

Ludwig Schmidt  
Tatjana Hoppe  
Friedrich Weissbach

**Anwendung der Kotstickstoff- und der n-Alkan-Methode  
zur Ermittlung der Futter- und Energieaufnahme von  
Jungrindern auf der Weide**

Veröffentlicht in: Landbauforschung Völkenrode 54(2004)1: 35-44

Braunschweig  
**Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)**  
2004



## Anwendung der Kotstickstoff- und der n-Alkan-Methode zur Ermittlung der Futter- und Energieaufnahme von Jungrindern auf der Weide

Ludwig Schmidt<sup>1</sup>, Tatjana Hoppe<sup>2</sup> und Friedrich Weissbach<sup>3</sup>

### Zusammenfassung

Zur Futter- und Energieaufnahme von Jungrindern auf extensiv bewirtschafteten Weiden wurden 1996 und 1997 Versuche durchgeführt. Die Untersuchungen erfolgten unter Verwendung des n-Alkans Dotriacontan (C<sub>32</sub>) als externen Marker nach einer von Mayes et al. (1986) beschriebenen Methode in Kombination mit der Benutzung des Kotstickstoffs als internen Marker nach der Methode von Schmidt et al. (1999a). Versuchstiere waren Galloway- und Charolais-Ochsen (1996) bzw. Färsen der Rassen Holstein Friesian und Deutsche Rotbunte (1997) mit jeweils 10 Tieren je Rasse und Jahr. Das mittlere Körpergewicht lag zwischen 430 und 525 kg.

Die mittleren täglichen Lebendmassezunahmen bewegten sich zwischen etwa 540 und 860 g, mit erheblichen Unterschieden zwischen den Tieren.

Durch Kombination der beiden Markermethoden wurde eine Aufnahme von durchschnittlich 7 – 9 kg an organischer Masse und 75 – 100 MJ an umsetzbarer Energie je Tier und Tag ermittelt. Unter Berücksichtigung von Lebendmasse und täglicher Lebendmassezunahme stimmten die Ergebnisse in den meisten Fällen gut mit Richtwerten aus der Literatur bzw. aus Futterwerttabellen überein. Es wurde festgestellt, dass die Differenzen in der Lebendmassezunahme zwischen den einzelnen Tieren mehr durch Unterschiede in der aufgenommenen Futtermenge als durch unterschiedliche Selektion des Weidegrases verursacht werden. Die Abhängigkeit der Lebendmassezunahme der einzelnen Tiere von ihrer jeweiligen Energieaufnahme konnte nachgewiesen werden. Die aus den Versuchsergebnissen abgeleiteten Regressionsgleichungen wurden zur Schätzung des Energiebedarfes von weidenden Rindern genutzt.

*Schlüsselwörter:* Jungrinder, Weide, Futteraufnahme, Kotstickstoff-Methode, n-Alkan-Methode

### Abstract

#### Estimation of feed and energy intake of grazing cattle using faecal nitrogen and n-alkane method

Feed and energy intake of cattle grazed on low input grassland were investigated by experiments in 1996 and 1997. The investigations were carried out by using the n-alkane dotriacontane (C<sub>32</sub>) as external marker according to Mayes et al. (1986) in combination with faecal nitrogen as internal marker according to Schmidt et al. (1999a). Galloway and Charolais steers were used in 1996 and heifers of Holstein Friesian and Deutsche Rotbunte in 1997, 10 animals per breed and year respectively. Average live weight was in the range of 430 to 525 kg. Mean daily live weight gain ranged from 540 up to 860 g with a rather big variation between individual animals.

By means of combination of the two marker methods, the intake was determined to be 7 - 9 kg of organic matter and 75 - 100 MJ of metabolisable energy per head and per day on average. Considering the respective live weight and daily weight gain, results agreed in most cases well with the requirement figures from literature and feed tables. It was found that the differences between individual animals in live weight gain were much more caused by differences in feed intake rather than by different selectivity of grazing. Relationships were established between determined energy intake and daily live weight gain of the individual animals. The regression equations deduced from the obtained experimental data were applied for the estimation of the energy requirement of grazing cattle.

*Key words:* Young cattle, pasture, feed intake, faecal nitrogen method, n-alkane method

<sup>1</sup> Der Verfasser war wissenschaftlicher Mitarbeiter des ehemaligen Instituts für Grünland- und Futterpflanzenforschung der FAL. Anschrift (privat): Franz-Fühmann-Weg 19, 18069 Rostock

<sup>2</sup> Die Verfasserin war wissenschaftliche Mitarbeiterin des ehemaligen Instituts für Grünland- und Futterpflanzenforschung der FAL. Anschrift (privat): Möwenweg 19, 26160 Bad Zwischenahn

<sup>3</sup> Der Verfasser war Leiter des ehemaligen Instituts für Grünland- und Futterpflanzenforschung der FAL. Anschrift (privat): Gösselweg 12, 18107 Elmenhorst

## 1 Einleitung und Zielstellung

Auf extensiv bewirtschafteten Standweiden ohne Stickstoffdüngung sind von 1993 bis 1997 Versuche mit Jungrindern zum Problem der Landschaftspflege durchgeführt worden. Die Versuche wurden vom ehemaligen Institut für Grünland- und Futterpflanzenforschung im damaligen Institutsteil Trenthorst-Wulmenau (Schleswig-Holstein) des Institutes für Tierzucht und Tierverhalten der FAL Braunschweig-Völkenrode durchgeführt. Über erste Versuchsergebnisse ist bereits früher berichtet worden (Schmidt et al., 1999b).

Es ging dabei hauptsächlich um die Frage, inwieweit Grünlandflächen bei minimalem Pflegeaufwand durch Beweidung mit Jungrindern offengehalten, d. h. vor Verbuschung geschützt werden können. Das Bewirtschaftungskonzept sah vor, den Futteraufwuchs mit einem über die gesamte Weideperiode hinweg konstanten Tierbesatz abzuweiden. Der Tierbesatz musste so bemessen sein, dass die Tiere einerseits immer genügend Futter für ökonomisch akzeptable Lebendmassezunahmen vorfanden und sich andererseits der Weiderest bis zum Abtrieb so weit verringert hatte, dass die einmalige Nachmahd im Herbst ohne Schaden für die Grasnarbe gemulcht werden konnte. Das Problem war dabei ein Futterüberangebot während der Hauptwachstumsphase im Frühjahr und Frühsommer und eine evtl. Futtermangel im Spätsommer und Herbst. Besonders im Juni und Juli kamen die Tiere gegen den „Futterberg“ nicht an, was zur Folge hatte, dass ein großer Teil des Futters überständig wurde und von minderer Qualität war. Trotzdem sind in allen Versuchsjahren gute Lebendmassezunahmen erzielt worden. Das ist auf selektive Futteraufnahme zurückzuführen. Weidetiere sind in der Lage, sich bei ausreichendem Futterangebot das qualitativ bessere Futter auszusuchen und auf diese Weise ihren Nährstoff- und Energiebedarf auch für gute Leistungen zu decken. Mit Hilfe der Kotstickstoff-Methode (Schmidt et al., 1999a) ließ sich die Qualität des tatsächlich von den Tieren verzehrten Futters schätzen und mit dem mittels Cellulase-Methode (Weissbach et al., 1999) geschätzten Futterwert des auf der Weide angebotenen Futters vergleichen. Es zeigte sich, dass die Qualität des verzehrten Futters unter den o. g. Weidebedingungen erheblich besser war als die des insgesamt angebotenen. Je größer die Unterschiede waren, umso mehr hatten die Rinder das Futter selektiert. Allerdings wurden zwischen vergleichbaren Einzeltieren z.T. recht große Differenzen in den Lebendmassezunahmen festgestellt. Es konnte zunächst nicht geklärt werden, ob diese Differenzen auf unterschiedliches Selektieren und damit auf Unterschiede in der Qualität des aufgenommenen Futters oder aber auf Unterschiede in der verzehrten Futtermenge zurückzuführen sind; immer vorausgesetzt, dass die verglichenen Tiere gesund sind.

Aus dieser Situation heraus wurde in den Jahren 1996 und 1997 versucht, nicht nur den Futterwert, sondern auch die Menge des verzehrten Futters für jedes einzelne Tier zu ermitteln. Zur Bestimmung der Futteraufnahme bot sich die n-Alkan-Methode an (Mayes et al., 1986). Da zu dieser Methode bisher keinerlei eigene Erfahrungen vorlagen, haben die durchgeführten Versuche auch methodischen Charakter. Es war u.a. zu prüfen, inwieweit die gefundenen Ergebnisse mit bisherigen Vorstellungen und Richtwerten zur Futter- und Energieaufnahme übereinstimmen und ob Beziehungen zwischen Zuwachs- und Verzehrsleistungen nachweisbar sind; d.h., ob die erzielten Resultate plausibel sind.

## 2 Material und Methoden

Angaben zu den 1996 und 1997 durchgeführten Weideversuchen sind in der Tabelle 1 enthalten.

Während 1996 mit Ochsen der Rassen Galloway und Charolais gearbeitet wurde, sind 1997 nichttragende Färsen der Rassen Holstein Friesian und Deutsche Rotbunte verwendet worden. Jede Rasse war mit jeweils 10 Tieren vertreten und so auf die verschiedenen Koppeln verteilt, dass auf jeder Koppel jede Rasse mit der gleichen Tierzahl vorhanden war. Dadurch sollten evtl. Einflüsse unterschiedlicher Koppeln auf den Rassenvergleich ausgeschaltet werden. Die Besatzstärken von 1,45 bzw. 1,60

Tabelle 1:  
Angaben zu den Jungrinderweideversuchen von 1996 und 1997

Angaben zu:	Versuchsjahre	
	1996	1997
Weidefläche insgesamt [ha]	12,6	12,6
Anzahl der Koppeln	4	2
Weidesystem	Standweide und Mähstandweide	Standweide
Tierkategorie	Ochsen	nichttragende Färsen
Rassen	Galloway und Charolais	Holstein Friesian und Deutsche Rotbunte
Besatzstärke [GV/ha]*	1,45	1,60
Anzahl der Weidetage	164	154
von - bis	10.05. - 21.10.	14.05. - 15.10.

\* 1 GV = 500 kg Lebendmasse

GV/ha erwiesen sich unter den gegebenen Versuchsbedingungen als optimal, sowohl unter dem Gesichtspunkt des Futterangebotes als auch in Bezug auf die Räumung der Flächen bis zum Weideabtrieb.

Im Verlaufe der Weideperioden wurden zwischen Weideauf- und Weideabtrieb 1996 zwei und 1997 drei Mess-

$$\text{DOM} [\%] = 95,90 - \frac{460}{N_{\text{Kot}}[\text{g/kg OM}]} - 0,1582 \text{ WT} + 0,00062 \text{ WT}^2$$

perioden zur Ermittlung des Futtermittelsverzehrs eingeschaltet. Während dieser Messperioden ist das n-Alkan Dotriacontan mit 32 C-Atomen (C<sub>32</sub>) in Gelatinekapseln per Schlundsonde als externer Marker an die Weidetiere in Mengen von 0,800 g (1996) bzw. 1,200 g (1997) je Tier

für die Verdaulichkeit benutzt, ist spezifisch für das verzehrte Futter. Sie berücksichtigt anhand der Anzahl der Weidetage (WT) nach dem 30.04. auch den jahreszeitlichen Einfluß auf die Verdaulichkeit von Grün- bzw. Weidefutter. Die Schätzgleichung für die Verdaulichkeit der organischen Masse (DOM) lautet:

Die so geschätzten Verdaulichkeitswerte gehen ebenso wie die täglich verabreichten n-Alkangaben, die n-Alkangehalte der Kote und die Wiederfindungsrate in die Gleichung zur Berechnung des Verzehrs an organischer Masse ein:

$$\text{OM-Verzehr} [\text{kg/Tier/Tag}] = \frac{\text{n-Alkangabe} [\text{g/Tier/Tag}] \times \text{WFR} [\%] \times 0,01}{\text{n-Alkangehalt im Kot} [\text{g/kg OM}] \times (1 - 0,01 \text{ DOM} [\%])}$$

und Tag verabreicht worden. Diese Messperioden erstreckten sich 1996 über jeweils 7 und 1997 über 15 Tage, und zwar vom 28.06. bis zum 04.07. bzw. 14.10. bis 20.10. 1996 und vom 03.06. bis 17.06., 22.07. bis 05.08. sowie 09.09. bis 23.09. 1997. Beginnend mit dem 6. (1996) bzw. 7. (1997) Tag der Verabreichung wurden bei den auf einer Viehwaage fixierten Tieren einmal täglich rektal Kotproben entnommen, und zwar bis jeweils einen Tag nach Beendigung der n-Alkangaben. Dementsprechend sind 1996 3 und 1997 10 Tage hintereinander Kotproben entnommen und zu Sammelproben für jedes Einzeltier vereinigt worden. Die bei 60<sup>0</sup> C getrockneten und anschließend gemahlten Kotproben wurden nach einer leicht modifizierten Version des von Mayes et al. (1986) beschriebenen Analysenverfahrens auf ihren C<sub>32</sub>-Gehalt untersucht. Dabei ist die in einem Vorversuch (Schmidt et al., 2004) mit Kühen ermittelte Wiederfindungsrate (WFR) von 95 % zu Grunde gelegt worden.

Anhand des C<sub>32</sub>-Gehaltes in der organischen Masse (OM) des Kotes ist die Berechnung der je Tier und Tag mit dem Kot ausgeschiedenen Menge an OM möglich. Zur Ermittlung des OM-Verzehrs muss dazu aber auch noch die Verdaulichkeit der OM (DOM) des verzehrten Futters bekannt sein. Nach der n-Alkan-Methode benutzt man dazu in der Regel die pflanzeigenen n-Alkane des Futters mit ungerader Zahl von C-Atomen als interne Marker, wie z. B. das Tritriacontan (C<sub>33</sub>). In den hier dargestellten Weideversuchen war das allerdings nicht möglich, weil der n-Alkangehalt in Mähfutterproben aus dem stehenden Pflanzenbestand wegen der zu erwartenden selektiven Futteraufnahme nicht repräsentativ für das tatsächlich verzehrte Futter sein muss. Deshalb ist die Verdaulichkeit (DOM) mit Hilfe der Kotstickstoff-Methode nach Schmidt et al. (1999 a) geschätzt worden. Diese Methode, die den Stickstoffgehalt des Kotes als Marker

Vom Verzehr an OM kann man durch Einbeziehung des Rohaschegehaltes (XA) im Futter auch auf den Verzehr an Trockenmasse (TM) schließen, allerdings mit Einschränkungen, weil im vorliegenden Falle nur der Rohaschegehalt des angebotenen und nicht des verzehrten Futters zur Verfügung steht. Der zu erwartende Fehler dürfte aber gering und tolerierbar sein. Aus dem TM-Verzehr und der Energiekonzentration, die sich als umsetzbare Energie (ME) oder Nettoenergie Laktation (NEL) über die geschätzte DOM und den Rohaschegehalt des Kotes ermitteln lässt, ist auch die Energieaufnahme berechenbar (Schmidt et al., 1999a). Die folgende Auswertung beschränkt sich auf den Verzehr an umsetzbarer Energie, weil die umsetzbare Energie der z.Z. in Deutschland gültige Maßstab für den Energiebedarf von Jungrindern ist. Für die Schätzung des ME-Gehaltes im verzehrten Futter wird die folgende Gleichung verwendet:

$$\text{ME} [\text{MJ} / \text{kg TM}] = 0,1520 \text{ DOM} [\%] - 0,0029 \text{ XA}_{\text{Kot}} [\text{g/kg TM}] - 0,46$$

Obwohl die Lebendmasseveränderungen der Tiere durch Wägungen in 3- bis 4-wöchigen Abständen und während der Messperioden bei der Verabreichung der n-Alkangaben sowie der rektalen Kotprobenahmen sogar täglich verfolgt wurden, kann die tägliche Lebendmassezunahme als Leistungsparameter nur aus der Differenz von Auf- und Abtriebsgewicht errechnet werden. Gewichtsveränderungen in kürzeren Zeitabständen, z.B. während der Messperioden bei der Anwendung der n-Alkan-Methode, sind wegen der unvermeidbaren großen täglichen Schwankungen der Körpermasse nicht aussagefähig. Beim Weideauf- und beim Weideabtrieb wurden die Tiere jeweils an 3 aufeinander folgenden Tagen gewogen.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1 Lebendmassezunahmen

Wie schon in den Jahren zuvor, wurden auch 1996 und 1997 ansprechende mittlere Lebendmassezunahmen (LMZ) zwischen etwa 540 und 860 g je Tier und Tag erzielt, bei mittleren Lebendmassen (LM) von 430 bis 525 kg je Tier. Bei der Rasse Deutsche Rotbunte wurde ein Tier von der Auswertung ausgeschlossen, weil es in der LMZ so stark aus dem Rahmen fiel, dass eine gesundheitliche Störung angenommen werden musste. Lebendmassen und Lebendmassezunahmen sind in der Tabelle 2 dargestellt.

Die Tiere der Rassen Charolais und Deutsche Rotbunte hatten im untersuchten Zeitraum höhere Zunahmen als die übrigen beiden Rassen. Die Variabilität der Lebendmassezunahme zwischen den Tieren der gleichen Rasse kommt in den teilweise hohen Variationskoeffizienten zum Ausdruck.

#### 3.2 Futterwert des angebotenen und des verzehrten Futters

Zur Beantwortung der Frage, inwieweit Unterschiede in den Lebendmassezunahmen durch Unterschiede im Fressverhalten, d.h. im Selektieren des Futters, bedingt sein könnten, wurden Verdaulichkeit (DOM) und Energiekonzentration (ME) des verzehrten Futters von jedem Einzel-

Tabelle 2:  
Mittlere Lebendmassen und Lebendmassezunahmen

Jahr (Weidetage)	Tierkategorie	Rasse (n)	Lebendmasse [kg/Tier]			Lebendmassezunahme [g/Tier/Tag]		
			Auftrieb	Abtrieb	Mittel	Mittel	s	s [%]
1996 (164)	Ochsen	Galloway (10)	386	474	430	537	106	19,7
	Ochsen	Charolais (10)	409	544	477	823	227	27,6
1997 (154)	nichttragende Färsen	Holstein Friesian (10)	430	534	482	675	124	18,4
	nichttragende Färsen	Deutsche Rotbunte (9)	459	591	525	857	118	13,8

Tabelle 3:  
Verdaulichkeit der organischen Masse (DOM) und Gehalt an umsetzbarer Energie (ME) im angebotenen und im verzehrten Weidefutter im Mittel aller Messperioden

Jahr (Tierkategorie)	Rasse (n)	DOM [%]				ME [MJ/kg TM]			
		angeboten	verzehrt	s	s [%]	angeboten	verzehrt	s	s [%]
1996 (Ochsen)	Galloway (10)	62,7	69,7	0,9	1,3	8,35	9,33	0,11	1,2
	Charolais (10)	62,7	69,3	0,8	1,2	8,35	9,31	0,13	1,4
1997 (nichttragende Färsen)	Holstein Friesian (10)	65,4	71,7	0,9	1,3	8,81	9,72	0,15	1,5
	Deutsche Rotbunte (9)	65,4	72,3	1,0	1,4	8,81	9,86	0,15	1,5

tier nach der Kotstickstoff-Methode geschätzt, und zwar für die Zeitabschnitte der Messperioden, in denen Kotproben zur n-Alkananalyse gesammelt worden sind. Um das Ausmaß der Futterselektion feststellen zu können, wurden auch vergleichbare Proben vom angebotenen Futter nach der Cellulase-Methode auf ihren Futterwert untersucht (Tabelle 3).

Die Verdaulichkeit des verzehrten Futters war um durchschnittlich 6 bis 7 Einheiten und die umsetzbare Energie um etwa 1 MJ/kg TM höher als im angebotenen Futter. Zu beachten ist jedoch, dass sich diese Aussagen zunächst nur auf die eng begrenzten Zeitabschnitte der Messperioden beziehen, in denen der n-Alkanmarker zur Verzehrmessung verabreicht wurde. Unabhängig davon sind über die gesamten Weideperioden hinweg in regelmäßigen Abständen von 3 bis 4 Wochen sowohl Futter- als auch Kotproben zur Futterwertbestimmung untersucht worden, die Kotproben jedoch nicht als Einzeltierproben, sondern als Durchschnittsproben für den gesamten Tierbestand. Dabei wurden für die DOM Mittelwerte von 67,0 (1996) und 67,5 % (1997) beim angebotenen bzw. 73,9 und 72,9 % beim verzehrten Futter ermittelt. Die entsprechenden Werte für die ME betragen 8,8 und 9,1 MJ/kg TM beim angebotenen und 10,0 bzw. 9,9 MJ/kg TM beim verzehrten Futter. Über die gesamten Weideperioden hinweg ist der Futterwert also etwas höher gewesen als in den Messperioden. Die Abweichungen waren 1996 am größten. Das verwundert nicht, weil 1996 nur 2 und noch dazu nicht gleichmäßig über die ganze Weideperiode verteilte Messperioden eingeschoben wurden. Bei 3 besser auf Frühjahr, Sommer und Herbst verteilten Messperioden fielen 1997 die Unterschiede deutlich geringer aus.

Bemerkenswert ist aber, dass die Futterwertdifferenzen zwischen angebotenen und verzehrtem Futter in den

Messperioden und während der gesamten Weideperioden weitgehend gleich waren. Die Ergebnisse aus den Messperioden, in denen durch Einzeltiermessungen auch nach Rassen differenziert werden konnte, lassen keine Rassenunterschiede in Bezug auf die Futterselektion erkennen. Die sehr geringen Standardabweichungen und Variationskoeffizienten für die DOM und für die ME beim verzehrten Futter weisen darauf hin, dass die Unterschiede im Selektieren des Futters sehr gering sind und somit auch kaum als Ursache für große Differenzen in den Lebendmassezunahmen in Frage kommen.

### 3.3 Futter- und Energieverzehr

Die nach der n-Alkan-Methode in Verbindung mit der Kotstickstoff-Methode ermittelten Ergebnisse zur Futter- bzw. Energieaufnahme sind in der Tabelle 4 dargestellt.

Mit durchschnittlich 8 bis 10 kg TM, 7 bis 9 kg OM und 76 bis 98 MJ ME je Tier und Tag wurden Werte ermittelt, die für Jungrinder von 400 bis 500 kg Lebendmasse den Erwartungen entsprechen. Das ist noch besser zu erkennen, wenn man die Verzehrleistungen auf 100 kg Lebendmasse bezieht (Tabelle 5).

Nicht nur die Größenordnung von rund 1,9 kg TM/100 kg LM und Tag stimmt sehr gut mit Angaben aus der Literatur überein (Piatkowski, 1987; GfE, 2001), auch die Übereinstimmung der Werte über Rassenunterschiede und Vegetationsjahre hinweg ist mit Variationskoeffizienten um 5% erstaunlich gut. Allerdings zeigen die Standardabweichungen und Variationskoeffizienten in der Tabelle 4 auch, dass die Variabilität zwischen den einzelnen Tieren im Futterverzehr erheblich größer ist als in der Futterqualität. Mit Ausnahme der Rasse Holstein Friesian wurden bei allen anderen Rassen Variationskoeffizienten über

Tabelle 4:  
Verzehr an Trockenmasse (TM), organischer Masse (OM) und umsetzbarer Energie (ME) im Mittel aller Messperioden

Jahr (Tierkategorie)	Rasse (n)	TM [kg/Tier/Tag]			OM [kg/Tier/Tag]			ME [MJ/Tier/Tag]		
		Mittel	s	s [%]	Mittel	s	s [%]	Mittel	s	s [%]
1996 (Ochsen)	Galloway (10)	8,13	1,03	12,7	7,28	0,92	12,6	75,9	9,8	12,9
(Ochsen)	Charolais (10)	9,31	1,39	14,9	8,33	1,25	15,0	86,7	13,2	15,2
1997 (nichttragende Färsen)	Holstein Friesian (10)	8,28	0,60	7,2	7,47	0,54	7,2	80,5	6,0	7,5
(nichttragende Färsen)	Deutsche Rotbunte (9)	9,98	1,27	12,7	9,01	1,15	12,8	98,4	12,8	13,0

10 % bis hin zu 15 % ermittelt. Das spricht dafür, dass Unterschiede im Futtermittelverzehr eher als Ursache für unterschiedliche Leistungen der Weidetiere in Frage kommen als Qualitätsunterschiede des selektierten Futters.

Ob die mit den Markermethoden erzielten Ergebnisse zum Verzehr tatsächlich richtig sind, kann nicht direkt überprüft werden, da In-vivo-Vergleiche bei den Weideversuchen nicht möglich waren. Ergebnisse aus Versuchen mit definiertem Futterangebot (z.B. Dillon und Stakelum,

Tabelle 5:  
Mittlerer Verzehr an TM, OM und ME je 100 kg Lebendmasse und Tag während der Weideperioden 1996 und 1997

Rasse	Verzehr je 100 kg Lebendmasse an:		
	TM [kg/Tag]	OM [kg/Tag]	ME [MJ/Tag]
Galloway	1,89	1,69	17,7
Charolais	1,95	1,75	18,2
Holstein Friesian	1,72	1,55	16,7
Deutsche Rotbunte	1,90	1,72	18,7
Mittel	1,87	1,68	17,8
s	0,10	0,09	0,85
s [%]	5,3	5,4	4,8

1989 sowie Schmidt et al., 2004) zeigen aber, dass sich n-Alkane als Marker zur Ermittlung der Futteraufnahme gut eignen. Während allerdings Dillon und Stakelum (1989) bei der Verabreichung von frischem Gras an 10 laktierende Kühe außer C<sub>32</sub> als externen Marker nur C<sub>33</sub> bzw. C<sub>31</sub> als interne Marker einsetzten, wurden bei Verfütterung von Wiesenheu an 4 trockenstehende Kühe von Schmidt et al. (2004) neben dem externen Marker C<sub>32</sub> sowohl C<sub>33</sub> als auch der Stickstoffgehalt des Kotes als interne Marker verwendet. Letzteres entspricht der in der vorliegenden Arbeit angewendeten Methodik. Ansonsten bleibt nur der Plausibilitätstest mit der Orientierung an anerkannten Richtwerten aus der Literatur. Für die Ergebnisse zur Energieaufnahme bieten sich Richtwerte von Weissbach (1993) und aus den DLG-Futterwerttabellen (1997) an (Tabelle 6).

Unter Berücksichtigung der mittleren Lebendmassen und der mittleren Lebendmassezunahmen wurden die zu veranschlagenden Richtwerte ermittelt und mit den experimentell, d.h. mit den durch Markermethoden gefundenen Werten verglichen. Dabei sind die verschiedenen Rassen so gut wie möglich den Milch- bzw. Fleischrindtypen zugeordnet worden, nach denen die Normen differenziert sind. Während in den DLG-Futterwerttabellen zur Ermittlung der hier zutreffenden Bedarfswerte interpoliert werden musste, konnte nach Weissbach (1993) der Energiebedarf mit Hilfe von Berechnungsgleichungen aus den mittleren metabolischen Körpermassen und den mittleren Lebendmassezunahmen berechnet werden. Allerdings war dabei die Umrechnung der von Weissbach in Nettoenergie

Tabelle 6:  
Vergleich der Ergebnisse zur Aufnahme an umsetzbarer Energie (ME) mit Richtwerten für den Energiebedarf

Versuchsjahr	1996		1997	
	Ochsen		nichttragende Färsen	
Rasse	Galloway	Charolais	Holstein Friesian	Dt. Rotbunte
mittlere Lebendmasse [kg]	430	477	482	525
mittlere Lebendmassezunahme [g/Tier/Tag]	537	823	675	857
mit Markermethoden ermittelt ME-Aufnahme [MJ/Tier/Tag] (relativ)	75,9 (100)	86,7 (100)	80,5 (100)	98,4 (100)
nach Weissbach (1993) bei Weidehaltung für: ME-Aufnahme [MJ/Tier/Tag] (relativ)	Fleischrinder 70,9 (93)	Fleischrinder 87,2 (101)	Milchrinder 86,2 (107)	Fleischrinder 95,3 (97)
nach DLG-Futterwerttabellen (1997) interpoliert für	Aufzucht- rinder	Fleckvieh- ochsen	Aufzucht- rinder	Fleckvieh- färsen
ME-Aufnahme [MJ/Tier/Tag] (relativ)	68,5 (90)	86,9 (100)	83,2 (103)	90,9 (92)



Laktation (NEL) angegebenen Energiebedarfswerte auf umsetzbare Energie (ME) unter Zugrundelegung einer Verwertung der ME von 60 % erforderlich.

Beim Vergleich der experimentell durch Markermethoden erhaltenen Ergebnisse zur Energieaufnahme mit Richtwerten aus der Literatur ergibt sich größtenteils eine gute Übereinstimmung. Größere Abweichungen bis zu 10 %, wie z.B. bei der Rasse Galloway, dürften vor allem auf Probleme bei der Zuordnung der experimentellen Ergebnisse zu den entsprechenden Beispielen aus der Literatur zurückzuführen sein.

### 3.4 Beziehungen zwischen den ermittelten Futter- bzw. Energieaufnahmen und den täglichen Lebendmassezunahmen

Ein weiterer Test für die Plausibilität der Ergebnisse zum Futter- bzw. Energieverzehr ist die Prüfung des Zusammenhanges zwischen den Verzehrleistungen und den Lebendmassezunahmen. Theoretisch muss diese Beziehung vorhanden sein. Ob sie sich aber auch durch die vorliegenden Ergebnisse nachweisen lassen würde, war fraglich, weil die in den wenigen und zeitlich eng begrenzten Messperioden ermittelten Werte für die Energieaufnahme nur mit den mittleren täglichen Lebendmassezunahmen der Einzeltiere für die gesamte Weideperiode in Beziehung gesetzt werden konnten. Besonders problematisch ist das für das Versuchsjahr 1996, in dem nur 2 und auch nur sehr kurze Messperioden zur Verzehrmessung in die gesamte Weideperiode eingefügt worden

waren. Dagegen waren es 1997 immerhin 3 längere und besser über die gesamte Weideperiode verteilte Messperioden, in denen außerdem auch noch höhere n-Alkangaben an die Tiere verabreicht wurden.

In der Abbildung 1 ist die Beziehung zwischen der Lebendmassezunahme und dem Verzehr an umsetzbarer Energie dargestellt.

Trotz der o.g. Unsicherheiten der Daten von 1996 konnte über alle Ergebnisse aus beiden Versuchsjahren hinweg eine Beziehung nachgewiesen werden, wenn auch mit einer hohen Reststreuung der Regression, die in einem Variationskoeffizienten von annähernd 20 % zum Ausdruck kommt (Tabelle 7, Gleichung 6). Diese Beziehung wird durch eine Hyperbelfunktion physiologisch sinnvoll widerspiegelt. Die größeren positiven bzw. negativen Abweichungen der Messwerte von der Regressionskurve stammen überwiegend aus Ergebnissen von 1996. Bei der Beschränkung auf Ergebnisse von 1997 ergibt sich ein wesentlich engerer Zusammenhang mit einem Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,75$ . Die Reststreuung wird dadurch immerhin auf weniger als die Hälfte reduziert (Tabelle 7).

Wie der Tabelle 7 weiter zu entnehmen ist, besteht erwartungsgemäß eine ähnliche Beziehung zwischen dem Verzehr an organischer Masse und der Lebendmassezunahme. Sowohl bei der Energieaufnahme als auch beim Verzehr an organischer Masse sind die abgeleiteten Regressionsgleichungen (Gleichungen 1 - 6) über unterschiedliche Rassen und Versuchsjahre hinweg sehr ähnlich, trotz der bereits genannten Unsicherheiten der Meßwerte des Jahres 1996.

Tabelle 7:

Regressionsgleichungen zur Darstellung der Beziehungen zwischen dem Verzehr an organischer Masse bzw. umsetzbarer Energie (x) und der Lebendmassezunahme (y)\*

Verzehr an:	Jahr	Rassen	Gleichung Nr.	Regressionsgleichungen (Schätzgleichungen)	n	R <sup>2</sup> (s <sub>yx</sub> )	s <sub>yx</sub> [%]
OM [kg/Tier/Tag]	1996	Galloway + Charolais	1	$y = 1559 - 6697 / x$	20	0,355 (186)	27,4
	1997	Holstein Friesian + Dt. Rotbunte	2	$y = 1723 - 7774 / x$	19	0,719 (82)	10,7
	1996+ 1997	alle Rassen	3	$y = 1645 - 7258 / x$	39	0,477 (142)	19,7
ME [MJ/Tier/Tag]	1996	Galloway + Charolais	4	$y = 1538 - 68202 / x$	20	0,344 (187)	27,5
	1997	Holstein Friesian + DT. Rotbunte	5	$y = 1699 - 81970 / x$	19	0,751 (77)	10,1
	1996+ 1997	alle Rassen	6	$y = 1602 - 73371 / x$	39	0,483 (141)	19,6

\* LMZ (y) in g/Tier/Tag

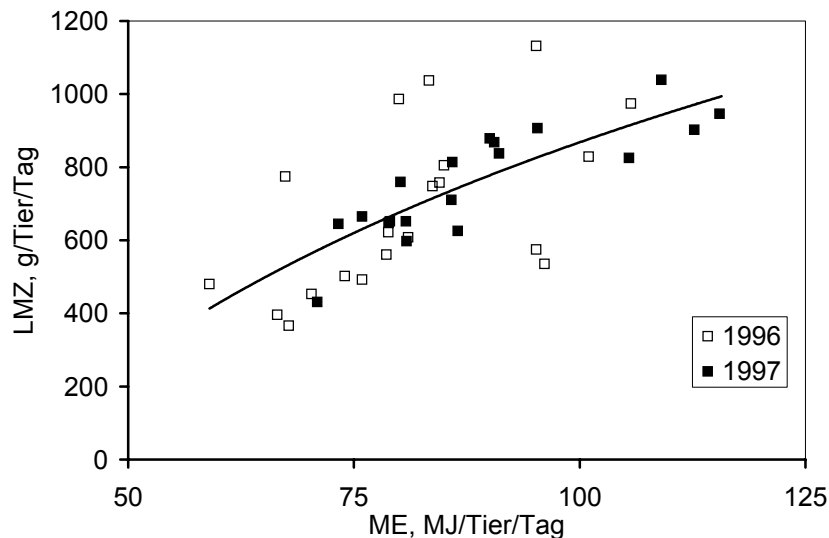


Abb. 1:  
Beziehung zwischen dem Verzehr an umsetzbarer Energie (x) und der Lebendmassezunahme (y) bei weidenden Jungrindern

### 3.5 Anwendung der Regressionsgleichungen zur Schätzung der Lebendmassezunahmen und des Energiebedarfes

Mit den Regressionsgleichungen 4 bis 6 (Tabelle 7) läßt sich bei bekannter Aufnahme an umsetzbarer Energie die zu erwartende Lebendmassezunahme und umgekehrt bei bekannter bzw. angestrebter Lebendmassezunahme der Bedarf an umsetzbarer Energie schätzen.

Zunächst sind die mit Hilfe der n-Alkan- und der Kotstickstoff-Methode ermittelten Energieaufnahmen zur Schätzung der Lebendmassezunahmen verwendet und die Schätzwerte den gemessenen Zunahmen gegenübergestellt worden (Tabelle 8).

Erwartungsgemäß führen die verschiedenen aber sehr ähnlichen Schätzgleichungen zu sehr gut übereinstimmenden Ergebnissen. Beim Vergleich mit den durch Tierwägungen gemessenen Lebendmassezunahmen ergab sich allerdings 1996 bei den Galloway-Ochsen eine 18-prozentige Über- und bei den Charolais-Ochsen eine 8-prozentige Unterschätzung der Zunahmen, während 1997 mit den Holstein Friesian sowie rotbunten Färsen fast vollständige Übereinstimmung erzielt wurde. Dass die aus dem Versuch von 1996 abgeleitete Gleichung zu fast den selben Ergebnissen führt wie die von 1997, ist offenbar darauf zurückzuführen, dass sich positive und negative Abweichungen z.T. kompensieren und dass außerdem der

Tabelle 8:  
Vergleich der über Schätzgleichungen aus der ME-Aufnahme berechneten mit den experimentell gemessenen mittleren Lebendmassezunahmen (LMZ), in Klammern Relativwerte ( gemessen = 100)

Rassen (n)	ME-Aufnahme.* [MJ/Tier/Tag]	gemessene LMZ [g/Tier/Tag]	LMZ [g/Tier/Tag] berechnet nach Gleichung**:			
			4	5	6	Mittel 4 - 6
Galloway (10)	75,9	537 (100)	639 (119)	619 (115)	635 (118)	631 (118)
Charolais (10)	86,7	823 (100)	751 (91)	754 (92)	756 (92)	754 (92)
Holstein Friesian (10)	80,5	675 (100)	691 (102)	681 (101)	691 (102)	688 (102)
Dt. Rotbunte (9)	98,4	857 (100)	845 (99)	866 (101)	856 (100)	856 (100)

\* mit Markermethoden geschätzt

\*\* Gleichungen: 4 abgeleitet vom Versuch mit Galloways und Charolais (1996), 5 abgeleitet vom Versuch mit Holstein Friesian (HF) und Deutschen Rotbunten (1997), 6 abgeleitet aus beiden Versuchen (1996 und 1997)

Tabelle 9:

Berechneter Bedarf an umsetzbarer Energie [MJ ME/Tier/Tag] für unterschiedliche Lebendmassezunahmen und Lebendmassen im Vergleich zu entsprechenden Richtwerten des Ausschusses für Bedarfsnormen der GfE (2001) (berechnet nach der Schätzgleichung 5, abgeleitet aus Ergebnissen von 1997)

Ermittelt nach:	für eine Lebendmassezunahme [g/Tier/Tag] von:					
	500	600	700	800	900	1000
Schätzgleichung, abgeleitet aus Ergebnissen der Markermethoden (relativ = 100)	<b>68,4</b>	<b>74,6</b>	<b>82,1</b>	<b>91,2</b>	<b>102,6</b>	<b>117,3</b>
Empfehlungen der GfE (2001) für Aufzuchtrinder						
bei 450 kg LM: (relativ)	69,0 (101)	74,2 (99)	79,9 (97)	86,0 (94)	92,7 (90)	100,0 (85)
bei 475 kg LM*: (relativ)	<b>72,1</b> (105)	<b>77,6</b> (104)	<b>83,7</b> (102)	<b>90,3</b> (99)	<b>97,4</b> (95)	<b>105,0</b> (90)
bei 500 kg LM: (relativ)	75,1 (110)	81,0 (109)	87,5 (107)	94,5 (104)	102,0 (99)	110,0 (94)
* interpoliert						

Kurvenverlauf trotz unterschiedlicher Zunahmestufen in beiden Versuchsjahren sehr ähnlich war.

Zur Schätzung des Energiebedarfes für bekannte bzw. angestrebte Lebendmassezunahmen lassen sich die Schätzgleichungen ebenfalls verwenden. In Tabelle 9 sind dazu die Ergebnisse einer Modellrechnung zur Ermittlung des Bedarfes an umsetzbarer Energie für unterschiedliche Lebendmassen und verschiedene tägliche Lebendmassezunahmen dargestellt und mit entsprechenden Richtwerten des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2001) verglichen worden. Verwendet wird hier allerdings nur die Schätzgleichung 5, abgeleitet aus Ergebnissen von 1997; nicht nur, weil bei dieser Gleichung die Beziehung zwischen Energieaufnahme und Lebendmassezunahme am engsten ist, sondern auch, weil die zum Vergleich herangezogenen Normen der GfE für den Gesamtenergiebedarf von Aufzuchtrindern am ehesten für die Versuchstiere von 1997 repräsentativ sind. Die mit der o.g. Schätzgleichung berechneten Energieaufnahmen für 500, 600, 700, 800, 900 und 1000 g Lebendmassezunahme je Tier und Tag wurden den entsprechenden GfE-Bedarfsnormen für 450, 475 und 500 kg Lebendmasse (LM) gegenübergestellt, wobei die Angaben für 475 kg LM interpoliert werden mussten. Damit wurde etwa der Lebendmassebereich erfasst, in dem sich die Versuchstiere in den Weideversuchen von 1996 und 1997 befanden.

Die Übereinstimmung der geschätzten Energiebedarfswerte mit den GfE-Bedarfsnormen ist bei der Lebendmassestufe von 475 kg am besten. Das ist auch die Lebendmasse, die dem Durchschnittsgewicht der Versuchstiere aus beiden Versuchen und über alle Rassen hinweg (477 kg) am nächsten kommt.

Es ist weiter festzustellen, dass im mittleren Leistungsbereich (700-800 g LMZ/Tier/Tag) die auf der Basis von Markermethoden geschätzten Bedarfsangaben relativ gut mit den Energiebedarfsnormen der GfE korrespondieren. Während aber die Schätzwerte für tägliche Lebendmassezunahmen über 800 g hinaus die GfE-Normen zunehmend übersteigen, liegen die Schätzwerte für Zunahmen unter 700 g meistens etwas niedriger als die GfE-Werte. Es ist nicht auszuschließen, dass die höheren Schätzwerte des Energiebedarfes für hohe Zunahmen auf der Weide zutreffen, weil die GfE-Normen für 900 und 1000 g LMZ möglicherweise unsicher sind. In der Veröffentlichung der GfE von 2001 ist bei den Bedarfsnormen für Aufzuchtrinder, die hier für den Vergleich mit den Schätzwerten herangezogen wurden, ausdrücklich vermerkt, dass es sich bei den Normen für 900 und 1000 g LMZ um Werte handelt, die nur aus den Angaben für 800 g LMZ extrapoliert sind. Sie sind demzufolge nicht aus experimentell gewonnenen Daten abgeleitet.

Es darf aber auch nicht übersehen werden, dass sich die vorgestellten Untersuchungen nur auf die relativ geringe Zahl der ausgewerteten Datensätze von 39 Tieren stützen und die Ergebnisse der n-Alkan-Methode während der Erprobung im ersten Versuchsjahr noch mit Unzulänglichkeiten behaftet waren. Deshalb dürfen die Ergebnisse nicht überbewertet werden. Man kann aber nach den hier dargelegten Befunden davon ausgehen, dass die n-Alkan-Methode in Verbindung mit der Kotstickstoff-Methode ein aussichtsreicher methodischer Ansatz zur Ermittlung der Futteraufnahme und zur Schätzung des Energiebedarfes von weidenden Rindern ist. Vielleicht lässt sich mit dieser Methode die Energieaufnahme von Milchkuhen auf der Weide noch besser als die von Jungrindern schätzen, weil

die Milchleistung ein unmittelbarer und für kurze Messperioden viel genauer zu erfassender Leistungsparameter ist als die Lebendmassezunahme.

#### Literatur

- Dillon P, Stakelum G (1989) Herbage and dosed alkanes as a grass measurement technique for dairy cows. *Irish J agric res* 28(1):104
- DLG (1997) DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer. Frankfurt a M : DLG, 7.Aufl, pp 17-20
- GfE (2001) Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Frankfurt a M : DLG, 29 p
- Mayes RW, Lamb CS, Colgrove PM (1986) The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake. *J agric Sci Camb* 107:161–170
- Piatkowski B (1987) Rinderfütterung: Futteraufnahme der Milchkühe und wachsenden Rinder. Berlin : VEB Deutscher Landwirtschaftsverl, 47 p
- Schmidt L, Weissbach F, Hoppe T, Kuhla S (1999a) Untersuchungen zur Verwendung der Kotstickstoff-Methode für die Schätzung des energetischen Futterwertes von Weidegras und zum Nachweis der selektiven Futteraufnahme auf der Weide. *Landbauforsch Völkenrode* 49(3):123 –135
- Schmidt L, Weissbach F, Hoppe T, Klan A (1999b) Low-input grassland use and pasture management. In: Contributions of grassland and forage research to the development of systems of sustainable land use: Internat Symposium in Braunschweig 5.-6. Mai 1999. *Landbauforsch Völkenrode SH* 206:111– 123
- Schmidt L, Weissbach F, Lebzien P, Hoppe T (2004) Methodische Untersuchungen zur Verwendung von n-Alkanen als Marker zur Ermittlung der Futteraufnahme bei Rindern. *Landbauforsch Völkenrode* 54(1):27-34
- Weissbach F (1993) Überarbeitete Energiebedarfswerte für die Berechnung der Weideleistung. In: 37. Jahrestagung der AG Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften Husum 26.-28. August 1993; Referate und Poster, pp 190–193
- Weissbach F, Kuhla S, Schmidt L, Henkels A (1999) Schätzung der Verdaulichkeit und der Umsetzbaren Energie von Gras und Grasprodukten. *Proc Soc Nutr Physiol* 8:72