

2. Energieversorgung

Roger Daccord

Inhaltsverzeichnis

2.	Energieversorgung	2
2.1	Energieverluste	2
2.2	Art der Energiequellen	3
2.3	Überlegungen zum Grenzertrag bei der Milchkuh.....	3
2.4	Schlussfolgerung.....	4
2.5	Literatur.....	5



2. Energieversorgung

«The fire of life», Feuer des Lebens. Dieser schöne Vergleich, vom Bioenergetiker Kleiber (1961) gebraucht, charakterisiert sehr gut den Begriff «Energie». Die absolute Lebensnotwendigkeit gibt ihr einen übergeordneten Wert. Ihre effiziente Verwendung ist auch in der Landwirtschaft ein vorrangiges Ziel. Die Wirtschaftlichkeit der Tierproduktion wird weitgehend durch die Qualität ihrer Erzeugnisse und den Wirkungsgrad der Veredlung durch das Tier bestimmt. Weil die Energie 60 bis 80 % der Futterkosten ausmacht, ist die Effizienz der Umwandlung zu nutzbaren Produkten von entscheidender ökonomischer Bedeutung. Für Nichtwiederkäuer ist diese Effizienz gut, für Wiederkäuer dagegen noch ungenügend definiert. Um die Umwandlung zu verstehen und sie optimieren zu können, muss man die Energiezuflüsse zum Tier und die Abflüsse in Form von Produkten und Verlusten kennen.

2.1 Energieverluste

Die Kotverluste stellen bei allen Tierarten den wichtigsten Faktor für den unterschiedlichen energetischen Wert der Futtermittel dar. Beim Wiederkäuer werden 20 bis 60 % der aufgenommenen Bruttoenergie (BE) im Kot ausgeschieden; dies entspricht umgekehrt einer Verdaulichkeit der Energie (vBE) von 80 bis 40 %. Zwischen der vBE und der Verdaulichkeit der Organischen Substanz (vOS) besteht eine enge Beziehung (Vermorel 1980, Vermorel et al. 1987). Dies erlaubt, sich bei der Schätzung des Energiewertes auf die vOS abzustützen. Die Genauigkeit der Energiebewertung hängt somit entscheidend von der Schätzung der vOS ab.

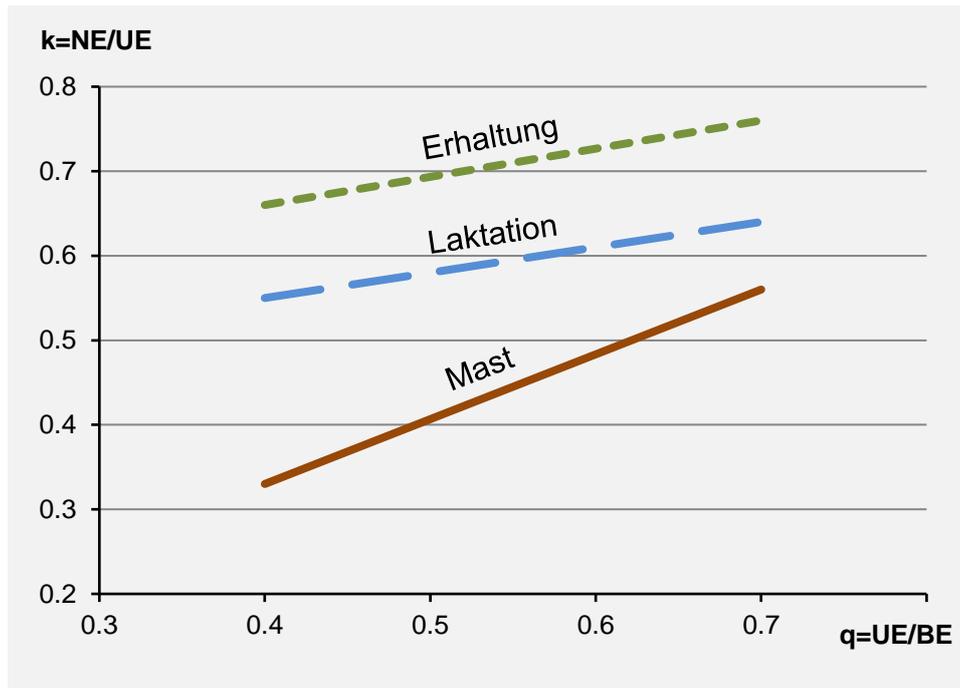
Der hauptsächliche Einflussfaktor auf die vOS der Raufuttermittel ist ihr Gehalt an Zellwandbestandteilen und deren Verdaulichkeit. Auch das Tier selbst spielt eine Rolle: im Speziellen die Tierart und das Alter, aber auch das Individuum. Zahlreiche Versuche haben eine höhere Verdauungseffizienz bei gewissen Schafen gezeigt (Daccord und Schneeberger 1986). Die gleiche Beobachtung wurde bei Ziegen gemacht (Goumaz 1992). Es wäre interessant, die Ursachen für solche tierbedingte Unterschiede zu kennen und zu untersuchen, ob sie in der Zuchtauswahl berücksichtigt werden könnten.

Beim mikrobiellen Abbau der Futtermittel gehen 5 bis 10 % der BE als Methan verloren. Diese Verluste sind proportional zur mikrobiellen Tätigkeit. Bei höherer Fütterungsintensität nehmen sie ab. Die Ausscheidung stickstoffhaltiger Substanzen im Harn, in erster Linie Harnstoff, stellt einen weiteren Verlust dar, der im Mittel 5 % der BE entspricht; er steigt mit zunehmendem Rohproteingehalt der Ration.

Die Gesamtheit der genannten Verluste bestimmt hauptsächlich den Gehalt eines Futtermittels an Umsetzbarer Energie (UE); das Verhältnis UE/BE (q) drückt die Umsetzbarkeit der BE aus. Ein Teil der UE deckt den Aufwand für Erhaltung und Produktion des Tieres: Dies ist die Nettoenergie (NE). Der andere Teil geht in Form von Wärme verloren, die bei der Futteraufnahme, der Verdauung und der Umwandlung der Verdauungsprodukte (wie flüchtige Fettsäuren, Aminosäuren und langkettige Fettsäuren) entsteht. Der Wärmeverlust hängt von der Art und den Anteilen der Endprodukte der Verdauung ab. Er unterscheidet sich auch für Erhaltung und die verschiedenen Leistungen (Milch, Wachstum, Gravidität, Reservenauflauf, Wollwachstum). Das Verhältnis NE/UE ist definiert als Teilwirkungsgrad der UE (k).

Die Effizienz der Umwandlung von Futterenergie in tierische Produkte wird weitgehend durch die Kotverluste, beziehungsweise die vBE, und durch die Wärmeverluste bestimmt. Die vBE kann durch eine bestimmte Qualität von Raufutter oder durch die Ergänzung mit energiereichem Kraftfutter gesteuert werden. Es geht nicht darum, die vBE zu maximieren, sondern Rationen (insbesondere Raufutter) einzusetzen, deren vBE den Bedürfnissen des Tieres entsprechen. Die Wärmeverluste hängen grundsätzlich von den physiologischen Funktionen, Laktation oder Mast, und von der Umsetzbarkeit der Ration(q) ab (Abb. 2.1). Für eine durchschnittliche Umsetzbarkeit der Ration ($q = 0.57$) liegt der Teilwirkungsgrad der UE bei 0.60 für die Milchbildung und bei 0.45 für die Mast. Dies entspricht einem Verlust von 40 % in der Milchproduktion und 55 % in der Mast. Es sollte daher das Ziel der Rationsgestaltung sein, diese Effizienzunterschiede über die Futterkosten auszugleichen.

Abbildung 2.1. Beziehungen zwischen der Umsetzbarkeit der Ration (q) und der Verwertung der umsetzbaren Energie (k).



2.2 Art der Energiequellen

Der Energiegehalt gibt keinen Hinweis auf die spezifische Wirkung einzelner Energiequellen. Ein Megajoule NEL in Form von Gerste, von Mais, von Rüben, von Mühlennachprodukten oder von Fett hat nicht die gleiche Wirkung auf die Fermentation im Pansen und die intermediären Umsetzungen. Für Tiere mit hohem Energiebedarf, wie die Hochleistungskuh, ist die Art der Energiequellen bei der Optimierung der Ration zu berücksichtigen (Journet 1988).

Bei allen unseren Getreidearten liegt die Abbaubarkeit der Stärke mit Ausnahme von Mais, wo sie 70 % beträgt, bei 90 % oder mehr (CVB 1991). Ein Teil der Stärke in Maiskörnern kann somit erst im Dünndarm in Form von Glukose absorbiert werden. Dies ist durchaus erwünscht, wenn der Glukosebedarf im Euter laktierender Tiere oder im trächtigen Uterus von Schaf und Ziege erhöht ist. Ein teilweiser Ersatz von Getreide durch Rüben oder deren Nebenprodukte verändert die mikrobielle Fermentation; die Folge kann eine Erhöhung des Verzehrs sein.

Das laktierende Tier hat einen spezifischen Bedarf an Fettsäuren, der noch schwierig anzugeben ist (Doreau et al. 1987). Wenn die Leistung hoch ist, besteht bei fettarmen Rationen das Risiko eines Mangels an langkettigen Fettsäuren. Eine gezielte Zufuhr kann in diesem Fall eine positive Wirkung zeigen. Weil eine Fettzulage verschiedene Wechselwirkungen in der Verdauung und in der intermediären Verwertung zur Folge hat, deren Bilanz oft negativ ist, empfiehlt sich der Einsatz von Fett als unspezifische Energiequelle nicht.

Es wäre vorstellbar, dem APD-System vergleichbare Systeme zu entwickeln, die auf einer Bewertung der Stärke oder des Futterfettes basieren. Bevor jedoch an eine Weiterentwicklung in diesem Sinne gedacht werden kann, gilt es zunächst, naheliegendere Faktoren zu optimieren: im Speziellen die Futterraufnahme, die Art und die Häufigkeit der Vorlage von Rau- und Kraffutter.

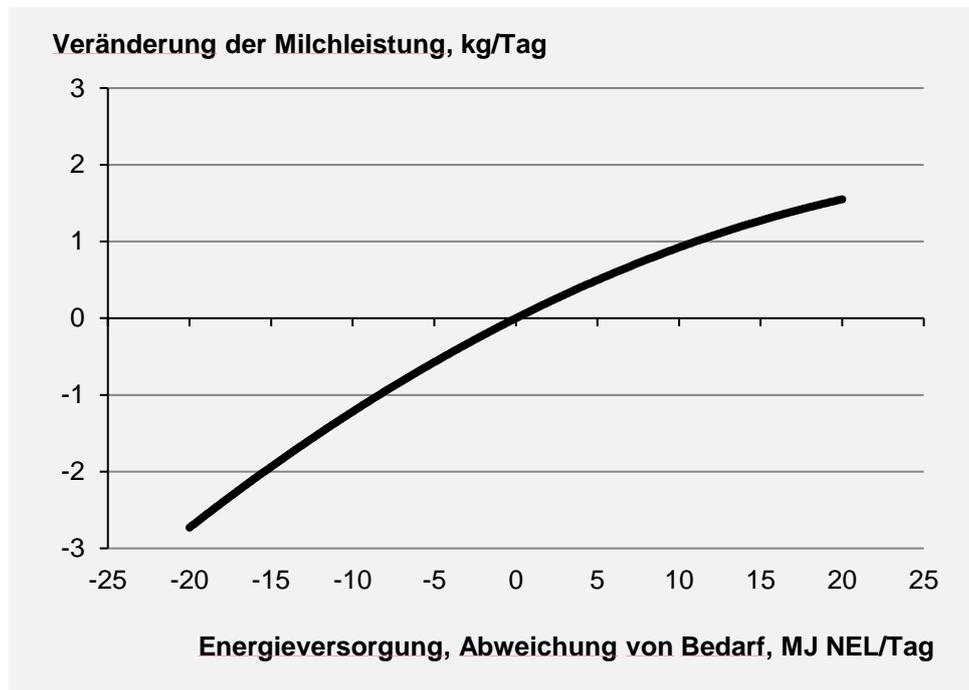
2.3 Überlegungen zum Grenzertrag bei der Milchkuh

Der Energiebedarf zur Produktion eines Kilogramms Milch mit 4 % Fettgehalt beträgt 3,14 MJ NEL; folglich ermöglicht die Zufuhr von 1 MJ NEL die Bildung von 0,3 kg Milch. Tatsächlich ist aber die Reaktion der Kuh in voller Laktation auf eine Veränderung der Energiezufuhr im Bereich ihres Bedarfes nicht linear (Faverdin et al. 1987). Die Steigerung der Leistung folgt dem Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses (Abb. 2.2). Bei einem Energieangebot unterhalb des eigentlichen Bedarfes stammt ein Teil der Energie für die Milchproduktion aus den Körperreserven. Übersteigt die Zufuhr den Bedarf, wird ein zunehmender Teil der Energie im Körper eingelagert. Die Auswirkung einer Veränderung der Zufuhr auf die Leistung, das heisst der Grenzertrag, kann Werte annehmen, die weit unter dem Standard von 0,3 kg Milch/MJ NEL liegen. Mit zunehmender Laktationsdauer nimmt der Grenzertrag ab. Auch der Zeitraum einer Unter- oder Überversorgung sowie

das Leistungspotenzial der Kuh spielen eine Rolle. Hochleistungskühe reagieren mit einer grösseren Produktionssteigerung auf das Angebot an zusätzlicher Energie über dem Bedarf als genetisch weniger leistungsfähige. Bei kurzfristiger Unterversorgung verringern sie ihre Leistung weniger, da sie in der Lage sind, ihre Körperreserven auch in späteren Laktationsabschnitten noch zu mobilisieren.

Der Begriff Grenzertrag an sich hat mehr Bedeutung als sein absoluter Wert, der schwierig festzulegen ist. Überlegungen dazu sind vor allem von Interesse, weil sie komplexe Steuerungsvorgänge bei der Energieverteilung auf Milchbildung und Aufbau von Körperreserven zusammenfassen. Sie sind auch geeignet, die Verdrängung von Raufutter durch Kraftfutter in der Ration einzubeziehen, wenn als Mass die Mehrleistung pro kg zusätzliches Kraftfutter genommen wird. Das Ziel solcher Überlegungen ist die Entwicklung einer effizienten Fütterungsstrategie, die Einflussfaktoren bevorzugt, welche zu hohen Grenzerträgen führen.

Abbildung 2.2. Auswirkungen einer vom Bedarf abweichenden Energieversorgung auf die Leistung der Milchkuh (nach Faverdin et al. 1987)



2.4 Schlussfolgerung

Die Energiebewertung auf der Basis von Nettoenergie hat eine solide experimentelle Basis, die durch zahlreiche Fütterungsversuche bestätigt wurde. Die Tendenz zu einem breiteren Spektrum von Produktionsintensitäten brachte Unsicherheiten bezüglich der Verwertung der umsetzbaren Energie von Raufutter geringer Qualität zu Tage (Vermorel et al. 1987). Weil aber der Einsatz von solchem Futter beschränkt bleibt, hat die etwas ungenauere Schätzung seines Nährwertes keine schwer wiegenden Auswirkungen auf die Formulierung der Ration und ihre Kosten.

Wenn der Energieverwertung durch die Wiederkäuer mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird, sollte dies zu einer besseren Übereinstimmung zwischen ihrem Leistungsvermögen und ihren Nutzungsbedingungen führen.

Bezüglich der optimalen Möglichkeiten, den Energiebedarf von Hochleistungskühen nach dem Abkalben möglichst rasch zu decken, sind unsere Kenntnisse noch ungenügend. Im Zentrum dieses Problemkreises steht die erstlaktierende Kuh, die mehr und mehr zu dieser Leistungskategorie zu zählen ist. Zusätzliche Wissenslücken öffnen sich, wenn parallel zum Energiebedarf auch der Proteinbedarf optimal zu decken ist. Genauere Kenntnisse würden es erlauben, die Ansprüche der Hochleistungstiere besser zu definieren. Es wäre auch möglich, wirtschaftliche Nutzungsgrenzen festzulegen, falls die Kosten pro Energieeinheit im Raufutter und Kraftfutter bekannt sind. Auf derselben Grundlage könnten Methoden entwickelt werden, die den Grad der (physiologischen) Normalität bei Kühen genauer umschreiben würden als die heutigen oft ungenügenden Parameter.

2.5 Literatur

CVB, 1991. Veevoedertabel. Centraal Veevoederbureau, Lelystad.

❖ Daccord R. and Schneeberger H., 1986. Variability and repeatability of digestibility evaluated on sheep. *J.Anim.Physiol. Anim. Nutr.* 56, 35–41.

Doreau M., Chilliard Y., Bauchart D. et Morand-Fehr P., 1987. Besoins en lipides des ruminants. *Bull. Tech. C.R.V.Z. Theix, INRA 70*, 91–97.

Faverdin Ph., Hoden A. et Coulon J.B., 1987. Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. *Bull. Tech. C.R.V.Z. Theix, INRA 70*, 133–152.

❖ Goumaz Ch., 1992. Variabilité de l'efficacité d'utilisation des principaux nutriments chez la chèvre. Travail de diplôme, ESIA, Zollikofen.

Journet M., 1988. Optimisation des rations. Dans: *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. R. Jarrige Ed. INRA, Paris. 121–133.

Kleiber M., 1961. *The fire of life, an introduction to animal energetics*. J. Wiley & Sons, New York–London. 454 p.

Vermorel M., 1980. Energie. Dans: *Alimentation des ruminants*. R. Jarrige Ed. INRA, Paris. 47–88.

Vermorel M., Coulon J.B. et Journet M., 1987. Révision du système des unités fourragères (UF). *Bull. Tech. C.R.V.Z. Theix, INRA 70*, 9–18.

Version: Oktober 2017

Herausgeber: Agroscope

Redaktion: R. Daccord

Copyright: Agroscope

Bitte bei Reproduktion Quelle angeben