitaminsynthese (Abb. 42). Der zügige Kohlenhydratabbau führt zur Bildung großer Mengen flüchtiger Fettsäuren (vor allem Essig- Propion- und Buttersäure) und damit zum pH-Wert-Abfall im Pansen (Abb. 42). Bei zu hohen Kraftfuttergaben in der Zeiteinheit besteht damit die Gefahr einer Pansenacidose.

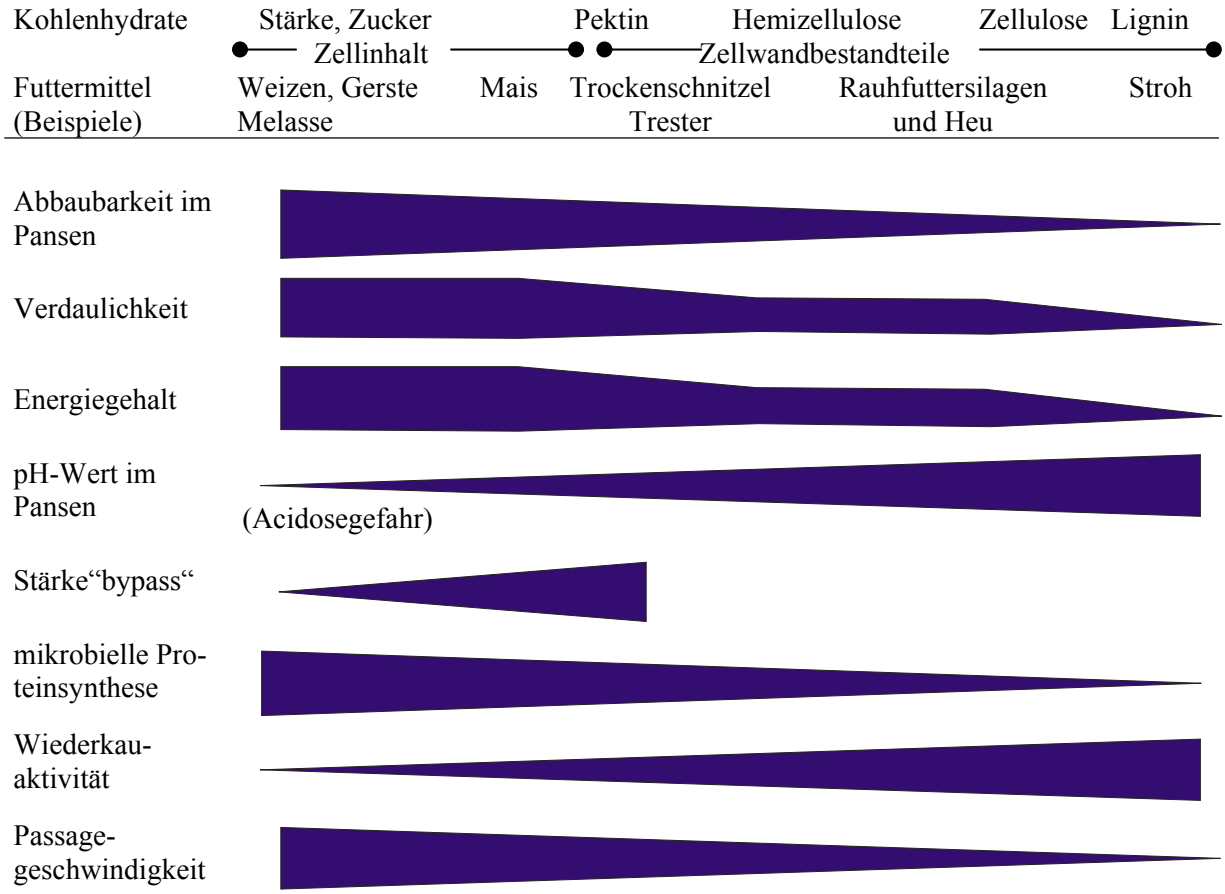


**Abb. 42: Einfluss von Kohlenhydraten aus Zellinhalt und Zellwänden bzw. typischen Futtermitteln auf die Umsetzungen im Pansen**

*Körner und Samen:* Getreide (Gerste, Hafer, Mais, Roggen, Weizen u.a.), Leguminosen (Ackerbohnen, Erbsen, Lupinen, Sojabohnen u.a.) und Kreuzblütler (Raps, Rübsen u.a.) sind die wichtigsten Pflanzengruppen, deren Körner und Samen bzw. deren Nebenprodukte als Futtermittel für Rinder genutzt werden.

Die Samen der drei Pflanzengruppen unterschieden sich vor allem im Stärke-, Protein- bzw. Fettgehalt. Getreidekörner sind deutlich stärkereicher als Samen von Leguminosen bzw. Ölsaaten. Diese Samen zeichnen sich vor allem durch höhere Protein- und Fettgehalte (vor allem Ölsaaten, Tab. 49 und Tabellenanhang 10) aus. Im Zellwandgehalt bestehen zwischen den verschiedenen Körnern und Samen ebenfalls erhebliche Unterschiede. Kleine (z.B. Raps) und spelzenreichere Körner und Samen (z.B. Gerste, Hafer, Sonnenblumen) sind deutlich zellwandreicher als größere Körner und Samen (z.B. Mais, Weizen, Tab. 49 und Tabellenanhang).

Neben Unterschieden im Gehalt an Hauptnährstoffen in den Samen und Körnern bestehen auch deutliche Unterschiede im Gehalt an unerwünschten Inhaltsstoffen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass verschiedene Inhaltsstoffe, wie z.B. Phytat beim Nichtwiederkäuer erhebliche Bedeutung haben, jedoch im Pansen weitgehend abgebaut werden können und somit keine negativen Auswirkungen beim Rind zu erwarten sind.

Die organische Substanz der Körner und Samen wird beim Wiederkäuer überwiegend zwischen 80 und 90 % verdaut (Tab. 49), für einzelne Nährstoffe variiert die Verdaulichkeit in größerem Ausmaß. Bei der Zellwandverdaulichkeit bestehen keine wesentlichen Unterschiede zwischen Grund- und Kraftfuttermitteln.

**Tab. 49: Ausgewählte Inhaltsstoffe, Verdaulichkeit und Energiegehalt von wichtigen Körnern und Samen**

| Pflanzenart | Inhaltsstoffe (g/kg T) | | | | Verdaulichkeit der OS (%) | ME | NEL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Roh-protein | Rohfett | NFE | Roh-faser | | (MJ/kg T) | |
| Getreide | | | | | | | |
| Gerste | 124 | 27 | 57 | 765 | 85 | 12,8 | 8,1 |
| Mais | 106 | 45 | 26 | 806 | 86 | 13,3 | 8,4 |
| Weizen | 138 | 20 | 29 | 794 | 89 | 13,4 | 8,5 |
| Leguminosen | | | | | | | |
| Ackerbohnen | 298 | 16 | 89 | 558 | 91 | 13,6 | 8,6 |
| Erbsen | 251 | 15 | 67 | 633 | 90 | 13,5 | 8,5 |
| Sonstige | | | | | | | |
| Raps | 227 | 444 | 75 | 209 | 74 | 17,6 | 10,8 |
| Sojabohnen | 398 | 203 | 62 | 283 | 86 | 15,9 | 9,9 |

*Wurzeln und Knollen:* Zucker (Rüben) und Stärke (Kartoffeln, Maniok) sind die wichtigsten Inhaltsstoffe (60 bis 70 % der T) von Wurzeln und Knollen.

Rüben sind deutlich zellwandreicher als Kartoffeln. Hauptkomponenten der Zellwände bei Rüben sind Pektine (Polymere der Galakturonsäure), die im Pansen deutlich langsamer abgebaut werden als Zucker und Stärke, aber zügiger als ß-glykosidisch gebundene Zellwandbestandteile (Zellulose, Hemizellulose, Abb. 42).

*Nebenprodukte der Verarbeitungsindustrie:* Inhaltsstoffe und Verdaulichkeit bzw. Futterwert von Nebenprodukten der Verarbeitungsindustrie hängen u.a. ab von der

- Art der Ausgangsprodukte (Getreide, Ölsaaten, Rüben u.a.),

- Art und Menge des/der entzogenen Nährstoffe,
- Art der technologischen Aufbereitung.

Grundsätzlich ist einzuschätzen, dass in Abhängigkeit vom entzogenen Nährstoff die Konzentration der anderen Nährstoffe in dem als Futtermittel verfügbaren Nebenprodukt ansteigt. Beim Fettentzug (Ölentzug) aus Soja- oder Rapssamen steigt beispielsweise der Gehalt an Rohprotein, Rohasche, Zellwandbestandteilen und Stärke in den Nebenprodukten (Kuchen oder Expeller bzw. Extraktionsschrot, Abb. 43) an.

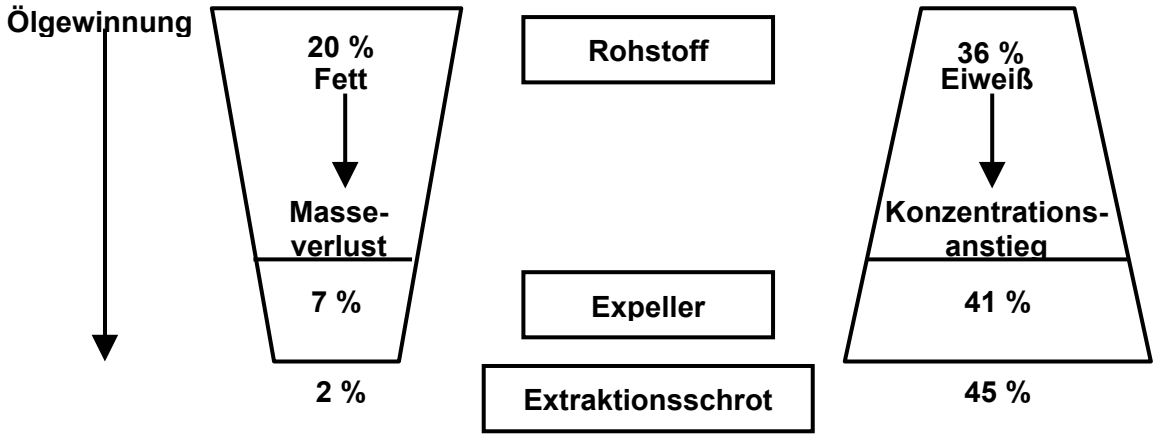


**Abb. 43: Entzug von Fett aus der Sojabohne und Anreicherung von Eiweiß in Expellern und im Extraktionsschrot (Angaben in % je T)**

Der Stärkeentzug (z.B. Brennereien, Brauereien, Stärkeindustrie) führt zu einem deutlichen Anstieg aller anderen Nährstoffe (Tabellenanhang 10, Vergleich von Schlempe, Treber, Kleber u.a. mit den entsprechenden Getreidearten). Nebenprodukte sind demnach wertvolle Protein- (z.B. Soja- und Rapsextraktionsschrot), aber auch Energiequellen für die Rinderfütterung. Der Gehalt an unerwünschten Inhaltsstoffen hängt ebenfalls vom Ausgangsmaterial ab und kann durchaus höher als in diesem sein, wenn im Rahmen der Behandlung kein Abbau oder keine Inaktivierung erfolgte. Bei feuchten Nebenprodukten (z.B. Biertreber, Schlempe) sind durch entsprechende Lagerung bzw. Konservierung Bedingungen zu schaffen, die einen Verderb verhindern.

Details zur Problematik der Nebenprodukte in der Tierernährung wurden sowohl in Lehrbüchern als auch in verschiedenen Tagungsbänden zusammengestellt, wie z.B. bei Flachowsky und Kamphues (1996) sowie Kamphues und Flachowsky (2001).

In der Positivliste für Futtermittel (ZDL 2001), die nach der BSE-Krise erarbeitet wurde, sind die Nebenprodukte aufgeführt, die in der Tierernährung eingesetzt werden dürfen. Dort nicht erwähnte Futtermittel dürfen nicht verfüttert werden.

*Sonstige Kraftfuttermittel einschließlich Futtermittel tierischer Herkunft:* Neben der breiten Palette von Nebenprodukten pflanzlicher Herkunft haben auch Futterfette pflanzlicher und tierischer Herkunft sowie verschiedene Futtermittel tierischer Herkunft Bedeutung für die Tierernährung. Von diesen Futtermitteln dürfen gegenwärtig (als Folge der BSE-Krise) Fette tierischer Herkunft sowie Produkte von Landtieren – außer Milch und deren Verarbeitungsprodukte – nicht verfüttert werden. Sowohl bei diesen Substanzen (z.B. Tiermehl, Fleisch- und Knochenmehl) als auch bei Fischmehl handelt es sich um ernährungsphysiologisch hochwertige Futtermittel (hoher Proteingehalt mit vielen essentiellen Aminosäuren, reich an Phosphor u.a. Mineralstoffen) für die Nichtwiederkäuerernährung (Rodehutscord et al. 2002). In Deutschland erfolgte auch vor dem Fütterungsverbot keine Verfütterung von Tiermehl an Rinder.

Kolostralmilch, Vollmilch, Magermilch und andere Nebenprodukte der Milchverarbeitung, die in Milchaustauscherfuttermitteln eingesetzt werden, haben erstrangige Bedeutung für die Kälberernährung (Abschnitt 6.4). Zusammensetzung und Futterwert der Nebenprodukte der Milchverarbeitung hängen vom Entzug der verschiedenen Nährstoffe (z.B. Fett, Protein oder Laktose) ab.

Fette sind die energiereichsten Futtermittel (bis 40 MJ Bruttoenergie je kg; 1 kg Futterfett entspricht energetisch 2 bis 2,5 kg Getreide), die für die Tierernährung bereitstehen. Neben Milchaustauscher kommen pflanzliche Fette vor allem als Energiequelle in Rationen von Hochleistungskühen zum Einsatz. So genannte geschützte Fette (kein wesentlicher Einfluss auf Umsetzungen im Pansen) können durchaus in Mengen zum Einsatz kommen, die den Gesamtfettgehalt der Ration bis auf 8 % der T ansteigen lassen. Bei ungeschützten Fetten sollte der Gesamtfettgehalt der Ration 5 % der T nicht übersteigen.

*Futtermittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen (GvP):* Der weltweit ansteigende Anbau von GvP (2005: ≈ 100 Mio ha), vor allem von Sojabohnen, Mais, Raps und Baumwolle führte dazu, dass immer mehr Futtermittel oder Nebenprodukte aus solchen Pflanzen auf den Markt und damit auch in Deutschland in der Tierernährung zum Einsatz kommen. Bei den GvP handelt es sich nahezu ausschließlich um GvP der sog. 1. Generation. Bei diesen Pflanzen wurde u.a. die Widerstandsfähigkeit gegen Pflanzenschutzmittel und/oder Insekten erhöht; es erfolgte keine Veränderung wichtiger Inhaltsstoffe. Das Prinzip der substanziellen Äquivalenz, das besagt, dass sich diese Pflanzen in ihren Inhaltsstoffen und ernährungsphysiologisch nicht wesentlich von ihren isogenen Ausgangslinien unterschieden, gelangt dabei zur Anwendung. Gegenwärtig liegen über 100 ernährungsphysiologische Studien vor, in denen Futtermittel aus GvP mit denen aus isogenen Ausgangslinien bei verschiedenen Tierarten/-kategorien verglichen wurden. In diesen Versuchen konnten keine nicht erklärbaren Unterschiede bezüglich Tiergesundheit, Leistung und Produktqualität ermittel werden (Flachowsky 2004, Flachowsky et. al. 2005). Es gibt auch keine Hinweise, dass sich die transgene DNA und die neu ausgeprägten Proteine (Novel Protein) bei der Futteraufbereitung und im Verdauungstrakt der Tiere anders verhalten als herkömmliche DNA bzw. Proteine. GvP der 2. Generation, bei denen bewusst Einfluss auf Inhaltsstoffe genommen wird (z.B. Erhöhung des Gehaltes an erwünschten Stoffen, wie z.B. Aminosäuren, bestimmte Fettsäuren, Vitamine, Mineralstoffe u.a. bzw. Reduzierung des Gehaltes an unerwünschten Stoffen), werden gegenwärtig kaum angebaut und stehen demnach auch noch nicht als Futtermittel zur Verfügung. In der Zukunft ist jedoch ein verstärkter Anbau derartiger Pflanzen zu erwarten, so dass entsprechende Studien zu dieser Thematik erforderlich sind.

## 6.2.5 Futterzusatzstoffe

Als Futterzusatzstoffe werden Futterbestandteile bezeichnet, die in kleinen Mengen der Futtermischung bzw. –ration zugesetzt werden, um den Bedarf an den jeweiligen Nährstoffen zu decken bzw. die Ration zu ergänzen (lebensnotwendige oder essentielle Zusatzstoffe) oder um gewisse Sonderwirkungen (z.B. erhöhte Futteraufnahme oder Verdaulichkeit; nicht-essentielle Zusatzstoffe) auszulösen. Für die Rinderfütterung haben die in Tabelle 50 zusammengestellten Zusatzstoffe gegenwärtig praktische Bedeutung.

Neben den aufgeführten Stoffgruppen bzw. Stoffen werden bzw. wurden weitere Substanzen in der Rinderfütterung eingesetzt. Die Verwendung von Antibiotika (z.B. Monensin in der Mastrinderfütterung) war EU-weit bis zum Jahre 2005 gestattet. Der Einsatz von sogenannten Stoffwechsel-Beeinflussern (Metabolic Modifiers), wie Sexualhormone (Anabolic implants), ß-Agonisten (ß-adrenergic agonists) oder Wachstumshormonen (bST) ist EU-weit nicht erlaubt, wird aber in anderen Ländern in unterschiedlichem Umfang praktiziert (z.B. erhalten in den USA 90% der Mastrinder anabolische Implantate und 25% der Milchkühe Wachstumshormone). Auf diese Stoffgruppen wird dehalb nicht eingegangen.

Der Einsatz von Enzymen (z.B. Nicht-Stärke-Polysaccharid-spaltende Enzyme), Kräutern bzw. -extrakten und ätherischen Ölen sowie anderen nicht-essentiellen Zusatzstoffen in der

Rinder- und dabei vor allem in der Fütterung von Hochleistungskühen wird gegenwärtig kontrovers diskutiert. Für verbindliche Einsatzempfehlungen sind weitere Studien notwendig, die das Umfeld für eine erfolgreiche Nutzung klar definieren.

**Tab.50: In der Rinderernährung zum Einsatz kommende Zusatzstoffe**

| Essentielle Zusatzstoffe | Nicht-essentielle Zusatzstoffe |
|---|---|
| Mengenelemente (Ca, P, Mg, Na)[1)] | Probiotika (Milchsäurebakterien, Hefen |
| Spurenelemente (Cu, J, Mn, Se, Zn) | Organische Säuren |
| Vitamine (A, D, E, ß-Carotin, für Kälber auch B-Vitamine)<br>Aminosäuren (vor allem Milchkühe, pansenstabiles Lysin, Methionin) | Pansenpuffer (z.B. $NaHCO_3$, bei kraftfutterreicher Milchkuhfütterung)<br>Emulgatoren (zur Lösung von Fetten in Milchaustauschern) |

[1)] Futtermittelrechtlich werden Mengenelemente gegenwärtig nicht zu den Zusatzstoffen gezählt, sondern als Einzelfuttermittel betrachtet.

## 6.2.6 Mischfuttermittel

Als Mischfuttermittel werden Futtermittel bezeichnet, die mittels homogener Vermischung von Einzelkomponenten erzeugt werden. Mischfuttermittel können als Alleinfuttermittel (alleinige Futterquelle), wie z.B. für Geflügel und Schweine, oder als Ergänzungsfuttermittel zu entsprechenden Grundfuttermitteln bereitgestellt werden. In der frühen Phase der Kälberaufzucht können Milchaustauscher ein Alleinfuttermittel für die Kälber darstellen.

In der Rinderfütterung kommt es meist darauf an, das jeweilige Grundfutter (Gräser bzw. daraus hergestellte Konservate, Maissilage u.a.) optimal mit Energie und entsprechenden Nährstoffen zu ergänzen (Abschnitt 6.3.5). Mischfuttermittel für Rinder enthalten neben Getreide vor allem Nebenprodukte der Verarbeitungsindustrie (z.B. Extraktionsschrote als Proteinquellen, Nebenprodukte der Getreideverarbeitung, der Zuckerindustrie als Energiequelle u.a.) sowie verschiedene Zusatzstoffe (Mengen- und Spurenelemente, Vitamine, Aminosäuren, nicht essentielle Zusatzstoffe). Die Mischfuttermittel können in Kraftfuttermischwerken oder als hofeigene Futtermischungen hergestellt werden.

## 6.2.7 Mineralfutter

Mineralfuttermittel können neben Mengen- und Spurenelementen auch Vitamine und sonstige Zusatzstoffe enthalten. Sie werden u.a. hofeigenen Mischungen zugesetzt, um deren Gehalt an essentiellen Futterbestandteilen zu erhöhen. Mineralfutter dienen in Abhängigkeit von Menge und Zusammensetzung der Grundfuttermittel und des Mischfutters der Ergänzung von Rinderrationen.

## 6.3 Fütterung der Milchkühe (*U. Meyer*)

Eine entscheidende Voraussetzung für die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit von Milchkühen ist deren ausreichende Versorgung mit Energie und Nährstoffen. Die Kenntnis über die entsprechenden Anforderungen der Tiere ist die Basis für eine effektive Rationsgestaltung. Im Folgenden werden die Versorgungsempfehlungen für Milchkühe in kurzer Form dargestellt und Hinweise zur Rationsgestaltung gegeben.

## 6.3.1 Energie- und Nährstoffbedarf

*Energiebedarf:* Der Energiebedarf der Milchkühe wird in Deutschland, wie auch in mehreren anderen europäischen Ländern und den USA auf Basis der Nettoenergie ermittelt (vgl. 6.2.2). Beim System der Nettoenergie-Laktation (NEL) wird als Maßeinheit die Energiegröße