

Das Energiebewertungssystem für Milchkühe in der Bundesrepublik Deutschland und den Niederlanden – Ein Vergleich –

Heinrich Kleine Klausing, Bonn

Sollen in den Niederlanden und in der Bundesrepublik Deutschland hergestellte Milchleistungsfutter bezüglich ihres energetischen Futterwertes miteinander verglichen werden, so sind Kenntnisse über die verschiedenen Bewertungssysteme dieser Länder notwendig.

Im Rahmen dieses Beitrages sollen daher die Systeme vergleichend dargestellt und auf Umrechnungsmöglichkeiten untersucht werden.

Vergleichende Darstellung

Sowohl das bundesdeutsche System Nettoenergie Laktation (NEL) als auch das niederländische System Voedereenheid Melk – Futtereinheit Milch (VEM) bewerten auf der Basis des Gehaltes an Nettoenergie. Zur Verdeutlichung werden in der Abbildung 1 die Stufen der Verwertung der im Futter enthaltenen Energie (Bruttoenergie) durch das Tier dargestellt. Der Nettoenergie entspricht dabei die Nettoleistung des Tieres, d. h. die Summe des Energiegehaltes der Produkte, die durch die Futteraufnahme entstanden sind (z. B. Milch und Fleisch) und die Leistung des Tieres für die Lebenserhaltung.

In der Bundesrepublik Deutschland und den Niederlanden wird die im Futter enthaltene Nettoenergie nun anhand folgender Gleichungen berechnet.

$$D: NEL \text{ (MJ/kg)} = 0,6 \cdot ME \cdot [1 + 0,004 \cdot (q-57)] \quad (ME \text{ in MJ})$$

$$NL: VEM \text{ (je kg)} = 0,6 \cdot ME \cdot [1 + 0,004 \cdot (q-57)] \cdot 0,9752 \cdot \frac{1}{1,65} \quad (ME \text{ in kcal})$$

wobei in beiden Gleichungen

$$q = \frac{ME}{GE} \cdot 100 \text{ ist.}$$

Die Zahl 0,6 gibt an, daß 60% der ME in Nettoenergie umgesetzt werden, wenn eine Ration mit einer Umsetzbarkeit (q) von 57% gefüttert wird. Bei einer Ration mit einer höheren Umsetzbarkeit ist die Umsetzung der ME in Nettoenergie höher, bei Rationen mit einer geringeren Umsetzbarkeit geringer als 60%. Dies wird in beiden Gleichungen durch den zweiten Teil ausgedrückt.

Beide Systeme gehen von den Gehalten an Umsetzbarer Energie (ME) und Bruttoenergie (GE) in den zu bewertenden Futtermitteln aus. Die ME ist in beiden Systemen aus den Gehalten an verdaulichen Rohnährstoffen berechnet. Die in den Gleichungen vorhandenen Regressionskoeffizienten sind anhand einer Vielzahl von an Milchkühen durchgeführten Energiebilanzuntersuchungen und parallel durchgeführten Verdaulichkeitsbestimmungen mit Schafen ermittelt worden und geben eine mittlere Relation zwischen der Menge an Umsetzbarer Energie (ME) und der Menge an verdauten Nährstoffen in den Futtermitteln wieder.

Bei der Berechnung der ME stellt man zwischen beiden Systemen die ersten Unterschiede fest: Zum einen werden in der Bundesrepublik Deutschland die Energiegehalte in Joule (J) und in den Niederlanden in Kalorien (cal) angegeben (1 cal = 4,186 J). Zum anderen wird in der Bundesrepublik Deutschland der ME-Gehalt aus den verdaulichen Rohnährstoffen nach der Gleichung von Schieman et al. (1971), in den Niederlanden ebenfalls aus den verdaulichen Rohnährstoffen nach der Gleichung von van Es (1978) berechnet. Bei beiden Gleichungen wird ein Abzug für Zucker bei Zuckergehalten von über 8% der Trockenmasse durchgeführt.

In Tabelle 1 sind die Regressionskoeffizienten zur Berechnung der ME aus den

Tab. 1: Vergleich der Regressionskoeffizienten für die Berechnung der ME (MJ/kg) aus den Gehalten an verdaulichen Rohnährstoffen

	D	NL
verdauil. Rohprotein (DXP), g/kg	0,0152	0,0159
verdauil. Rohfett (DXL), g/kg	0,0342	0,0377
verdauil. Rohfaser (DXF), g/kg	0,0128	0,0138
verdauil. NfE (DXX), g/kg	0,0159	0,0147
Zucker (XZ), g/kg	-0,0007	-0,00063

verdaulichen Rohnährstoffen angegeben. Für eine bessere Vergleichbarkeit werden die Regressionskoeffizienten der in den Niederlanden verwendeten Gleichung mit dem

$$\text{Faktor } \frac{4,186}{1000}$$

multipliziert, um auch hier in MJ zu bewerten.

Da in vielen Einzelfuttermitteln und den meisten Milchleistungsfuttermitteln der Gehalt an verdaulichen NfE höher ist als die Summe aus verdaulichem Rohprotein, verdaulicher Rohfaser und verdaulichem Rohfett, führt der in der Tabelle 1 angegebene niedrigere Regressionskoeffizient für die

verdaulichen NfE im niederländischen System meist zu einem niedrigeren Gehalt an ME. Die höheren Regressionskoeffizienten für die übrigen verdaulichen Rohnährstoffe gleichen diese Wirkung selten aus. Wie ebenfalls aus Tabelle 1 ersichtlich, ist der Zuckerabzug in der niederländischen Gleichung etwas geringer.

Anhand der Angaben in der DLG-Futtermittelwerttabelle (1982) lassen sich nun zur Verdeutlichung mit beiden Gleichungen die Gehalte an ME in verschiedenen Futtermitteln berechnen. Dabei ergeben sich beispielhaft die in Tabelle 2 dargestellten Werte.

Tab. 2: Vergleich der mit den beiden Gleichungen berechneten ME-Gehalte in Maniokschneitzeln, Winterweizen und Sojaextraktionsschrot (in MJ je kg T)

	D	NL	Differenz
Maniokschneitzel	13,71	12,76	- 0,95
Winterweizen	14,20	13,45	- 0,75
Sojaextraktionsschrot	13,07	13,12	+ 0,05

Der Gehalt an Bruttoenergie (GE) in den zu bewertenden Futtermitteln wird in beiden Systemen regressiv aus den Rohnährstoffgehalten berechnet. Dabei sind die Regressionskoeffizienten der niederländischen Gleichung mit 0,0242 für Rohprotein, 0,0366 für Rohfett, 0,0209 für Rohfaser und 0,0170 für NfE identisch. Nur der Regressionskoeffizient für den Zuckerabzug ist mit 0,00063 in der niederländischen Gleichung gegenüber 0,0007 geringfügig niedriger, wobei dieser Abzug in beiden Gleichungen nur bei Zuckergehalten $\geq 8\%$ der Trockenmasse angewendet wird.

Aus ME und GE wird in beiden Systemen dann die Umsetzbarkeit in % berechnet:

$$q = \frac{ME}{GE} \cdot 100$$

Der ME-Gehalt eines Futtermittels nimmt bei steigendem Ernährungsniveau ab, da der Verdauungsprozeß beim Wiederkäuer

Abbildung 1: Verwertung der Futterenergie durch das Tier

Bruttoenergie, GE (Brennwert des verzehrten Futters)			
Verdauliche Energie, DE			Energie im Kot
Umsetzbare Energie, ME		Methanenergie	Harnenergie
Nettoenergie, NE		thermische Energie	

Autor:
Dipl.-Ing. agr. Heinrich Kleine Klausing, Institut für Tierernährung der Universität Bonn, Endenicher Allee 15, 5300 Bonn 1

bei höherem Ernährungsniveau weniger effizient verläuft. Die Höhe des Ernährungsniveaus wird als das Mehrfache des energetischen Erhaltungsbedarfes ausgedrückt. In den Niederlanden geht man nun von folgenden Voraussetzungen aus:

Nimmt ein Tier die doppelte Energiemenge im Vergleich zum Erhaltungsbedarf auf, so beträgt die Abnahme des ME-Gehaltes 1,8%. Bei einer Versorgung, die dem Dreifachen des energetischen Erhaltungsbedarfes entspricht, ist die Abnahme $2 \times 1,8\% = 3,6\%$ usw.

Da die angeführte Regressionsgleichung zur Ermittlung der ME aus Untersuchungen abgeleitet ist, bei denen auf Höhe des energetischen Erhaltungsbedarfes gefüttert wurde, müssen die Werte auf das vorliegende Ernährungsniveau korrigiert werden.

In den Niederlanden ist man nach Veevoertabel (1980) übereingekommen, auf das Niveau des 2,38-fachen des energetischen Erhaltungsbedarfes zu korrigieren. Dies stimmt mit der Versorgung einer Kuh von 550 kg Lebendmasse für den Erhaltungsbedarf und den Bedarf für die Produktion von 15 kg Milch überein. Bei diesem Ernährungsniveau ist eine Korrektur von $-1,38 \times 1,8\% = -2,48\%$ oder $-0,0248$ notwendig. Dies erklärt den dritten Teil der VEM-Gleichung

$$1 - 0,0248 = 0,9752.$$

Im System der Bundesrepublik Deutschland geht die Korrektur für ein höheres Ernährungsniveau nicht in die Bewertung des Futtermittels ein, vielmehr wird hier die geringere Verwertung der ME bei höherem Leistungsniveau auf der Seite des Bedarfs berücksichtigt, indem nämlich dem bedarfsbestimmenden Energiegehalt der Milch noch 0,07 MJ NEL je kg zugeschlagen werden (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie 1986).

Des weiteren ist die in den Niederlanden angewendete VEM ein relativer Maßstab. Dabei wird als Vergleichsgrundlage Gerste benutzt. Man geht von einem Nettoenergiegehalt lufttrockener Gerste von 1,65 kcal je g aus. Wird nun der mit der bisher erklärten Gleichung ermittelte Nettoenergiegehalt (in kcal/kg) für ein bestimmtes Futtermittel durch 1,65 dividiert, so erhält man VEM als relative Zahl. Sie gibt an, um welchen Faktor das bewertete Futtermittel mehr oder weniger Nettoenergie für die Milchproduktion als die Gerste enthält. Bewertet man die für die Ableitung zugrundegelegte Gerste, so erhält man für sie ein VEM von 1000/kg lufttrockener Substanz.

Umrechnungsmöglichkeiten

Werden Einzel- und insbesondere Milchleistungsfuttermittel aus den Niederlanden in der BR Deutschland angeboten und ist deren Nettoenergiegehalt in VEM angegeben, so stellt sich die Frage nach einer Umrechnung in MJ NEL.

In der Tabelle 3 sind dazu für verschiedene Einzelfuttermittel die Gehalte an MJ NEL, MJ Nettoenergie nach niederländischer Gleichung und VEM berechnet. Die zugrundeliegenden Rohnährstoffgehalte und Verdaulichkeitsquotienten sind der DLG-Futterwerttabelle (1982) entnommen. Hierbei ist zu betonen, daß für einen Vergleich der beiden Systeme von identischen Rohnährstoffgehalten und Verdaulichkeitsquotienten der zu bewertenden Futtermitteln auszugehen ist, da bei Verwendung verschiedener Tabellen und somit unterschiedlicher Angaben über Rohnährstoffgehalte und Verdaulichkeitsquotienten ein derartiger Vergleich nicht möglich ist.

Unter MJ Nettoenergie nach niederländischer Gleichung ist in der Tabelle 3 ein Wert zu verstehen, bei dessen Berechnung die

ME nach van Es (1978) und nicht, wie im bundesdeutschen System, nach Schiemann et al. (1971) aus den verdaulichen Rohnährstoffen bestimmt wurde. Ansonsten stimmt die Berechnung aber mit der von MJ NEL überein.

Wie aus der Tabelle 3 zu entnehmen ist, ergeben sich bei den verschiedenen Futtermitteln unterschiedlich hohe Abweichungen zwischen errechnetem NEL-Gehalt und Nettoenergiegehalt nach niederländischer Gleichung. Dabei ist zunächst festzuhalten, daß nach der niederländischen Gleichung berechnet nur Baumwollsaat einen nennenswerten höheren Nettoenergie- als NEL-Gehalt aufweist. Die meisten Futtermittel erhalten dagegen durch diese Berechnung einen z. T. wesentlich niedrigeren Nettoenergiegehalt. Bedingt werden die Unterschiede durch die zwischen beiden Systemen unterschiedliche Berechnung der ME in den Futtermitteln. Gruppieren man die in Tabelle 3 aufgeführten Futtermittel, so läßt sich folgendes festhalten. Futtermittel mit hohem Rohproteingehalt und vergleichsweise geringem Gehalt an Rohfett, Rohfaser und NfE weisen nur geringe Unterschiede im Gehalt an NEL bzw. Nettoenergie nach niederländischer Gleichung auf (Bsp. Sojaextraktionsschrot, Rapsextraktionsschrot, Kokosexpeller, Maiskleberfutter). Futtermittel mit hohen Gehalten an NfE weisen dagegen wesentlich niedrigere Nettoenergiegehalte nach niederländischer Gleichung als NEL-Gehalte auf. Der Unterschied ist umso größer, je höher der NfE-Gehalt und je niedriger insbesondere der Gehalt an Rohfett und Rohfaser ist (Bsp. Maniokschnitzel, Winterweizen, Zitrustrester, Hafer, Weizenkleie). Futtermittel wie Baumwollsaatextraktionsschrot, Sojabohnenschalen und Trockenschnitzel weisen vergleichsweise hohe Gehalte an Rohfaser auf. Je höher bei diesen Futtermitteln der NfE-Gehalt ist, umso

Tabelle 3: Berechnete Gehalte an MJ NEL, MJ Nettoenergie nach niederländischer Gleichung und VEM für einige Futtermittel

	1 NJ NEL (ME nach Schiemann) je kg T	2 MJ Netto- energie (ME nach van Es) je kg T	3 2 in % von 1	4 VEM je kg T	5 Umrechnungs- quotienten VEM/MJ NEL
Maniokschnitzel	9,05	8,24	91	1159	128,1
Winterweizen	9,24	8,59	93	1214	131,4
Wintergerste	8,22	7,70	94	1084	131,9
Zitrustrerster	8,16	7,69	94	1083	132,7
Trockenschnitzel	7,63	7,24	95	1019	133,6
Hafer	7,14	6,87	96	967	135,4
Maiskleberfutter 23% XP	7,80	7,55	97	1065	136,5
Weizenkleie	6,05	5,86	97	825	136,4
Sojabohnen- schalen	6,15	6,12	100	864	140,5
Kokosexpeller	7,98	7,96	100	1122	140,6
Rapsextraktions- schrot	6,54	6,54	100	922	141,0
Sojaextraktions- schrot	8,09	8,12	100	1146	141,7
Baumwollsaat- extraktionsschrot	4,97	5,04	101	711	143,1
Baumwollsaat	8,16	8,68	106	1225	150,1
Milchleistungs- futter, 18,9% XP	8,04	7,75	96	1093	135,9
Maissilage	6,61	6,36	96	896	135,6
Grassilage	5,01	5,00	100	705	140,7

niedriger ist der Gehalt an Nettoenergie im Vergleich zum Gehalt an NEL (vergleiche Trockenschnitzel und Baumwollsaatextraktionsschrot). Nur Futtermittel mit hohen Gehalten an Rohprotein, Rohfett und Rohfaser (Bsp. Baumwollsaat) weisen deutlich höhere Nettoenergie- als NEL-Gehalte auf. Betrachtet man nun die in der Tabelle 3 für die einzelnen Futtermittel angegebenen Quotienten VEM/MJ NEL, so stellt man auch dort zwischen den Futtermitteln große Unterschiede fest. Diese sind ebenfalls durch die zwischen beiden Systemen unterschiedliche Berechnung der ME aus den verdaulichen Rohnährstoffen bedingt. Daher muß festgestellt werden, daß eine Umrechnung von VEM in MJ NEL für Einzelfuttermittel nur dann möglich ist, wenn die Gehalte an verdaulichen Rohnährstoffen bekannt sind.

Es stellt sich nun die Frage, ob eine Umrechnung über einen konstanten Quotienten bei Milchleistungsfuttermitteln möglich ist. In der Tabelle 3 ist auch ein Milchleistungsfutter der Energiestufe III mit 18,9% XP

dargestellt. Dieses Milchleistungsfutter setzt sich aus 25% Weizen, 20% Hafer, 22% Kokosexpeller, 10% Maniokschnitzel, 20% Sojaextraktionsschrot und 3% Mineralfutter zusammen. Da Milchleistungsfutter im Vergleich zu Einzelfuttermitteln wie Maniokschnitzel und Winterweizen in der Rohnährstoffzusammensetzung ausgeglichener sind, ist die durch die unterschiedliche ME-Berechnung hervorgerufene Differenz zwischen MJ NEL und MJ Nettoenergie nach niederländischer Gleichung geringer, beträgt aber immer noch 4%.

Will man einen Umrechnungsquotienten berechnen, der für viele verschiedene Milchleistungsfutter gleichermaßen mit einem möglichst geringen Fehler gilt, so muß man die Gehalte an verdaulichen Rohnährstoffen verschiedener Milchleistungsfutter kennen, in MJ NEL und VEM bewerten und dann jeweils einen Umrechnungsquotienten bilden.

Eine große Zahl verschiedener Milchleistungsfutter sind in Haus Riswick im Rahmen der Prüfung des energetischen Futter-

wertes an Hammeln auf die Verdaulichkeit ihrer Rohnährstoffe untersucht worden. Mit den dort ermittelten Daten lassen sich für jedes geprüfte Milchleistungsfutter sowohl der Gehalt an MJ NEL als auch an VEM und damit auch jeweils ein Umrechnungsquotient berechnen (Potthast, 1989). Bildet man über die so erhaltenen Umrechnungsquotienten (43 geprüfte Milchleistungsfutter der Energiestufen II und III) den Mittelwert, so ergibt sich ein mittlerer Umrechnungsquotient von 138 mit einer Standardabweichung von 1,5.

Aufgrund des diesem mittleren Quotienten zugrundeliegenden umfangreichen Datenmaterials ist es nun möglich, mit diesem Quotienten auch die deklarierten VEM-Gehalte nicht geprüfter Milchleistungsfutter in MJ NEL umzurechnen. Der dabei zu tolerierende Fehler ist vergleichsweise gering. Als Maß kann man den Variationskoeffizienten des Umrechnungsquotienten 138, nämlich 1,1%, nehmen.

Es ist daher abschließend festzuhalten, daß bei Milchleistungsfuttermitteln, deren Energiegehalt in VEM deklariert ist, dieser mit dem Quotienten 138 in MJ NEL umgerechnet werden kann. Für die in der BR Deutschland übliche Angabe der Energiestufe eines Milchleistungsfutters bedeutet dies:

Energiestufe I = 780 – 849 VEM

Energiestufe II = 850 – 919 VEM

Energiestufe III = ab 920 VEM

Zusammenfassung

Sowohl das bundesdeutsche System Nettoenergie Laktation (NEL) als auch das niederländische System Voedereenheid Melk (VEM) bewerten Futtermittel auf der Basis der Nettoenergie. Unterschiede zwischen beiden Systemen bestehen in der Berechnung der umsetzbaren Energie aus den verdaulichen Rohnährstoffen in zu bewertenden Futtermitteln. Dabei ergeben sich insbesondere für Futtermittel mit hohen Gehalten an verdaulichen N-freien Extraktstoffen deutlich niedrigere ME-Gehalte nach niederländischer Gleichung. Diese unterschiedlichen ME-Gehalte bedingen zwangsläufig unterschiedliche Gehalte an Nettoenergie.

Bei Milchleistungsfuttermitteln ist unter Tolerierung eines gewissen Fehlers eine Umrechnung von VEM in MJ NEL mit dem Quotienten 138 möglich.

**Literaturverzeichnis
bei der Redaktion erhältlich**