

Gerhard Bellof | Patricia Leberl



ulmer

# SCHAF- UND ZIEGENFÜTTERUNG

Strategien für Fleischproduktion,  
Milcherzeugung und Landschaftspflege



Bellof | Leberl

## **Schaf- und Ziegenfütterung**





Gerhard Bellof | Patricia Leberl

# Schaf- und Ziegenfütterung

Strategien für Fleisch-  
produktion, Milcherzeugung  
und Landschaftspflege

77 Farbfotos und Zeichnungen

76 Tabellen

# Inhaltsverzeichnis

## Vorwort 6

## 1 Grundlagen der Schaf- und Ziegenernährung

G. BELLOF 8

- 1.1 Anatomisch-physiologische Besonderheiten des Verdauungstrakts 8
- 1.2 Futteraufnahmeverhalten und Einflüsse auf die Futteraufnahme 10
- 1.3 Verdauung und Stoffwechsel der Nährstoffe 13
- 1.4 Grundlagen Energiehaushalt und Energieumsetzung 18
- 1.5 Energie- und Proteinbewertung 20
  - 1.5.1 Energiebewertung 20
  - 1.5.2 Proteinbewertung 23
- 1.6 Bedeutung der Mineralstoffe und Vitamine 25
  - 1.6.1 Mineralstoffe 25
  - 1.6.2 Vitamine 29

## 2 Futtermittel für Schafe und Ziegen

P. LEBERL 32

- 2.1 Analytische Bestandteile der Futtermittel 32
- 2.2 Bewertung der Futtermittel 35
- 2.3 Einteilung der Futtermittel 35
- 2.4 Grobfutter 36
  - 2.4.1 Grünfutter 36
  - 2.4.2 Silage 50
  - 2.4.3 Heu und Stroh 55
- 2.5 Saftfutter 61
- 2.6 Kraftfutter 64
  - 2.6.1 Einzelfuttermittel 64

2.6.2 Mischfutter 78

2.7 Mineralfutter 82

2.8 Futtermitteluntersuchung 85

2.8.1 Untersuchungsziel 86

2.8.2 Grundsätze zur Probenahme 89

2.9 Vorgaben zur gentechnikfreien Fütterung 93

2.10 Besondere Vorgaben für ökologisch wirtschaftende Betriebe 95

## 3 Fütterung der Schaf

G. BELLOF 97

3.1 Mutterschafe 97

3.1.1 Fütterungsgrundsätze 97

3.1.2 Praktische Durchführung der Mutterschaffütterung 100

3.2 Lämmeraufzucht 108

3.2.1 Zielstellung 108

3.2.2 Physiologische Grundlagen 108

3.2.3 Aufzuchtmethoden 109

3.3 Lämmermast 110

3.3.1 Zielstellung 110

3.3.2 Qualität der Schlachtkörper 111

3.3.3 Grundlegende Betrachtungen für die Lämmermast 116

3.3.4 Praktische Durchführung der Lämmermast 119

3.4 Fütterung der Zuchtlämmer und Zuchtböcke 128

3.5 Besonderheiten der Fütterung von Milchschaafen 130

3.5.1 Zielstellung 130

3.5.2 Milchinhaltstoffe und Fütterung 130

3.5.3 Praktische Durchführung der Milchschaffütterung 137



- 3.6 Fütterungsstrategien für verschiedene Betriebsmodelle 146
  - 3.6.1 Lammfleischerzeugung mit Hütehaltung in der Landschaftspflege 146
  - 3.6.2 Lammfleischerzeugung mit Koppel- und Stallhaltung 149
  - 3.6.3 Schafmilcherzeugung und -verarbeitung mit Direktvermarktung 152
  
- 4 Fütterung der Ziegen**  
G. BELLOF 155
  - 4.1 Milchziegen 155
    - 4.1.1 Zielstellung 155
    - 4.1.2 Fütterungseinflüsse auf Milchleistung und -inhaltsstoffe 155
    - 4.1.3 Praktische Durchführung der Milchziegenfütterung 164
  - 4.2 Kitz- und Jungziegenaufzucht 175
    - 4.2.1 Zielstellung 175
    - 4.2.2 Praktische Durchführung der Kitzaufzucht 176
  - 4.3 Mast von Ziegenkitzen 181
    - 4.3.1 Einordnung 181
    - 4.3.2 Milchmast 183
    - 4.3.3 Intensive Wirtschaftsmast 185
  - 4.4 Fütterung der Jung- und Altböcke 186
  - 4.5 Fütterungsstrategien für Betriebe mit Ziegenhaltung 187
    - 4.5.1 Ziegenmilcherzeugung und -verarbeitung mit Direktvermarktung 187
    - 4.5.2 Ziegenmilcherzeugung mit Molkereianlieferung 189
  
- 5 Fütterungsbedingte Erkrankungen bei Schafen und Ziegen**  
P. LEBERL 192
  - 5.1 Erkennen von Tieren mit gesundheitlichen Problemen 192
  - 5.2 Stoffwechselerkrankungen 193
    - 5.2.1 Pansenazidose 194
    - 5.2.2 Alkalose/Pansenfäule 195
    - 5.2.3 Ketose 196
    - 5.2.4 Tympanie 198
  - 5.3 Störungen der Mineralstoff- und Vitaminversorgung 199
    - 5.3.1 Gebärparese 199
    - 5.3.2 Weidetetanie 200
    - 5.3.3 Kalzinose 201
    - 5.3.4 Harnsteine 203
    - 5.3.5 Rachitis 204
    - 5.3.6 Kupfermangel/-vergiftung 204
    - 5.3.7 Weißmuskelkrankheit 206
    - 5.3.8 Jodmangel 207
    - 5.3.9 Kobaltmangel 208
  - 5.4 Vergiftungen 208
    - 5.4.1 Giftpflanzen 208
    - 5.4.2 Nitrat/Nitrit 213
  
- Formelsammlung** 214
- Literaturverzeichnis** 216
- Register** 224
- Abkürzungsverzeichnis** 227
- Impressum** 228

# Vorwort

Die Schaf- und Ziegenhaltung nimmt in Deutschland einen besonderen Stellenwert ein durch ihren Beitrag in der Landschaftspflege zum Erhalt der Kulturlandschaft. Weitere Ziele der Schaf- und Ziegenhaltung liegen in der Erzeugung qualitativ hochwertigen Lamm- oder Kitzfleisches. Für den Verbraucher ist eine Verbindung von Landschaftspflege und Fleischerzeugung besonders attraktiv, da sie zum „naturnahen Image“ insbesondere von Lammfleisch beiträgt. Um diese beiden Zielvorstellungen erfolgreich miteinander zu verknüpfen, ist jedoch ein ausgeklügeltes Herdenmanagement bezüglich Zucht (Auswahl der Rassen/Kreuzungen), Produktionszyklus und Betriebsorganisation erforderlich. Eine besondere Herausforderung liegt in der Notwendigkeit einer fortwährenden Anpassung der Fütterung an wechselnde betriebliche Futterqualitäten, wie beispielsweise in der Nutzung von extensivem gegenüber intensivem Grünland.

Schaf- und Ziegenmilch sowie die daraus hergestellten Produkte erfreuen sich in Deutschland einer zunehmenden Beliebtheit. Die speziellen Betriebszweige Milchschaaf- bzw. Milchziegenhaltung eröffnen zunehmend interessante Einkommensperspektiven. Die Professionalisierung dieser Produktionsrichtungen führt zu größeren Herden und einer stärkeren Nutzung des Leistungspotenzials der Tiere auf der einen Seite. Andererseits muss sich die Produktionstechnik diesen veränderten Ansprüchen anpassen. Der Fütterung kommt hier eine besondere Bedeutung zu. Eine schnelle Verbesserung der Einzeltierleistungen, insbesondere die Erhöhung von Milchmenge und Milcheiweißgehalt, ist vorrangig durch eine ausgewogene Fütterung mithilfe einer präzisen und auf den Bedarf der Tiere abgestimmten Rationsgestaltung erreichbar.

Immer mehr Menschen entdecken Schaf und Ziege als Hobbytiere für den eigenen Garten oder für die Bewirtschaftung kleinerer Grünlandflächen im Nebenerwerb. Dementsprechend hoch ist das Interesse, möglichst viele Informationen über die Bedürfnisse und Ansprüche des „tierischen Familienanschlusses“ hinsichtlich Unterbringung, Pflege und Betreuung sowie Eignung und Einsatzmöglichkeiten verschiedener Futtermittel für die Fütterung zu bekommen.

Schwerpunkt des vorliegenden Werkes ist die Fütterung der genannten Tiergruppen. Die Ernährung von Schaf und Ziege zeigt einerseits viele Parallelen zum Rind, andererseits aber auch charakteristische Unterschiede.

Im ersten Kapitel des Buches sollen die Besonderheiten der „kleinen“ Wiederkäuer herausgehoben werden. Das breite Spektrum der mit Schafen und Ziegen erzeugten Produkte sowie die unterschiedliche Intensität in der Haltung führen zu einer Vielzahl von Fütterungsstrate-



gien. Diese beginnen bereits bei der Auswahl und Bereitstellung geeigneter Futtermittel.

In einem eigenen Kapitel stellen wir in der Schaf- und Ziegenhaltung häufig verwendete Futtermittel vor und bewerten diese anhand verschiedener Kenngrößen und Qualitätskriterien. Hierbei greifen wir auf aktuelle Studien und Erhebungen mit integrierten Futtermitteluntersuchungen zurück, die den neuesten Stand des Wissens wiedergeben.

Die Charakterisierung der Zielprodukte – Fleisch, Milch und Wolle – wird in den jeweiligen Kapiteln zur praktischen Fütterung vorangestellt. Daraus leiten sich die Ansprüche der verschiedenen Tiergruppen – bezogen auf die Protein-, Energie- sowie Mineral- und Wirkstoffversorgung – in den relevanten Leistungssituationen ab. Im Zentrum der Betrachtungen steht die Erfüllung dieser Ansprüche in Form von praktischen Rationsvorschlägen.

Separate Kapitel stellen wichtige Betriebsformen der Schaf- und Ziegenhaltung beispielhaft vor und bringen hierbei jeweils die speziellen Fütterungsstrategien in Zusammenhang mit Betriebszielen, Haltungformen sowie der Produktvermarktung.

Die Gesunderhaltung von Schaf und Ziege stellt ein wichtiges Ziel dar. Eine sachgerechte Fütterung entsprechend der tierischen Leistung ist dafür von zentraler Bedeutung. In einem eigenen Kapitel werden die im ersten Kapitel dargelegten, grundlegenden ernährungsphysiologischen Zusammenhänge aufgenommen und in Beziehung zu wichtigen ernährungsbedingten Krankheiten gesetzt. Das Augenmerk liegt hierbei insbesondere auf dem Vermeiden von fütterungsbedingten Störungen und Erkrankungen sowie durch Futtermittel verursachten Vergiftungen.

Die Autoren bedanken sich bei Frau Lydia Pleger (wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf) für die Erstellung der Mehrzahl der Abbildungen in den Kapiteln 1, 3 und 4. Frau Anna Häusler und Frau Pia Fehrenbach vom Ulmer Verlag sei gedankt für die intensive Betreuung und die Geduld bei der Fertigstellung des Manuskriptes sowie der Formulierung des Titels für das vorliegende Fachbuch.

Gerhard Bellof  
Patricia Leberl

# 1 Grundlagen der Schaf- und Ziegenernährung

G. BELLOF

## 1.1 Anatomisch-physiologische Besonderheiten des Verdauungstrakts

### Vormagensystem: Pansen, Haube, Blättermagen

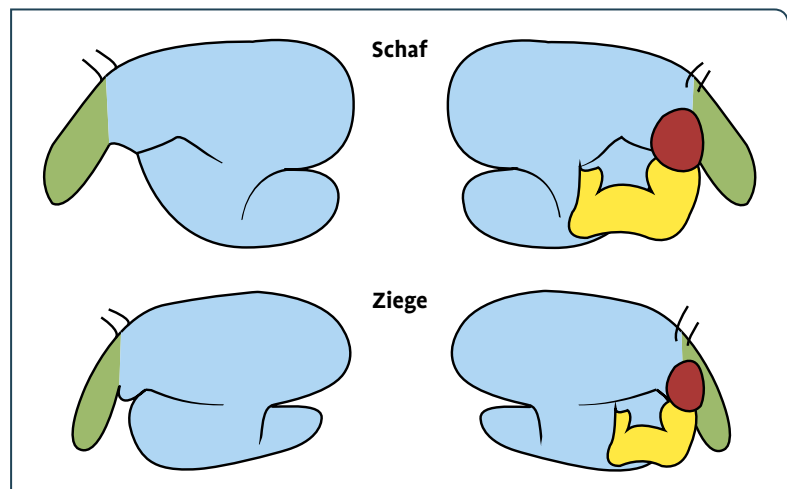
Schaf und Ziege zählen zu den Wiederkäuern und können durch in ihrem Vormagensystem angesiedelte Mikroorganismen rohfaserreiche Futtermittel verdauen. In der Abbildung 1.1 sind die Vormagensysteme von Schaf und Ziege vergleichend dargestellt. Es zeigen sich keine grundlegenden anatomisch-physiologischen Unterschiede zwischen diesen Tierarten.

Der Inhalt des Pansens weist eine Schichtung auf. Die flüssige Phase stellt die untere Schicht dar. Diese Phase – der Pansenflüssigkeit – beinhaltet feste Schwebeteilchen (Futterpartikel) sowie Mikroorganismen. Darüber geschichtet sind gröbere Futterbestandteile. Ganz oben sammeln sich Bläschen mit Gärgasen an, die regelmäßig durch den Rülpsvorgang der Wiederkäuer an die Umgebung abgegeben werden. Die Pansenmotorik – Kontraktionen der Pansenmuskulatur – und das Wiederkäuen sorgen für eine ständige Durchmischung des Inhalts. Der Pansen ist im Inneren mit einer Schleimhaut ausgekleidet. Diese bildet zur Oberflächenvergrößerung Pansenzotten aus.

Im Pansen-Hauben-Bereich findet der Nährstoffabbau durch die Mikroorganismen statt (s. Kapitel 1.3). Die dort abgebauten Nährstoffe werden über die Pansenzotten in die Blutbahn aufgenommen.

**Abb. 1.1** Vormagensysteme von Schaf und Ziege.

links: jeweils Pansen (blau) und Haube (grün); rechts: jeweils Blättermagen (rot) und Labmagen (gelb).



## Labmagen

Futterbestandteile, die nicht im Vormagen abgebaut wurden, gelangen über den Blättermagen in den Labmagen. Im Labmagen wird die sogenannte enzymatische Verdauung eingeleitet. Das bedeutet, der Nährstoffabbau erfolgt mithilfe körpereigener Enzyme. Diese Art der Verdauung wird im Dünndarm fortgesetzt. Im Dickdarm finden wieder mikrobiologische Umsetzungen statt. Im hinteren Dickdarmabschnitt wird dem Verdauungsbrei Wasser entzogen.

## Unterschiedliche Verdauung bei Wiederkäuern

Bei näherer Betrachtung bestehen zwischen Schaf, Ziege und Rind Unterschiede im Verdauungsgeschehen. Bereits bei der Futterauswahl unterscheiden sich die kleinen Wiederkäuer vom Rind. So nehmen Ziegen – im Vergleich zu Rindern – bevorzugt Pflanzenteile mit höherer Nährstoffkonzentration auf. Diese nährstoffkonzentriertere Nahrung muss weniger intensiv gekaut und wiedergekaut werden. Gleichzeitig produzieren Ziegen mehr Speichel als Schafe oder Rinder. Diese beiden Besonderheiten führen zu einer kürzeren Verweildauer der Nahrung im Pansen-Hauben-Bereich von Ziegen.

Die oben beschriebene Schichtung der Futterbestandteile im Pansen hängt entscheidend von deren Zusammensetzung ab. Je weniger Faserbestandteile aufgenommen werden, desto geringer die Schichtung. Da die selektiv fressende Ziege weniger faserreiche Futterbestandteile aufnimmt als Schafe oder Rinder, weist sie die geringste Nahrungsschichtung auf.

## Unterschiede in Kopfform und Gebissaufbau

Rinder, Schafe und Ziegen unterscheiden sich in der Kopfform und im Gebissaufbau. Während Rinder mit ihrem starren Flotzmaul beim Weidegang die überwiegend grashaltige Nahrung büschelweise mithilfe der Zunge aufnehmen, sind die Lippen von Schafen und Ziegen sehr feinbeweglich, was zu einer eher pflückenden Nahrungsaufnahme führt. Die bei Schaf und Ziege eher schmal und meißelförmig ausgebildeten Schneidezähne unterstützen diesen Pflückvorgang.

## Nahrungsverarbeitung

Das gegenüber Rindern unterschiedlich gebaute Gebiss führt weiter dazu, dass die aufgenommene Nahrung von Ziegen und Schafen weniger intensiv wiedergekaut, sondern eher gequetscht bzw. entsaftet wird. Insbesondere die Ziege ist in der Lage, den so freigesetzten Pflanzensaft, der die löslichen Nährstoffe enthält, in Verbindung mit der größeren Speichelmenge direkt in den Labmagen abzuleiten. Der Labmagen der Ziege ist folglich – gegenüber dem des Rindes – vergleichsweise groß. Dies gilt auch für den hinteren Darmabschnitt. Dort findet eine ausgeprägte Nachvergärung statt. Auch die Wasserrückführung ist dort deutlich ausgeprägter als beim Rind. Dies lässt sich auch

an der unterschiedlichen Form und Beschaffenheit des abgesetzten Kotes erkennen. Das Schaf nimmt bezüglich der beschriebenen anatomisch-physiologischen Zusammenhänge eine Mittelstellung zwischen Ziege und Rind ein (s. Kapitel 1.2).

**Fazit für die Praxis**

Im Pansen-Hauben-Bereich findet der Nährstoffabbau durch die Mikroorganismen statt. Im Labmagen wird die sogenannte enzymatische Verdauung eingeleitet, die sich im Dünndarm fortsetzt. Im Dickdarm erfolgen wieder mikrobiologische Umsetzungen. Im hinteren Dickdarmabschnitt wird dem Verdauungsbrei Wasser entzogen.

**1.2 Futteraufnahmeverhalten und Einflüsse auf die Futteraufnahme**

**Raufutter-Fresser versus Konzentrat-Selektierer**

Schafe, Ziegen und Rinder unterscheiden sich in ihrem Futteraufnahmeverhalten. Während das Rind und das Schaf innerhalb der Wiederkäuer der Gruppe der Raufutter-Fresser zugeordnet werden, steht die Ziege zwischen dieser Gruppe und den sogenannten Konzentrat-Selektierern. Zur letztgenannten Gruppe zählt unter anderem auch das Reh (Abb. 1.2).

Insbesondere die Ziege neigt zur Aufnahme von Pflanzenteilen mit höherer Nährstoffkonzentration (s. Kapitel 1.1). Bei Vorlage von Futtermitteln bzw. einer Futterration ist von einer ausgeprägten Selektion auszugehen. In eigenen Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass auch bei der Gabe einer Mischration aus Grob- und Kraftfuttermitteln nach der Fütterung rohfaserreiche Bestandteile zurückblieben. Diese Selektionsneigung, die weniger ausgeprägt auch bei Schafen zu beobachten ist, erschwert eine planmäßige Rationsgestaltung. Zwischen den Schafrassen bestehen Unterschiede in der Futterselektion. So gelten Merinolandschafe im Vergleich zu Landschafrassen als deutlich wählerischer in der Futterauswahl.

Die Ziege als Konzentrat-Selektierer wählt sich das Futter mit der höchsten Nährstoffkonzentration aus und lässt rohfaserreiche Bestandteile übrig.

**Abb. 1.2** Nahrungsansprüche der Wiederkäuer: Unterschiede Ziege – Schaf – Rind.

Konzentrat-Selektierer	Intermediär-typ	Raufutter-Fresser
<b>Reh</b>	<b>Ziege</b>	<b>Schaf Rind</b>

## Einflussfaktoren auf die Nahrungsaufnahme

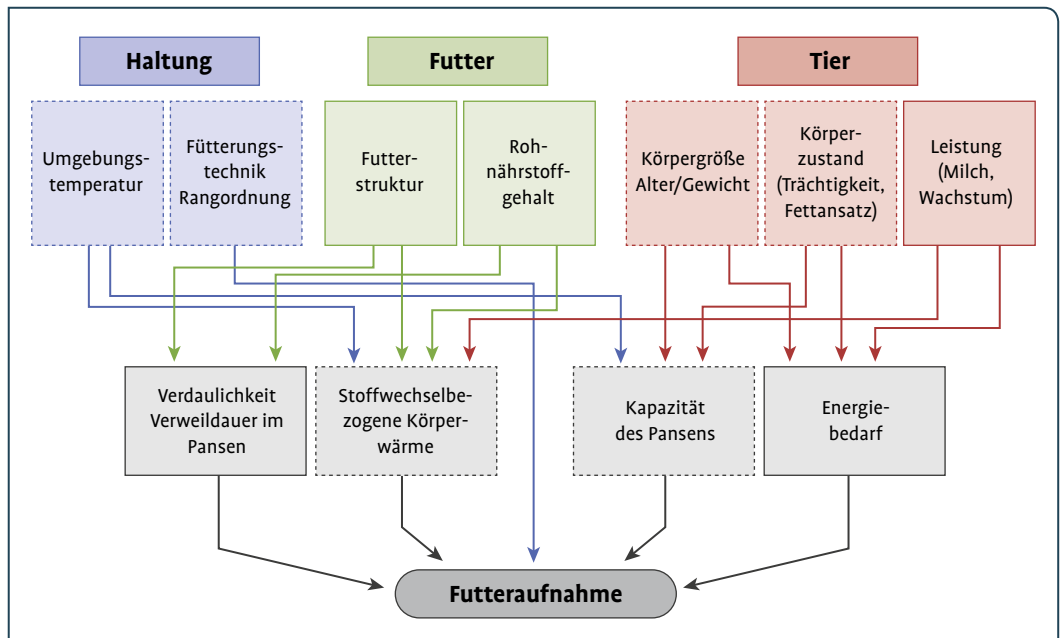
Die Höhe der täglichen Futteraufnahme von Schafen und Ziegen unterliegt einer Vielzahl von Einflüssen, die in Abbildung 1.3 dargestellt sind.

Zunächst beeinflussen **haltungsbedingte Faktoren** die Futteraufnahme. Hier ist insbesondere die Umgebungstemperatur zu nennen. So wird bei sehr niedriger Temperatur, also unterhalb des sogenannten thermoneutralen Bereichs, zusätzlich Energie verbraucht, um die Körpertemperatur konstant zu halten. Dieser Vorgang veranlasst das Tier, mehr Futter aufzunehmen, um die benötigte Energie aus der Nahrung bereitzustellen. Dieser Aspekt ist insbesondere bei der Haltung von Mutterschafen auf der Winterweide sowie bei frisch geschorenen Schafen zu beachten.

Auch die **Futterzusammensetzung** spielt für die Nahrungsaufnahme eine bedeutende Rolle. Insbesondere der Gehalt an wichtigen Nährstoffen ist hier zu nennen. So kann ein Futtermittel mit hohem Stärkegehalt im Pansen rascher abgebaut werden als ein rohfaserreiches Futtermittel. Dies führt zu einer kürzeren Verweildauer sowohl im Pansen als auch im gesamten Verdauungstrakt. Somit kann das Tier bei Vorlage nährstoffkonzentrierter Rationen eine höhere Futteraufnahme erzielen.

Sehr bedeutsam sind die **tierbedingten Einflussgrößen** auf die Futteraufnahme (Abb. 1.3). Neben der Körpergröße, die innerhalb einer Rasse vom Alter abhängig ist, hat der körperliche Zustand einen Ein-

**Abb. 1.3** Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme von kleinen Wiederkäuern (Quelle: Gall 2001; modifiziert).



fluss. Hier ist bei weiblichen Tieren insbesondere die Trächtigkeit von Bedeutung. Mit zunehmender Trächtigkeitsdauer sinkt das Fassungsvermögen des Pansens und somit die Futteraufnahme.

Tiere mit hohen Leistungen (Tageszunahmen, tägliche Milchleistung, Mehrlingsträchtigkeit) haben einen hohen Nährstoff- und Energiebedarf. Die gebildeten Leistungsprodukte, wie Fleisch, Milch oder Föten, bedeuten Nährstoffansatz. So übt z. B. das Euter, in dem die Milchhaltsstoffe aus den Nährstoffen gebildet werden, einen regelrechten „Nährstoffsoog“ aus. Damit sinkt der Blutzuckerspiegel und führt beim Tier zu einem Hungergefühl, was somit zu zusätzlicher Futteraufnahme anregt. Schnellwachsende oder hochlaktierende Tiere versuchen, ihren hohen Nährstoffbedarf zu decken, indem sie gezielt nährstoffkonzentrierte und damit hochverdauliche Futtermittel aufnehmen, z. B. blattreiche Pflanzenteile (Abb. 1.4). So wird die bereits angesprochene Passagerate erhöht. Die geschilderten Effekte führen somit bei Tieren mit hoher Leistung zu einer erhöhten täglichen Futteraufnahme. Weitergehende Informationen zur Beeinflussung der Futteraufnahme unter den Bedingungen des Weidegangs sind der Abbildung 4.1 im Kapitel 4.1.3 zu entnehmen.

#### Fazit für die Praxis

Verschiedene Faktoren beeinflussen die Futteraufnahme der Wiederkäuer wie Haltungsbedingungen (z. B. Umgebungstemperatur), Futterzusammensetzung (z. B. Nährstoffgehalt) und tierbedingte Einflussgrößen (z. B. Körpergröße, Gesundheitszustand).

**Abb. 1.4** Ziegen orientieren sich bei der Futterwahl öfters nach „oben“, Schafe eher nach „unten“.



## 1.3 Verdauung und Stoffwechsel der Nährstoffe

Futtermittel enthalten Nährstoffe, die im Verdauungstrakt abgebaut und verdaut oder wieder ausgeschieden werden. Beim Verdauungsvorgang spalten Enzyme die chemisch komplexen Verbindungen auf. Es entstehen einfache Verbindungen, die in den Stoffwechsel überführt werden können. Diese Nährstoffe lassen sich nach ihrem chemischen Aufbau in 3 Gruppen einteilen:

- Kohlenhydrate: Hier unterscheidet man Strukturkohlenhydrate – wozu Bestandteile der pflanzlichen Zellwand gehören (Zellulose, Hemizellulose und der Holzstoff Lignin) – und Kohlenhydrate aus dem Inneren der pflanzlichen Zelle (Stärke und Zucker/ Glukose).
- Fette: Hierzu zählen insbesondere die sogenannten Neutralfette.
- Proteine (Eiweiße).

### Kohlenhydrate

Für den Wiederkäuer stellen die Kohlenhydrate eine besondere Nährstoffgruppe dar. Ihre herausragende Bedeutung liegt in ihrer Eigenschaft als Hauptenergielieferant für Umwandlungsprozesse im tierischen Stoffwechsel. Etwa 70–80% einer Wiederkäuerration bestehen aus Kohlenhydraten, von denen ein Großteil im Vormagen abgebaut und umgesetzt wird.

Die Strukturkohlenhydrate Zellulose und Hemizellulose werden im Vormagensystem des Wiederkäuers von zellulosespaltenden Bakterien in mehreren Schritten vornehmlich zu **Essigsäure** abgebaut. Hierbei handelt es sich um eine kurzkettige Fettsäure mit 2 Kohlenstoffatomen. Die Essigsäure wird vom Pansen direkt in die Blutbahn überführt und im Stoffwechsel hauptsächlich als Baumaterial für die Herstellung von längerkettigen Fettsäuren verwendet, z. B. in der Milchdrüse. Solche Fettsäuren werden in die sogenannten Neutralfette eingebaut. Bei laktierenden Wiederkäuern spiegelt sich daher die Versorgung mit Strukturkohlenhydraten (rohfaserreiche Futtermittel) im Milchfettgehalt wider. Dieser Zusammenhang wird in Abbildung 1.5 dargestellt. Die rohfaserreichen Futtermittel sichern zudem die wiederkäuergerechte Ernährung – bei ausreichender Partikelgröße und -beschaffenheit.

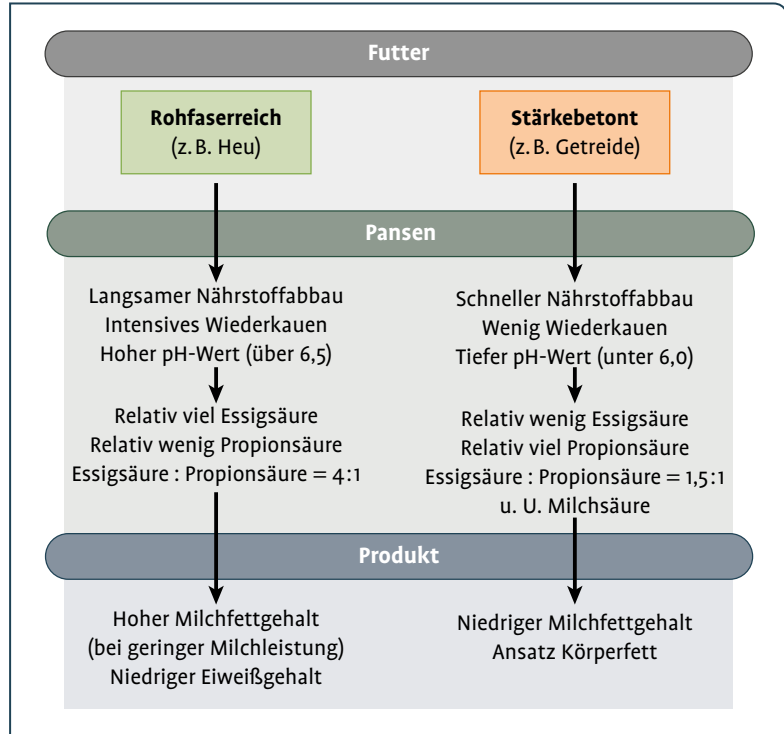
Die im Futter enthaltenen Kohlenhydrate Stärke und Zucker können im Pansen von speziellen Mikroorganismen schrittweise abgebaut werden. Die Endprodukte sind hauptsächlich Propionsäure sowie in geringerem Umfang Buttersäure, die ebenfalls zur Gruppe der kurzkettigen Fettsäuren zählen.

Die **Propionsäure** – eine Verbindung mit 3 Kohlenstoffatomen –, gelangt ebenfalls direkt aus dem Pansen in den Stoffwechsel. Dort wird sie hauptsächlich zur Neubildung von Glukose herangezogen. Die Glukose stellt einen wichtigen, energieliefernden Stoff dar. Zudem wird

Kohlenhydrate sind Hauptenergielieferanten und machen 70–80% der Nährstoffe bei Wiederkäuern aus.



**Abb. 1.5** Abbau unterschiedlicher Kohlenhydrate im Pansen und deren Verwertung im Stoffwechsel, dargestellt am Beispiel laktierender Wiederkäuer.



Glukose vom laktierenden Tier zur Milchzuckerbildung benötigt. Eine hohe Anflutung von Propionsäure im Stoffwechsel gewährleistet also eine gute Energieversorgung der Tiere.

**Buttersäure** – eine Verbindung mit 4 Kohlenstoffatomen –, gelangt ebenfalls direkt aus dem Pansen in den Stoffwechsel. Sie wird dort ähnlich wie die Essigsäure als Baustein im Fettstoffwechsel verwendet.

Da Futtermittel mit hohen Gehalten an Stärke und Zucker, beispielsweise Getreide, nur wenig wiedergekaut werden müssen und somit der Abbau sehr rasch ablaufen kann, kommt es zu einer schnellen Produktion von Propionsäure und Milchsäure im Pansen. Der Säuregehalt kann so eine kritische Grenze erreichen. Diese wird bei einem pH-Wert (Maß für den Säuregrad) im Pansen bei pH 6 erreicht. Diese Pansenübersäuerung – auch Azidose genannt –, führt in ihrer leichten Form zu einer verringerten Futteraufnahme und in ihrer schweren Form zur Futterverweigerung sowie zu gravierenden Verdauungsstörungen (s. auch Kapitel 5).

Überhöhte Gehalte an leicht abbaubarer Stärke und Zucker in den Futterrationen sind also zu vermeiden. Vielmehr muss die Versorgung mit langsam abbaubaren, rohfaserreichen Futtermitteln einerseits und leicht abbaubarer Stärke und Zucker andererseits ausgewogen erfol-

Eine zu stärke- und zuckerreiche Nahrung führt zu einer Pansenübersäuerung bzw. Azidose, die lebensgefährlich sein kann.

gen, um die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Wiederkäuer nicht zu beeinträchtigen. Der dargestellte Sachverhalt ist in Abbildung 1.5 veranschaulicht.

Eine andere Fütterungsstrategie bei hochleistenden Schafen kann darin bestehen, vermehrt eine bestimmte Stärke einzusetzen, die nicht im Pansen abgebaut werden kann. Die Stärke solcher Futtermittel, z. B. Körnermais, wird zu höheren Anteilen erst im Dünndarm durch körpereigene Enzyme verdaut. Dies hat den Vorteil, dass einerseits der Pansen vor Übersäuerung geschützt ist und andererseits die Stärke zu Glukose abgebaut wird. Diese kann in den Stoffwechsel überführt werden und steht dort zur direkten Energieversorgung bereit. Diese Fütterungsstrategie stellt gegenüber der oben dargestellten Glukoseneubildung aus Propionsäure einen für das Tier energetisch günstigeren Weg dar.

#### Praxis-Tipp

### Fette

Nahrungsfette enthalten im Vergleich zu den Kohlenhydraten noch mehr Energie (s. Kapitel 1.4, Abb. 1.8). Die hier angesprochenen Neutralfette bestehen aus 3 Fettsäuren, die an einen Glycerinrest gebunden sind. Die Fettsäuren sind bestimmend für die Eigenschaften des Fettes. Insbesondere die Kettenlänge sowie die Zahl der sogenannten Doppelbindungen zwischen 2 Kohlenstoffatomen bestimmen die physikalische Eigenschaft eines Fettes. So ist der Schmelzpunkt bei einer hohen Zahl von Doppelbindungen in einem Fett herabgesetzt. Dies ist für viele pflanzliche Fette der Fall – sie werden dann auch als Öle bezeichnet.

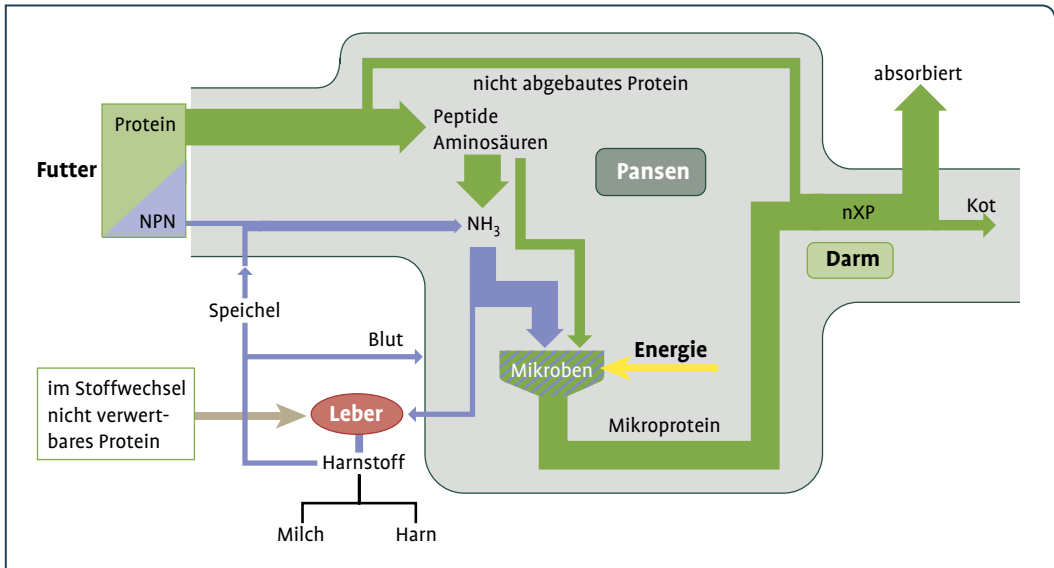
Mit dem Futter aufgenommene Fette werden teilweise bereits im Pansen abgebaut und es kommt zur Freisetzung der Fettsäuren. Solche freien, langkettigen Fettsäuren können sich negativ auf die Verdauungsvorgänge im Pansen auswirken. So üben sie einen hemmenden Einfluss auf die Pansenmikroben aus. Weiterhin können freie Fettsäuren den wichtigen Mineralstoff Kalzium binden.

Somit ist festzuhalten, dass der Wiederkäuer nur begrenzte Fettmengen verträgt. Milchschafe und Milchziegen scheinen aber auf hohe tägliche Fettaufnahmen weniger empfindlich zu reagieren als Milchkühe. Dieser Sachverhalt kann mit der kürzeren Verweildauer der flüssigen und festen Bestandteile im Vormagensystem begründet werden. Damit findet die bei Milchkühen oft zu beobachtende Beeinträchtigung der Pansenfermentation durch Fettzusätze bei Milchschaafen und -ziegen nicht oder nur in geringem Ausmaß statt.

Wiederkäuer  
vertragen nur  
begrenzte  
Fettmengen.

### Proteine

Das im Futter enthaltene Rohprotein wird zu etwa 70% von den Pansenmikroben um- oder abgebaut. Nur etwa 30% des Futterproteins gelangt unverändert in den Labmagen. Die Mikroben können aus



**Abb. 1.6** Schematische Darstellung der Stickstoffumsetzungen in den Vormägen laktierender Wiederkäuer (Quelle: DLG 1998).

Ammoniak (NH<sub>3</sub>) Mikrobenprotein bilden. Hierzu benötigen sie Energie (Abb. 1.6). Das neu gebildete Mikrobenprotein wird – wie das un-abgebaute Futterprotein (UDP) – letztlich im Dünndarm enzymatisch verdaut.

Für eine optimale Proteinsynthese im Pansen müssen den Mikroben ausreichend Eiweiß – letztlich Stickstoff –, aber auch energieliefernde Nährstoffe zur Verfügung stehen. Für Tiere mit hoher Leistung (Wachstum, Fleischansatz, Milchleistung) stellt die Energieaufnahme bzw. -versorgung den leistungsbegrenzenden Faktor dar. So steht im Pansen dieser Tiere oft nicht genügend Energie zur mikrobiellen Proteinbildung bereit. Folglich muss das bis zur Stufe von Ammoniak abgebaute Futterprotein aus dem Pansen geschafft, in der Leber zu Harnstoff umgebaut und mit den Körperflüssigkeiten ausgeschieden werden (Abb. 1.6), wozu zusätzlich Energie verbraucht wird.

Die Futtermittel unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Gehalte an Energie und Rohprotein sowie der Protein-Abbaubarkeit im Pansen. Das unterschiedliche Ausmaß des Proteinabbaus wird durch den UDP-Gehalt ausgedrückt.

Im Labmagen und Dünndarm werden die dort anflutenden Proteine mithilfe der körpereigenen Enzyme über einen mehrstufigen Prozess zu Aminosäuren abgebaut. Diese werden im Dünndarm absorbiert – das heißt in den Stoffwechsel überführt. Im Stoffwechsel dienen die Aminosäuren zum Aufbau körpereigener Proteine. Diese Proteine finden sich in der angesetzten Muskulatur oder in Form von Milcheiweiß wieder. Die Zusammensetzung des körpereigenen Eiweißes folgt dem genetischen Bauplan. Einige Aminosäuren – wie Lysin oder

Für hochleistende Tiere sind vermehrt Futtermittel mit einem hohen UDP-Anteil einzusetzen, um diese energetisch zu entlasten.

Methionin – können im Stoffwechsel nicht gebildet werden. Diese sogenannten essenziellen Aminosäuren müssen mit der Nahrung aufgenommen werden.

Beim Wiederkäuer kommt allerdings eine Besonderheit zum Tragen: Die Mikroorganismen im Pansen können diese essenziellen Aminosäuren bilden. Somit sind Schaf und Ziege im Gegensatz zum Schwein gegenüber der Versorgung mit essenziellen Aminosäuren unabhängig. Vereinfacht gesagt: Der Wiederkäuer kann – dank seiner Pansenmikroben – aus einfachen Proteinen und Nicht-Protein-Stickstoff (NPN, z. B. Futterharnstoff) des Futters hochwertiges Protein in Form von Fleisch und Milch herstellen.

Zwischen dem Wiederkäuer und den Pansenmikroben besteht eine Symbiose (Lebensgemeinschaft). Dies lässt sich am Beispiel des sogenannten rumino-hepatischen Kreislaufs verdeutlichen. Nimmt der Wiederkäuer zu wenig Futterprotein auf, droht im Pansen ein Stickstoffmangel. Dieser führt zu einer verminderten Mikrobenentwicklung und damit zu einer geringeren Mikrobeneiweißbildung. Der Wiederkäuer kann unter diesen Bedingungen Stickstoff aus seinem Stoffwechsel, z. B. aus dem Abbau von Aminosäuren, in Form von Harnstoff in den Pansen einschleusen und damit die Versorgung der Mikroben mit Stickstoff sicherstellen. Somit trägt das Wirtstier aktiv zur Aufrechterhaltung dieser Lebensgemeinschaft bei. Unter praktischen Bedingungen, insbesondere bei hohen Leistungen, droht aber im Pansen ein Überangebot an Stickstoff. Dieser muss aus dem Pansen ausgeschleust und in Form von Harnstoff in der Leber „entgiftet“ werden.

Die Pansenmikroben können essenzielle Aminosäuren bilden. Somit ist der Wiederkäuer nicht auf deren Zufuhr über das Futter angewiesen.

#### Fazit für die Praxis

- Neutralfette bestehen aus 3 Fettsäuren.
- Fettsäuren sind bestimmend für die Eigenschaften eines Fettes.
- Freie, langkettige Fettsäuren können einen hemmenden Einfluss auf die Pansenmikroben haben.
- Freie Fettsäuren können den wichtigen Mineralstoff Kalzium binden.
- Um hochleistende Tiere energetisch zu entlasten, sollte man vermehrt Futtermittel mit einem hohen Anteil von unabgebautem Protein (UDP) einsetzen.

Wiederkäuer können wichtige Aminosäuren, die z. B. für das Schwein essenziell sind, selber bilden. Dabei helfen Pansenmikroben, mit denen eine Symbiose besteht: Der Wiederkäuer liefert den Mikroben Nährstoffe und Stickstoff. Die Pansenmikroben helfen bei der Verdauung der Nährstoffe und liefern Aminosäuren und Vitamine.

## 1.4 Grundlagen Energiehaushalt und Energieumsetzung

### Maßeinheiten für Futtermittel

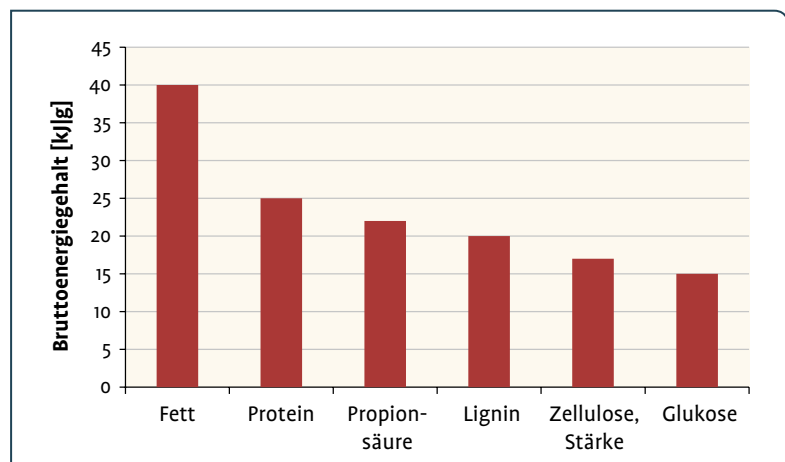
Die im Kapitel 1.3 behandelten Nährstoffe können im Stoffwechsel des Tieres zur Energiegewinnung herangezogen werden. Jeder Nährstoff speichert bzw. liefert einen bestimmten Energiebetrag. Der Energiegehalt eines Nährstoffes und somit auch eines Futtermittels wird in der physikalischen Einheit Joule angegeben. Für Futtermittel ist die Angabe in **Megajoule (MJ) pro Kilogramm (kg)** üblich – 1 MJ sind 1000 Kilojoule (kJ) oder 1 Million Joule. In Abbildung 1.7 sind die Energiegehalte in kJ/g für einige typische Futterinhaltsstoffe angegeben.

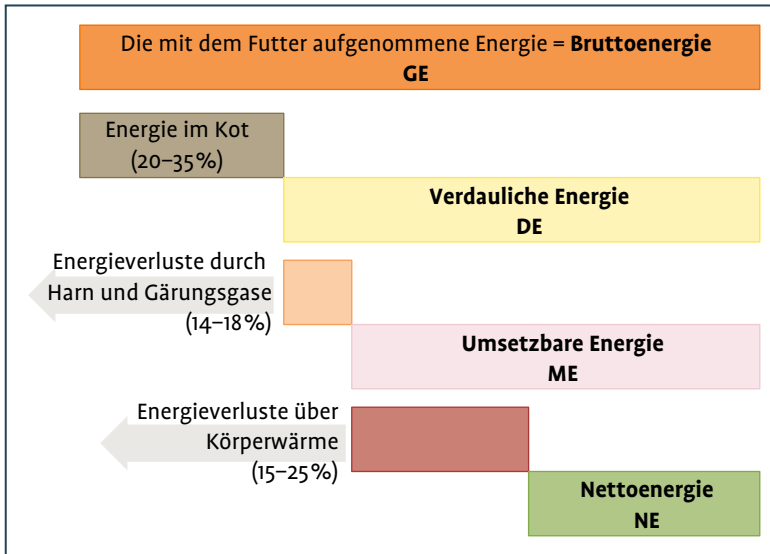
### Bruttoenergiegehalt versus Energielieferungsvermögen

Die Darstellung verdeutlicht, dass der Nährstoff Fett gegenüber der Nährstoffgruppe Kohlenhydrate (Zellulose, Stärke) etwa den 2,2-fachen Energiegehalt aufweist. Das in Raufuttermitteln wie Heu oder Stroh enthaltene Lignin (Holzstoff) weist einen vergleichbaren Energiegehalt auf wie die Glukose. Es handelt sich bei den in Abbildung 1.7 genannten Angaben um sogenannte Bruttoenergie (auch Gesamtenergie genannt, abgekürzt: GE).

Am Beispiel des Lignins lässt sich verdeutlichen, dass ein hoher Bruttoenergiegehalt wenig aussagt über das tatsächliche Energielieferungsvermögen für den tierischen Stoffwechsel: Lignin kann weder von den Mikroben im Vormagen noch mithilfe der körpereigenen Enzyme im Dünndarm abgebaut werden und wird vom Tier unverdaut wieder ausgeschieden. Somit kann das Tier die im Lignin enthaltene Energie nicht nutzen. Die in der Glukose enthaltene Energie kann dagegen vom tierischen Stoffwechsel zu etwa knapp der Hälfte genutzt werden; die andere Hälfte der freigesetzten Energie wird in Form von Wärme abgegeben.

**Abb. 1.7** Mittlerer Bruttoenergiegehalt von ausgewählten Futterinhaltsstoffen.





**Abb. 1.8** Energieumsetzungen im Tierkörper.

Aus diesem Beispiel wird deutlich, dass die im Tier ablaufenden Vorgänge der Verdauung, des Nährstoffumsatzes im Stoffwechsel und schließlich der Stoffansatz in Form von z. B. Fleisch mit **stufenförmigen Energieumsetzungen** verbunden sind. In Abbildung 1.8 sind diese Energiestufen schematisch dargestellt.

### Energiestufen

Ausgehend von der in einem Futtermittel enthaltenen Bruttoenergie wird zunächst die **verdauliche Energie** unterschieden. Das ist die in den verdauten Nährstoffen enthaltene Energie. Die in den **unverdaulichen Nährstoffen** befindliche Energie verlässt mit dem ausgeschiedenen Kot den Tierkörper. Durch die Umsetzungen der Nährstoffe im Stoffwechsel wird weitere Energie freigesetzt und z. B. über den Harn ausgeschieden. Solche Umsetzungen finden bereits im Vormagensystem durch den Stoffwechsel der Mikroorganismen statt. Es entstehen Gär gases (Methan), die vom Wirtstier über das Rülpsen mit der Atemluft freigesetzt werden.

Im Tier verbleibt zunächst die sogenannte **umsetzbare Energie** (auch metabolisierbare Energie genannt, abgekürzt: ME). Tiere in Bewegung müssen Muskelarbeit vollziehen; hierfür wird insbesondere die Glukose benötigt. Diese liefert zwar, wie oben beschrieben, nennenswerte „Arbeitsenergie“, es fällt aber auch „Abwärme“ (thermische Energie) an. Diese gibt das Tier – je nach Umgebungstemperatur in der es sich befindet –, mehr oder weniger ungenutzt nach außen ab. Für den Halter eines Nutztieres ist letztlich interessant, welcher Anteil der mit dem Futter zugeführten Energie in den zu erzeugenden tierischen Produkten – wie Fleisch, Milch oder Wolle – wiederzufinden ist. Diese

Ein hoher Bruttoenergiegehalt eines Nährstoffes sagt wenig über das tatsächliche Energielieferungsvermögen für den tierischen Stoffwechsel aus.

Nettoenergie (umsetzbare Energie minus Abwärme) macht ca. ein Drittel der Bruttoenergie aus. Sie findet sich in den Produkten Fleisch, Milch oder Wolle wieder.

sogenannte Nettoenergie (NE) enthält im Durchschnitt für die genannten Produkte etwa ein Drittel der Bruttoenergie.

#### Fazit für die Praxis

- Die Bruttoenergie (Gesamtenergie, GE) von Fett ist 2,2-mal höher als die von Kohlenhydraten.
- Lignin weist einen vergleichbaren Bruttoenergiegehalt auf wie Glukose.
- Ein hoher Bruttoenergiegehalt eines Nährstoffes sagt wenig über das tatsächliche Energielieferungsvermögen aus, denn es kommt darauf an, ob der Organismus die Art von Energie auch nutzen kann (Lignin vs. Glukose).
- Umsetzbare Energie (metabolisierbare Energie, ME) ist die Energie, die der Körper für z. B. Muskelarbeit nutzen kann, wobei thermische Energie (Abwärme) frei wird.
- Die Nettoenergie (umsetzbare Energie minus Abwärme) macht ca. ein Drittel der Bruttoenergie aus.

## 1.5 Energie- und Proteinbewertung

Eine fachgerechte Nutztierfütterung verfolgt das Ziel, die Tiere bedarfsgerecht zu ernähren und das Potenzial der einzusetzenden Futtermittel möglichst exakt einzuschätzen. Hierbei sind insbesondere die beiden wesentlichen Säulen der Tierernährung zu beachten: die Versorgung mit Energie und Proteinen. Wie in den vorhergehenden Kapiteln dargestellt, kann das Tier die mit dem Futter aufgenommenen Nährstoffe energetisch nutzen. Dabei gibt es aber zwischen den Tierarten große Unterschiede, wie hoch der Anteil ist, der energetisch nutzbar ist.

Proteine nehmen zusätzlich eine Sonderrolle ein, denn sie sind maßgeblich am Bau des Körpers beteiligt. Auch hierbei unterscheiden sich die Tiere hinsichtlich der Proteinverdauung und -umsetzung – vor allem die Gruppe der monogastrischen Tiere von den Wiederkäuern. Nachfolgend sollen daher die für Schaf und Ziege relevanten Systeme für die Energie- und Proteinbewertung vorgestellt werden.

### 1.5.1 Energiebewertung

#### Erhaltungsbedarf

Wie in Kapitel 1.4 gezeigt, lassen sich verschiedene Stufen der Energieumsetzung unterscheiden. Die beste Voraussage erreicht man, wenn alle Verluste quantifiziert und die sogenannte Nettoenergie ausgewiesen werden kann. Die Nettoenergie lässt sich definieren als die Energie, die in einem Zielprodukt enthalten ist. Besonders deutlich wird das am Beispiel des Produktes Milch: Der Energiegehalt von 1 kg Schaf- oder Ziegenmilch kann durch Messung der Inhaltsstoffe Fett, Eiweiß und Milchzucker und deren Multiplikation mit den jeweiligen Energie-

Der Erhaltungsbedarf deckt den Energiebedarf der Lebensfunktionen wie Atmung, Futteraufnahme, Verdauung usw. ab.



gehalten genau ermittelt werden. Somit lässt sich für eine Milchziege der tägliche Energiebedarf für die zu erzielende Milchleistung sehr exakt ableiten. Jedes Tier – also auch die Ziege – benötigt aber zunächst für die Deckung seiner Lebensvorgänge (Atmung, Futteraufnahme, Verdauungsarbeit u. a.) einen bestimmten Energiebedarf. Dieser Bedarf wird als Erhaltungsbedarf bezeichnet.

### Täglicher Energiebedarf

Eine Ziege kann zeitgleich zur Laktation tragend sein. Die Trächtigkeit erfordert zusätzliche Energie. Außerdem benötigt eine junge Milchziege für ihr Wachstum zusätzliche Energie aus dem aufgenommenen Futter. Somit ergibt sich der tägliche Energiebedarf aus dem Erhaltungsbedarf sowie dem Bedarf für die Leistungsprodukte (Milch, Trächtigkeit, Wachstum, Wolle).

Der tägliche Energiebedarf setzt sich aus dem Erhaltungsbedarf und zusätzlicher Energie zusammen, die z. B. für Wachstum und Milchproduktion benötigt wird.

### Energiebewertungssysteme: NEL versus ME

In Deutschland kommt für die Fütterung der milchgebenden Rinder, Schafe und Ziegen das Energiebewertungssystem **Nettoenergie-Laktation (NEL)** zur Anwendung. Dieses wurde für die Milchkuhfütterung entwickelt, kann aber auch für die kleinen, zur Milchnutzung herangezogenen Wiederkäuer wie Milchschaaf und Milchziege zum Einsatz kommen.

Für die Nutzungsrichtung Fleisch bzw. Mast von Rindern, Schafen und Ziegen wird in Deutschland das System **umsetzbare Energie (ME)** verwendet. Bei dieser Nutzungsrichtung kann zwar ebenfalls zwischen dem Erhaltungsbedarf und dem Bedarf für das Leistungsprodukt (Wachstum, Fleisch) unterschieden werden. In der Praxis wird für die jeweilige Tiergruppe aber ein täglicher Gesamtbedarf an Energie ausgewiesen.

Für die Milchwirtschaft kommt das NEL-System zum Einsatz, in der Fleischproduktion das ME-System.

### Energiebewertung von Futtermitteln

Die für die erwähnten Wiederkäuer einzusetzenden Futtermittel müssen ebenfalls mit den genannten Systemen bewertet werden. Nur auf der Basis einheitlicher Verrechnungseinheiten – ME oder NEL – können Rationsberechnungen erfolgen. Mit diesen Berechnungen lassen sich die oben genannten Ziele eines effizienten Futtermitelesatzes und letztlich eine bedarfsgerechte Energie- und Proteinversorgung realisieren.

Die mögliche Vorgehensweise zur Energiebewertung von Einzel Futtermitteln für die Rinder-, Schaf- und Ziegenfütterung zeigt Abbildung 1.9.

Ausgangspunkt ist die Untersuchung des zu bewertenden Futtermittels (z. B. Gerste; Tab. 2.13 in Kapitel 2.6.1). Die sogenannten Rohnährstoffe lassen sich nach dem Verfahren der **Weender Analyse** ermitteln (s. auch Kapitel 2.1). Hierbei werden nicht die in Kapitel 1.3 dargestellten „Reinnährstoffe“ (Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße) ausgewiesen,

Rationsberechnungen lassen sich nur anhand einheitlicher Verrechnungseinheiten (ME oder NEL) anstellen.