



**Bestimmung der Futteraufnahme, Futterselektion
und Verdaulichkeit weidender Mastrinder auf
ökologisch bewirtschaftetem Ansaat- und
Dauergrünland**

Erstellt von:

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften
Emil-Abderhalden-Straße 26, 06108 Halle (Saale)
Tel.: +49 345 55-22700, Fax: +49 345 55-27050
E-Mail: te-halle@landw.uni-halle.de
Internet: <http://www.uni-halle.de>

Gefördert vom Bundesministerium
für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.



Zuwendungsempfänger:

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Universitätsplatz 10
06108 Halle/Saale

Förderkennzeichen:

514-43.20/03OE388

Vorhabenbezeichnung:

Bestimmung der Futteraufnahme, Futterselektion und Verdaulichkeit weidender Mastrinder auf ökologisch bewirtschaftetem Ansaat- und Dauergrünland

Laufzeit des Vorhabens:

01.07.2004 - 30.11.2006

Berichtszeitraum:

01.07.2004 - 30.11.2006

Zusammenarbeit:

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Naturwissenschaftliche Fakultät III
Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften
Professur für Tierzucht (Co-Projekt)

Schlussbericht

1. Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Übergeordnetes Ziel des Gesamtprojektes war es, die Auswirkungen unterschiedlicher Extensivierungsgrade in der ökologischen Weidehaltung von Mastrindern auf die tierische Leistung und die botanische Zusammensetzung der Weide zu untersuchen. Es ist bekannt, dass insbesondere auf extensiv geführten Weiden eine Diskrepanz zwischen dem Weideaufwuchs und dem von den Tieren aufgenommenen Futter bestehen kann. Dies geht einher mit Fehlern bei der Schätzung der möglichen Leistung der Tiere aufgrund ungenügender Kenntnisse der aufgenommenen Futtermenge und -qualität.

1.1. Planung und Ablauf des Projektes

In Kooperation mit der Professur für Tierzucht (Projektnummer 03OE428) wurden zu diesem Thema zwei ineinander übergreifende Projekte initiiert, wobei für das hier beschriebene Teilprojekt die Schätzung der Menge und der Qualität des aufgenommenen Futters auf der Weide im Mittelpunkt stand.

In zwei Versuchsabschnitten, die innerhalb der Vegetationsperioden der Jahre 2004 und 2005 lagen, wurden insgesamt 4 Bilanzstudien und 4 Studien zu Futteraufnahme durchgeführt (Tabelle 1). Dazu standen Grünlandaufwüchse auf Flächen des Zentrums für Tierhaltung und Technik der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (LLFG) des Landes Sachsen-Anhalt in Iden zur Verfügung. Es erfolgte eine Gegenüberstellung von zwei unterschiedlichen Extensivierungsgraden (ungedüngt oder gedüngt mit 70 kg N/ha aus Gülle) des Ansaat- bzw. Dauergrünlandes innerhalb einer ökologischen Bewirtschaftung mit weidenden Rindern. Eine genauere Beschreibung der genutzten Flächen kann Abbildung 1 und dem Abschlussbericht des komplementären Projektes 03OE428 entnommen werden.

Tabelle 1: Zeiträume und genutzte Flächen laut Abbildung 1 für die im Berichtszeitraum durchgeführten Versuche

	Bilanzversuch	genutzte Flächen laut Abbildung 1	Futteraufnahme	genutzte Flächen laut Abbildung 1
2004				
Weideaufwuchs	18.08. - 25.08.	K8	18.09. - 26.08.	K5/K2, K6re
Silage	02.10. - 09.10.	K3/K4		
2005				
Weideaufwuchs	29.06. - 06.07.	K2, K4	15.05. - 23.05.	K1/2, K3/4
			30.05. - 07.06.	K2, K4
			17.08. - 25.08.	K1, K3
Silage	19.09 - 26.09.	K2, K4		

Wie dem Sachstandsbericht vom 24.09.2004 entnommen werden kann, konnte durch die Verschiebung des Projektbeginns ein vorgesehene Experiment (Bestimmung der Futteraufnahme zu Weidebeginn) nicht begonnen werden. Dieses wurde zu Beginn der Weidesaison 2005 nachgeholt, so dass, begünstigt durch die Witterungsverhältnisse in diesem Jahr, drei statt der geplanten zwei Versuche zur Futteraufnahme durchgeführt wurden.

Entgegen den Vorstellungen zur ausschließlichen Nutzung der homogen zusammengesetzten Flächen K1 bis K4 für alle Untersuchungen, zwang die Trockenheit im ersten Versuchsjahr zum Ausweichen auf andere Teilflächen zur Futtergewinnung für die Bilanzen mit Weideaufwuchs und Grassilage. Die Ernte des Grünfutters erfolgte im Jahr 2004 von der ungedüngten Fläche K8 (Abbildung 1), die eine wesentlich höhere Artenvielfalt aufwies als die Flächen K1 bis K4. So ist ein Vergleich zwischen den Ergebnissen der Bilanzen sowohl innerhalb einer Vegetationsperiode als auch zwischen den

Versuchsjahren nur bedingt möglich, da zum einen im ersten Versuchsjahr jeweils nur eine Variante geprüft wurde und zum anderen von Unterschieden in der Artenzusammensetzung und -vielfalt auf den Flächen auszugehen ist.

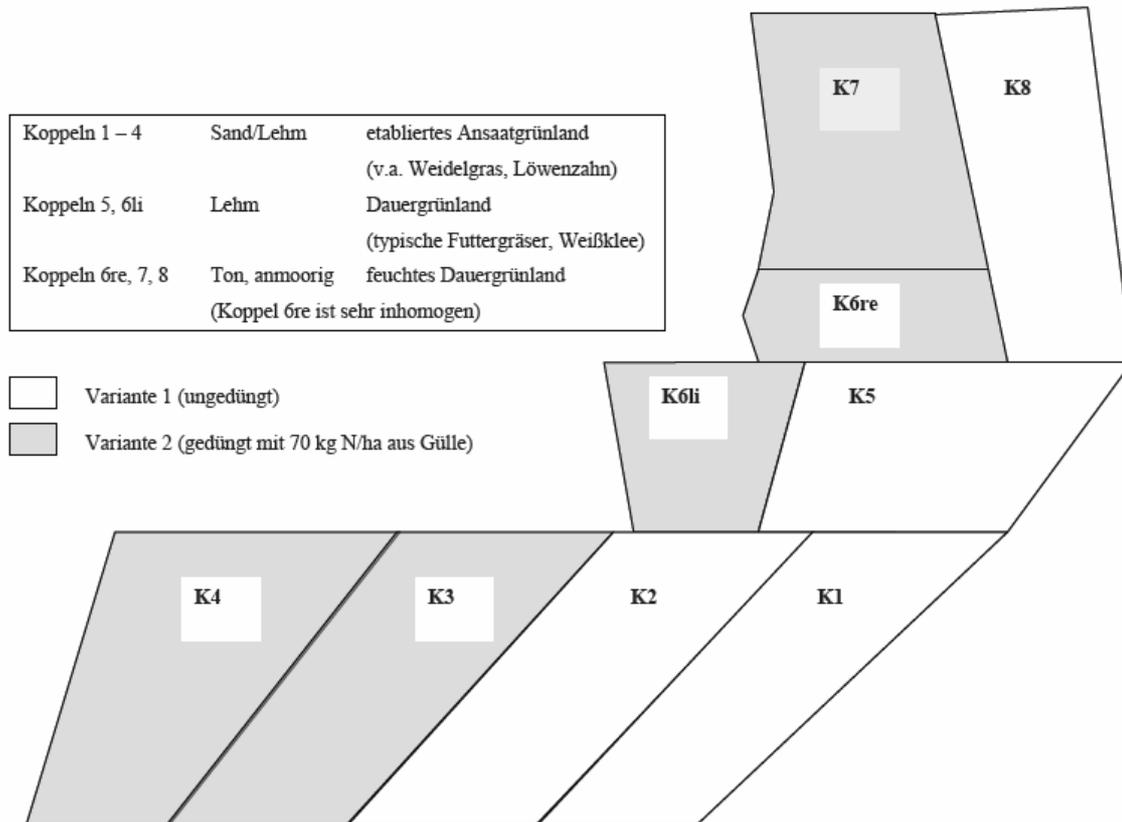


Abbildung 1: Übersicht der in diesem Projekt zur Verfügung stehenden Weideflächen unterschiedlichen Extensivierungsgrades einschließlich kurzer Beschreibung der Bodenarten und dominanten Pflanzenspezies

1.2. Wissenschaftlicher und technischer Standard, an den angeknüpft wurde

Grundlage der vorliegenden Untersuchungen ist die Nutzung natürlicher, in der Wachsschicht der Pflanzen vorkommender n-Alkane mit einer Kettenlänge zwischen 25 und 35 C-Atomen im Molekül als Marker. Im Vergleich zu anderen Markern sind folgende Anwendungsgebiete insbesondere für die Weidehaltung hervorzuheben (Dove, 1992, Dove und Mayes, 1996):

- In Verbindung mit synthetischen n-Alkanen ist eine Schätzung der Höhe der Futteraufnahme möglich
- Die Futterselektionen durch die Tiere kann abgeschätzt werden.

Darüber hinaus sind Schätzungen des Abbaus der Nährstoffe (Ordakowski et al., 2001, Sandberg et al., 2000) sowie die Beschreibung der Passagerate im Verdauungstrakt

(Mayes et al., 1996) möglich, wobei Letzteres nicht Gegenstand dieser Untersuchungen war.

Da die Unverdaulichkeit, als eine grundlegende Forderung an einen idealen Marker, für n-Alkane nicht gegeben ist, ist die Bestimmung der Wiederfindung (WF) erforderlich (Dove et al., 2002). Mehrere Untersuchungen weisen darauf hin, dass sowohl die Tierart (Brosh, 2003) als auch die eingesetzten Futtermittel (Ohajuruka und Palmquist, 1991) einschließlich Aufwuchs und Versuchsjahr (Peiretti et al., in press) die Höhe der WF beeinflussen. Demnach ist es erforderlich, die spezifische WF für den entsprechenden Versuchsansatz in einem Bilanzversuch zu bestimmen oder auf Daten zurückzugreifen, die in Studien mit der jeweiligen Tierart und für vergleichbare Grünlandbestände bzw. gleiche Futtermittel erhoben worden sind. Informationen zur WF wie auch zur tatsächlichen Futteraufnahme weidender Rinder auf extensiv bewirtschaftetem Grünland waren bisher nicht bekannt.

Die **Schätzung der Futteraufnahme** auf der Weide erfolgt auf der Grundlage der "Doppel-Alkan-Methode" (Mayes et al. 1986), die auf der Veränderung des Verhältnisses von den natürlich vorkommenden n-Alkanen zu extern, über Boli zugeführten, meist geradzahligem n-Alkanen beruht (Dove und Mayes, 1996):

$$FA = \frac{\frac{K_i}{K_j} \times B_j}{(F_i - \frac{K_i}{K_j} \times F_j)} \quad (1)$$

mit

- F, K mittlere Konzentration der Alkane im Futter (F) und Kot (K) (in g/kg T)
 i, j jeweiliges Alkan, mit ungeradzahligem (i) bzw. geradzahligem (j) Anzahl an C-Atomen im Molekül
 B_j Menge des abgegebenen Boli-Alkans (in mg/Tag).

Laut Untersuchungen von Berry et al. (2000) und Smit et al. (2005) ist hierbei das Verhältnis von Tritriakontan zu Dotriakontan (C33:C32) am besten für Milchkühe geeignet.

Die Grundlage zur Nutzung der beschriebenen Markermethode ist die sichere, standardisierte Analyse der n-Alkane in unterschiedlichen Probenmatrizes. Auf der Grundlage des von Mayes et al. (1986) dokumentierten Aufschlussverfahrens wurden in jüngster Zeit in unserem Institut Modifikationen vorgenommen (Elwert et al., 2004), so dass von reproduzierbaren Ergebnissen der Alkan-Konzentrationen in Futter- und Kotproben ausgegangen werden kann.

Neben der Schätzung der Höhe der Futteraufnahme durch die Tiere auf der Weide erlaubt die Nutzung der n-Alkane zudem die **Beurteilung der Selektion** und damit der Qualität des aufgenommenen Futters. Ausgehend von unterschiedlichen Alkanmustern in den einzelnen Pflanzenarten (Malossini et al., 1990) kann über einen Vergleich zum Alkanmuster im Kot der weidenden Tiere die Relation der aufgenommenen Pflanzenarten abgeschätzt werden (Dove und Moore, 1995).

2. Material und Methoden

2.1. Verdaulichkeitsversuche

In den Jahren 2004 und 2005 wurden jeweils zwei Verdaulichkeitsversuche mit Weideaufwuchs bzw. Grassilage durchgeführt (Tabelle 1). Dazu standen im Jahr 2004 6 bzw. 5 Färsen der Rasse Holstein Frisian aus Anpaarungen zur Bestandsergänzung der Milchkuhherde der LLFG in Iden zur Verfügung. Im Versuchsjahr 2005 wurden weibliche Rinder aus Kreuzungen von Fleischrindrassen der Idener Mutterkuhherde genutzt, da die Grünlandnutzung in der Praxis überwiegend über die Beweidung erfolgt.

In 2004 entstammte die Grassilage der Ernte des 1. Schnittes von den mit Gülle gedüngten Flächen K3 und K4 (Abbildung 1). Aufgrund der sehr trockenen Witterung und des eingeschränkten Wachstums konnte im Versuchszeitraum für den Weideaufwuchs nicht auf diese Flächen zurückgegriffen werden. Die Ernte des Grünfutters erfolgte von der ungedüngten Fläche K8 (Abbildung 1).

Im zweiten Versuchsjahr wurden sowohl für den Verdaulichkeitsversuch mit dem Weideaufwuchs als auch für die Silagegewinnung die Flächen K1 bis K4 genutzt, wobei eine strikte Trennung der ungedüngten und gedüngten Variante vorgenommen wurde. Es erfolgte eine Prüfung der Futtermittel mit jeweils 3 Tieren.

Für die Dauer der Verdaulichkeitsuntersuchungen wurden die Färsen einzeln in einem Offenfrontstall in 3 x 3 m großen, mit Gittern abgetrennten Abteilen aufgestellt. Eine Vermischung der Kote benachbarter Tiere wurde durch einen Mindestabstand von 2 m zwischen den einzelnen Abteilen unterbunden. Die Gabe der Pansenboli zur Applikation der externen, geradzahligen n-Alkane C32 und Hexatriakontan (C36) erfolgte über eine Schlundsonde 7 Tage vor dem Beginn der Probensammlung, da vom Hersteller eine konstante Abgabe dieser Alkane zwischen dem 8. und 16. Tag nach der Verabreichung attestiert ist. Es ist jedoch zu beachten, dass sowohl die Höhe der Abgabe einzelner n-Alkane als auch der Zeitraum der Abgabe Hersteller-bedingt und bisher nicht validiert sind.

In einer Sammelphase von jeweils 6 Tagen wurden die aufgenommenen Futter- und Kotmengen täglich tierindividuell und vollständig erfasst.

Das Grünfutter wurde einmal täglich frisch geerntet und den Tieren in getrennten Futtertrögen vorgelegt. Als tägliche Futtermenge wurde tierindividuell 115 % der am Vortag verzehrten Menge ermittelt. Die Futterproben wurden während des morgendlichen Erntens des Grünfutters für jedes Tier separat gewonnen, da von einer relativ hohen Inhomogenität des Weideaufwuchses sowohl innerhalb einer Teilfläche als auch durch die fortschreitende Vegetation im Versuchsverlauf ausgegangen werden musste. Die Lagerung der Einzelproben erfolgte bei -18°C bis zur Analyse.

Für die Verdaulichkeitsversuche mit den Grassilagen wurde eine vierzehntägige Anpassungsphase der sechstägigen Sammelperiode vorangestellt, da die Tiere von der Weide kamen und demnach einer Änderung im Fütterungsregime unterlagen. Auch hier wurde die Futtermenge täglich und tierindividuell auf 115 % der am Vortag verzehrten Menge eingestellt. Die Futterproben wurden täglich für alle Tiere während des morgendlichen Einwiegens gewonnen und bei -18°C bis zur Analyse gelagert. Eine tierindividuelle Probennahme und weitere Betrachtung entfiel aufgrund der gleich bleibenden Qualität der Grassilage im Versuchszeitraum.

Die Futterreste wurden sowohl in den Versuchen mit dem Grünfutter als auch mit den Grassilagen täglich quantitativ erfasst und bei der Auswertung der Daten berücksichtigt. Wasser stand ad libitum zur Verfügung.

Um eine Verfälschung der Kotzusammensetzung durch Harn zu verhindern, wurde der Kot sofort nach dem Absetzen aufgenommen und als Tagessammelprobe gesammelt. Dazu wurden die Tiere rund um die Uhr vom Betreuungspersonal beobachtet. Von den täglichen Gesamtkotmengen (entspricht der Tagessammelprobe) jeder Färsen wurden nach Wägung und Homogenisierung 5 % als Aliquot entnommen und bei -18°C bis zur Analyse gelagert.

Es erfolgte eine zeitliche Versetzung der Probennahme von Futter- und Kotproben um zwei Tage. Hierdurch wurde dem Zeitraum der Markerpassage durch den Verdauungstrakt Rechnung getragen.

Die Analyse der Alkankonzentrationen erfolgte nach Gefriertrocknung und Vermahlung auf 1 mm Siebdurchgang in den Proben der Grassilage täglich für alle Tiere sowie tierindividuell in den Grünfutterproben, den auftretenden Futterresten und den Kotproben.

Beim Aufschluss der Proben wurde in Anlehnung an Mayes et al. (1986) nach den Angaben von Elwert et al. (2004) wie folgt vorgegangen:

Nach dem Waschen der Aufschlussgefäße mit Heptan wurden etwa 0,5 g Futter oder 0,25 g Kot eingewogen. Eine interne Standardlösung (0,08 g) mit den Alkanen Dokosan (C22) und Tetratriakontan (C34) in bekannter Konzentration und 5 ml ethanolische Kalilauge wurden hinzu gegeben. Anschließend wurden die Proben über einen Zeitraum von 4 h bei 90 °C im Heizblock unter regelmäßigem Schütteln gekocht. Nach dem Abkühlen auf 75 °C wurden 5 ml Heptan und 3 ml destilliertes Wasser dazu gegeben. Zwischen den Arbeitsschritten wurden die Proben regelmäßig geschüttelt. Von den sich separierenden zwei Phasen wurde die obere in neue Reagenzgläser abpipettiert. Nach Zugabe von 2,5 ml Heptan wurde dieser Schritt wiederholt. Das Eindampfen der überführten Phase erfolgte bei etwa 60 °C. Es schloss sich das Spülen der Reagenzgläser mit insgesamt 7,5 ml Heptan in mehreren Schritten bei gleich bleibender Temperatur im Heizblock an. Die Lösung wurde über eine mit Heptan gesättigte Säule gereinigt und erneut eingedampft. Im Anschluss an das Eindampfen wurde der Rückstand mit 2 ml Heptan aufgenommen und in 1 ml Flaschen für die Analyse im Gaschromatograph (GC) überführt.

Für die gaschromatographische Analyse stand ein Shimadzu GC2010 mit einer automatischen Probenzuführung und Injektion (AOC20i+s), einer On-Column-Injektions-einheit und einem Flammenionisationsdetektor (FID) zur Verfügung. Es wurde eine Kapillarsäule vom Typ RTX-1 (30 m) mit 5 m Vorsäule, 0,53 mm Innendurchmesser und 0,25 µm Filmdicke genutzt, wobei folgende Einstellungen vorgenommen wurden:

- Injektor: Helium als Trägergas; Gasfluss: konstante Geschwindigkeit (30 cm/s, Säulenfluss 3,73 ml/s); Temperaturprogramm: 80 °C für 0,1 min, dann Steigerung um 100 K je Minute auf 310 °C, konstant für 10 min; Injektionsvolumen: 0,5 µl.
- Ofen: Temperaturprogramm: 80 °C für 0,1 min, dann Steigerung auf 264 °C, mit 4 K je Minute Steigerung auf 284 °C und mit 2 K je Minute Steigerung auf 296 °C, konstant für 10 min.
- Detektor: Temperatur: 315 °C, Beschleunigungsgasstrom (makeup gas): He mit 30 ml/min, H₂ mit 40 ml/min und Luft mit 400 ml/min.

Durch die Injektion eines selbst hergestellten Standards mit den Alkanen C22 bis Oktatriakontan (C38) wurden die Retentionszeiten festgestellt und die geräteinterne Diskriminanz bestimmt.

Die Wiederfindungen (WF in %) für die einzelnen Alkane (i) wurden anhand der Differenz der mit dem Futter aufgenommenen Menge am jeweiligen Alkan (Input_i) und der mit dem Kot ausgeschiedenen Alkanmenge (Output_i) in Relation zur Alkanaufnahme berechnet:

$$WF_i = 100 - \left(\frac{\text{Input}_i - \text{Output}_i}{\text{Input}_i} \times 100 \% \right) \quad (2)$$

In den originalen Futter-, Futterrest- und Kotproben wurden im institutseigenen Labor die Trockensubstanz (105°C, 4 h, Methode 3.1, Naumann und Bassler 1976) und die Rohasche (550°C, über Nacht, Methode 3.1, Naumann und Bassler 1976) bestimmt. Im gefriergetrockneten Material wurden die Analysen des Rohproteins (Methode 4.1.1, Naumann und Bassler 1993), des Rohfettes (Methode 5.1.1, Naumann und Bassler 1988), der Rohfaser (Methode 6.1.1, Naumann und Bassler 1993), der Neutralen Detergenzienfaser (Methode 6.5.1, Naumann und Bassler 1988) und der Sauren Detergenzienfaser (Methode 6.5.2, Naumann und Bassler 1988) zur Berechnung der verdaulichen Rohnährstoffe durchgeführt. Darauf aufbauend konnte die Umsetzbare Energie (ME, in MJ/kg T) des aufgenommenen Futters wie folgt berechnet werden (GfE, 1995):

$$\begin{aligned} \text{ME} = & \quad 0,0312 \cdot \text{verdauliches Rohfett} && \text{(g/kg T)} \\ & + 0,0136 \cdot \text{verdauliche Rohfaser} && \text{(g/kg T)} \\ & + 0,0147 \cdot \text{verdaulicher organischer Rest} && \text{(g/kg T)} \\ & + 0,00234 \cdot \text{Rohprotein} && \text{(g/kg T)} \end{aligned} \quad (3)$$

mit:

$$\begin{aligned} \text{verdaulicher organischer Rest (g/kg T)} = & \\ & - \text{verdauliche organische Substanz} && \text{(g/kg T)} \\ & - \text{verdauliches Rohfett} && \text{(g/kg T)} \\ & - \text{verdauliche Rohfaser} && \text{(g/kg T)}. \end{aligned}$$

2.2. Versuche zur Futteraufnahme auf der Weide

Die in den beschriebenen Bilanzversuchen ermittelten WF der Alkane wurde im Folgenden zur Ermittlung der Höhe der Futteraufnahme auf der Weide genutzt.

Im Jahr 2004 konnte zu dieser Fragestellung, wie im Zwischenbericht dokumentiert, nur ein Versuch mit 12 Färsen durchgeführt werden. Jeweils 6 Tiere aus den Herden der Varianten mit 70 kg N/ha bzw. ohne Düngung wurden ausgewählt. Dafür standen die Flächen K5 (Tage 1 bis 6) sowie K2 (Tag 7) für die ungedüngte Variante und K6re für die gedüngte Variante zur Verfügung (Abbildung 1).

Im darauf folgenden Jahr 2005 konnten aufgrund der günstigen Witterungsverhältnisse drei Versuche zur Futteraufnahme durchgeführt werden, zu denen jeweils 6 Tiere pro Variante ausgewählt wurden. In Anbetracht der geringen Anzahl an zur Verfügung stehenden weiblichen Tieren wurden pro Variante und Versuch neben 3 bzw. 2 Färsen

jeweils 3 bzw. 4 Ochsen zur Probennahme herangezogen. Auf eine getrennte Betrachtung der Geschlechter bei der Auswertung der Ergebnisse wurde verzichtet.

Zur Gewinnung der Futterproben wurden die Tiere während des Grasens über einen Zeitraum von drei Stunden zweimal täglich begleitet. Zur Erfassung einer repräsentativen Futterprobe unter Berücksichtigung der tierindividuellen Selektion erfolgte durch Pflücken die unmittelbare Entnahme der Pflanzen von den Teilflächen, die von den Tieren der jeweiligen Herde zu gleicher Zeit begrast wurden. Auf diese Weise wurde versucht, das selektive Fressen zu simulieren.

Es erfolgte wiederum eine zeitliche Versetzung der Probennahme von Futter- und Kotproben um zwei Tage. Es wurden jeweils abends und am darauf folgenden Morgen in einem Zeitraum von etwa 3 - 4 h Proben von den Einzeltieren nur einer Variante gesammelt, da die tägliche Beobachtung und Probennahme von allen Tieren aus logistischen und personellen Gründen nicht möglich war. Die Probennahme wurde stichprobenartig von frisch abgesetztem Kot aller Tiere der jeweiligen Variante vorgenommen. Eine Tierbegleitung erfolgte so lange, bis jedes Weidetier mindestens einmal Kot abgesetzt hatte. Die gewonnenen Proben wurden bis zur Analyse bei -18°C gelagert.

Die gedüngten Grünlandflächen wiesen im Zeitraum des Versuches zur Futteraufnahme in 2004 nur noch einen sehr geringen Nachwuchs an Grünfutter auf, so dass zusätzlich Grassilage von dieser Fläche zugefüttert werden musste. Die Kalkulation der aufgenommenen Futtermenge erfolgte über die zusätzliche Erfassung der Alkankonzentrationen der Silage. Die Berechnung der aufgenommenen Anteile von Grassilage und Grünfutter erfolgte mit der Software „EatWhat“ nach Vorgaben von Dove und Moore (1995).

Unter Nutzung der in den Bilanzen für die Weideaufwüchse und die Grassilagen ermittelten WF der Alkane Heptakosan (C27), Nonakosan (C29), Hentriakontan (C31) und C33 wurde unter Berücksichtigung des Verhältnisses der Konzentrationen dieser vier n-Alkane zu der gemessenen Konzentration des Boli-Alkans C32 die Futteraufnahme (FA, in kg T/Tag) nach Gleichung 1 berechnet (Dove und Mayes, 1996). In Anlehnung an die Herstellerangaben wurde mit einer Abgabe von C32 von 400 mg/Tag aus den Pansenboli kalkuliert.

Zusätzlich wurde anhand der Konzentrationen der natürlichen n-Alkane C29, C31 und C33 als interne Marker die Verdaulichkeit der organischen Substanz (VQ_{OS} in %) des aufgenommenen Grünfutters im zweiten Versuchsjahr wie folgt geschätzt:

$$VQ_{OS} = 100 - 100 \cdot \frac{MK_{GF} \cdot OSK_K}{MK_K \cdot OSK_{GF}} \quad (4)$$

mit

MK_{GF} Markerkonzentration im Grünfütter (g/kg T)

MK_K Markerkonzentration im Kot (g/kg T)

OSK_{GF} Konzentration der organischen Substanz im Grünfütter (mg/kg T)

OSK_K Konzentration der organischen Substanz im Kot (mg/kg T).

2.3. Schätzung der Futterselektion auf der Weide

Auf der Grundlage der analysierten Konzentrationen von n-Alkanen in einzelnen Pflanzenarten und hier nur der Hauptbestandbildner *Lolium perenne*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium repens* und *Poa pratensis* und den im Rahmen der Versuche gesammelten Kotproben sollte die botanische Zusammensetzung des tatsächlich verzehrten Aufwuchses geschätzt werden. Für diese Kalkulationen wurden ausschließlich die Daten aus dem Jahr 2005 verwendet, da hier die Beweidung der Flächen K1 bis K4 erfolgte.

Die oben genannten vier Pflanzenarten wurden separat zu den jeweiligen Terminen der Versuche zur Futteraufnahme (Tabelle 1) aus dem Gräsergarten des Zentrums für Tierhaltung und Technik der LLFG des Landes Sachsen-Anhalt in Iden gewonnen und entsprechend der oben beschriebenen Methoden aufbereitet und analysiert. Als Vergleichsbasis dienten die Kotproben aus den Versuchen zur Futteraufnahme zu den jeweiligen Aufwüchsen. Die Konzentrationen der n-Alkane mit 25, 27, 29, 31, 33 und 35 C-Atomen wurden nach Vorgaben von Dove und Moore (1995) zur Schätzung der relativen Anteile der vier Hauptbestandbildner an der insgesamt gefressenen Menge an Weidegras genutzt. Dazu stand die Software „EatWhat“ zur Verfügung (Dove und Moore, 1995).

2.4. Mathematisch-statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit dem Softwarepaket SAS für Windows (Version 9.1, 1999–2001, SAS Inst., Inc., Cary, NC) unter Nutzung der GLM Prozedur durchgeführt. Signifikante Unterschiede zwischen den berechneten Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe in den Verdaulichkeitsversuchen, den Alkankonzentrationen im Futter sowie den ermittelten WF wurden mittels t-Test bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit $P < 0,05$ erkannt.

Aufgrund der oben beschriebenen Unterschiede in der Artenzusammensetzung der in den beiden Versuchsjahren verwendeten Weideflächen wurde auf einen statistischen

Vergleich der genannten Parameter zwischen den Jahren verzichtet. Es erfolgte nur ein statistischer Vergleich zwischen den Düngungsvarianten.

3. Ergebnisse

3.1. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

3.1.1. Verdaulichkeitsversuche

3.1.1.1. Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe und Energiekonzentrationen

Die ermittelten Verdaulichkeiten der organischen Substanz (OS) lagen im Jahr 2004 mit 70 bzw. 73 % für den Weideaufwuchs bzw. die Grassilage höher als im darauf folgenden Jahr (Tabelle 2). Unabhängig von der Düngungsvariante wurden in 2005 sowohl für den Weideaufwuchs als auch für die Grassilage Verdaulichkeiten der OS zwischen 65 und 68 % ermittelt.

Tabelle 2: Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe und berechnete Energiekonzentrationen des jeweiligen Weideaufwuchses und der Grassilagen (Mittelwerte und Standardabweichungen)*

Jahr	Weideaufwuchs			Grassilage		
	2004	2005	2005	2004	2005	2005
Variante	ungedüngt	ungedüngt	gedüngt	gedüngt	ungedüngt	gedüngt
n =	6	3	3	5	3	3
Verdaulichkeit (%)						
Organische Substanz	70	65	67	73	68	66
	2,2	3,0	1,8	0,5	0,4	1,5
Rohfaser	69	60	59	73	69	67
	4,0	3,6	3,4	0,6	1,8	2,0
Rohfett	9	36	38	38	46	67 [‡]
	8,9	9,2	6,6	9,7	5,7	2,9
ME-Konzentrationen (MJ/kg T)						
	9,4	9,0	9,4	9,7	9,1	9,1
	0,3	0,5	0,3	0,1	0,1	0,2

* Es erfolgte keine statistische Auswertung der Daten zwischen den Jahren, da unterschiedliche Flächen zur Futtergewinnung zur Verfügung standen.

[‡] signifikante Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten innerhalb eines n-Alkans laut t-Test (P<0,05)

Ein ähnliches Bild ergab sich für die Verdaulichkeit der Rohfaser. Wurden im ersten Versuchsjahr Verdaulichkeiten von 69 bzw. 73 % erreicht, lagen die Werte wiederum unabhängig von der Düngung bei 59 bzw. 69 % für den Weideaufwuchs bzw. die

Grassilage. Die berechneten Verdaulichkeiten für das Rohfett lagen im Jahr 2004 bei 9 bzw. 38 % für den Weideaufwuchs und die Grassilage. Im Jahr 2005 wurde für den Weideaufwuchs unabhängig von der Düngung eine Verdaulichkeit von ~37 % ermittelt. Das Rohfett in der Grassilage von der gedüngten Variante war im 2. Versuchsjahr mit 67 % deutlich höher verdaulich als für die ungedüngte Variante (46 %).

Die aus den verdaulichen Rohnährstoffen abgeleiteten Konzentrationen der ME lagen in beiden Versuchsjahren auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau zwischen 9,0 und 9,7 MJ/kg T. Es bestanden keine Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten.

Diese Ergebnisse laufen konform mit den geschätzten Energiekonzentrationen des angebotenen Weidefutters aus dem komplementären Projektes 03OE428. Es ist jedoch zu beachten, dass sich die ME-Gehalte des angebotenen Futters und die tatsächlich aufgenommene ME bedingt durch die mögliche Futterselektion bei der Beweidung deutlich voneinander unterscheiden können.

3.1.1.2. Wiederfindung der n-Alkane

Wie bereits beschrieben, wurden aufgrund der zu erwartenden Inhomogenität des Weideaufwuchses innerhalb einer Teilfläche und der fortschreitenden Vegetation im Zeitraum der Verdaulichkeitsversuche für jedes Tier separate Futterproben gewonnen und analysiert. Eine statistische Auswertung erfolgte nur in 2005 innerhalb eines Futtermittels und zwischen den Düngungsvarianten, da sich ein Vergleich zu den Ergebnissen aus dem ersten Versuchsjahr aufgrund der Nutzung unterschiedlicher Grünlandflächen ausschloss.

Für die Kalkulation der WF der n-Alkane in den Grassilagen wurde jeweils nur eine Probe für alle Tiere des Versuches analysiert, da hier von einem sehr einheitlichen Material ausgegangen werden konnte. Demnach ist hier nur ein numerischer Vergleich der Ergebnisse möglich.

Für die Alkane C29 und C31 wurden die höchsten Konzentrationen aller betrachteten n-Alkane ermittelt (Tabelle 3). Auffallend sind die mit 132 bzw. 260 mg/kg OS um zirka die Hälfte niedrigeren Konzentrationen im Weideaufwuchs des Jahres 2004 im Vergleich zu 2005. Dies wird auf die deutlich höhere Artenvielfalt der in 2004 genutzten Fläche K8 (Abbildung 1) zurückgeführt. Zudem ist aus dem Komplementärprojekt 03OE428 bekannt, dass die Alkankonzentrationen in Abhängigkeit des Aufwuchses und des Entwicklungsstandes der Pflanzen stark variieren können. Mit Ausnahme von C33 ist eine signifikante Absenkung der betrachteten Alkankonzentrationen im Weideaufwuchs mit einsetzender Düngung zu beobachten. Ein Einfluss der Düngung auf die Alkankonzentrationen in den Grassilagen kann nicht ausgeschlossen werden. Mit

Ausnahme des Alkans C31 scheint der Silierungsprozess keine Auswirkungen auf die Alkankonzentrationen zu haben.

Tabelle 3: Konzentrationen der ausgewählten n-Alkane im Weideaufwuchs und in den Grassilagen (mg/kg OS, Mittelwerte und Standardabweichungen)*

Jahr	Weideaufwuchs			Grassilage [†]		
	2004	2005		2004	2005	
Variante	ungedüngt	ungedüngt	gedüngt	gedüngt	ungedüngt	gedüngt
n =	6	6	6	1	1	1
C27	24	59	48 [‡]	58	75	79
	1,7	2,3	0,9			
C29	132	300	249 [‡]	229	217	232
	10,8	4,2	12,6			
C31	260	501	432 [‡]	268	306	351
	29,6	9,2	17,4			
C33	102	85	90	99	76	99
	11,2	6,4	3,7			

* Es erfolgte keine statistische Auswertung der Daten zwischen den Jahren, da unterschiedliche Flächen zur Futtergewinnung zur Verfügung standen.

[†] Es erfolgte keine statistische Auswertung der Daten, da nur eine Futterprobe für alle Tiere gewonnen und analysiert wurde.

[‡] signifikante Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten innerhalb eines n-Alkans laut t-Test ($P < 0,05$)

Die Alkankonzentrationen im Futter spiegeln sich in den Koten wieder (Tabelle 4). So weisen die Alkane C29 und C31 die höchsten, C27 die niedrigsten Konzentrationen der betrachteten ungeradzahligen n-Alkane auf. In Analogie zum Futter des Weideaufwuchses im Jahr 2004 wurden auch in den Koten der Tiere dieses Versuches vergleichsweise niedrige Alkankonzentrationen ermittelt. Auf eine statistische Auswertung dieser Ergebnisse wurde verzichtet, da die Konzentrationen der n-Alkane im Kot direkt abhängig sind von den Alkankonzentrationen im Futter und sich zudem Unterschiede der betrachteten Varianten in den WF widerspiegeln.

Die sich aus den Alkankonzentrationen im Futter und im Kot ergebenden WF sind in Tabelle 5 dargestellt. Es wurden Werte zwischen 80 und 97 % für C27, 73 und 100 % für C29, 73 und 96 % für C31 und 63 und 90 % für C33 berechnet.

Tabelle 4: Konzentrationen der ausgewählten n-Alkane im Kot der Färsen bei der Fütterung von Weideaufwuchs oder Grassilage (mg/kg OS, Mittelwerte und Standardabweichungen)

Jahr Variante n =	Weideaufwuchs			Grassilage		
	2004	2005		2004	2005	
	ungedüngt	ungedüngt	gedüngt	gedüngt	ungedüngt	gedüngt
	6	6	6	5	6	6
C27	67	133	130	165	184	182
	8,5	8,0	6,5	2,8	9,4	6,0
C29	320	755	679	664	593	551
	43,1	28,0	7,6	21,9	18,1	4,1
C31	624	1280	1223	773	862	892
	111,8	44,7	18,4	30,7	39,9	12,6
C33	222	171	217	268	211	265
	53,9	5,2	7,6	15,8	18,9	0,7

Tabelle 5: Wiederfindungen der ausgewählten n-Alkane bei der Fütterung von Weideaufwuchs oder Grassilage an Färsen (%; Mittelwerte und Standardabweichungen)*

Jahr Variante n =	Weideaufwuchs			Grassilage		
	2004	2005		2004	2005	
	ungedüngt	ungedüngt	gedüngt	gedüngt	ungedüngt	gedüngt
	6	6	6	5	6	6
C27	84	86	97	80	80	77
	12,2	10,9	11,4	1,8	3,3	4,7
C29	73	100	93	79	89	80 [‡]
	10,7	5,3	8,4	3,0	2,0	3,2
C31	73	96	95	79	91	86
	10,9	3,7	5,3	3,9	3,4	3,1
C33	63	69	76 [‡]	73	89	90
	12,1	2,0	2,5	4,9	7,1	4,4

* Es erfolgte keine statistische Auswertung der Daten zwischen den Jahren, da unterschiedliche Flächen zur Futtergewinnung zur Verfügung standen.

[‡] signifikante Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten innerhalb eines n-Alkans laut t-Test (P<0,05)

Dies zeigt die sehr große Variabilität sowohl zwischen den betrachteten n-Alkanen als auch zwischen den verschiedenen Futtermitteln und Versuchsjahren. Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der separaten Ermittlung der WF für die jeweilige Fläche.

Es ist mit Ausnahme von C33 beim Weideaufwuchs kein Einfluss der Düngung auf die WF erkennbar.

3.1.1.3. Kalkulation der Futteraufnahme und Schätzung der Verdaulichkeit der organischen Substanz

Im ersten Schritt wurden die vorliegenden Bilanzdaten zur Beurteilung des Schätzfehlers bei der Berechnung der Futteraufnahme auf der Grundlage des Verhältnisses einzelner, ungeradzahliger n-Alkane zu dem externen Alkan C32 des Pansenbolus verwendet. Ausgehend von einer konstanten Abgabe von 400 mg C32 pro Tag wurden die in Tabelle 6 dargestellten Futteraufnahmen unter Berücksichtigung der berechneten WF geschätzt. Die berechnete WF des internen n-Alkans C32 lag zwischen 86 und 114 % für die vorgestellten Bilanzversuche.

Tabelle 6: Gegenüberstellung der im Bilanzversuch gemessenen und der anhand der Verhältnisse des externen n-Alkans C32 zu den internen n-Alkanen C29, C31 und C33 geschätzten Futteraufnahmen (kg T/Tag, Mittelwerte und Standardabweichungen)

Jahr	Weideaufwuchs			Grassilage		
	2004	2005	2005	2004	2005	2005
Variante	ungedüngt	ungedüngt	gedüngt	gedüngt	ungedüngt	gedüngt
n =	6	6	6	5	6	6
gemessene Futteraufnahme	6,5	7,8	7,4	9,1	7,7	7,5
	1,3	0,9	1,4	1,0	1,0	0,4
geschätzte Futteraufnahme						
C29:C32	6,5	7,1	7,3	9,4	7,6	7,8
	1,2	0,8	1,9	1,9	0,9	2,1
C31:C32	6,5	7,5	7,4	9,4	7,6	7,8
	1,2	0,7	1,8	1,9	0,7	2,1
C33:C32	6,7	8,5	8,0	9,5	7,6	7,8
	1,2	1,0	2,0	1,8	0,5	2,2

Unabhängig von dem gewählten Alkanverhältnis besteht eine hohe Übereinstimmung zwischen der tatsächlichen und der geschätzten Futteraufnahme. Die Über- bzw. Unterschätzungen von der gemessenen Futteraufnahme betragen sowohl für den Weideaufwuchs als auch für die Grassilage maximal 0,7 kg T/Tier und Tag. Bei der Beurteilung der Ergebnisse ist jedoch zu berücksichtigen, dass die in den Bilanzversuchen ermittelten WF innerhalb des gleichen Versuches wieder verwendet wurden. Die Schwankungen der

Schätzungen beruhen demnach ausschließlich auf Änderungen der Verhältnisse der n-Alkane zueinander.

3.1.2. Versuche zum Verzehr auf der Weide

3.1.2.1. Futteraufnahme

Die in den Verdaulichkeitsversuchen ermittelten WF für die internen und externen n-Alkane wurden nachfolgend für die Schätzung der Futteraufnahme auf der Weide in den einzelnen Versuchsjahren verwendet. Auch in diesem Fall wurde von einer konstanten Abgabe von 400 mg C32 pro Tag ausgegangen. Es treten deutliche Unterschiede in Abhängigkeit von dem verwendeten Alkanverhältnis auf (Tabelle 7).

Häufig zeigt die Schätzung auf der Basis des Verhältnisses C33:C32 eine höhere geschätzte Futteraufnahme als bei den beiden anderen Schätzungen. Laut Smit et al. (2005) ist die Schätzung der Futteraufnahme für Weidegras bei der Nutzung des Verhältnisses von C33:C32 am genauesten. Eine Beurteilung der Höhe und der Genauigkeit dieser Schätzungen ist bei diesem Versuchsansatz jedoch nur bedingt möglich. Daher erfolgte die Angabe des Mittelwertes der geschätzten Futteraufnahmen auf der Basis der Verhältnisse von C29, C31 und C33 zu C32 (Tabelle 7).

Tabelle 7: Übersicht der geschätzten Futteraufnahmen auf der Basis der Verhältnisse des externen n-Alkans C32 zu den internen n-Alkanen C29, C31 und C33 in den vier Versuchen (n = 6, kg T/Tag, Mittelwerte und Standardabweichungen)

Jahr	Variante	C29:C32	C31:C32	C33:C32	Mittelwert
2004, 3. Aufwuchs	gedüngt	19,6	19,1	19,5	19,4
		3,3	3,7	5,6	
	ungedüngt	15,6	19,2	23,8	19,5
		2,5	2,7	5,3	
2005, 1. Aufwuchs	gedüngt	6,6	6,2	7,3	6,7
		1,0	1,0	1,3	
	ungedüngt	6,5	6,5	7,7	6,9
		0,5	0,5	0,7	
2005, 2. Aufwuchs	gedüngt	9,1	9,2	10,5	9,6
		1,2	1,2	0,7	
	ungedüngt	9,4	10,0	10,8	10,1
		1,0	0,9	0,5	
2005, 3. Aufwuchs	gedüngt	13,1	12,6	13,2	13,0
		1,4	1,5	1,8	
	ungedüngt	13,4	13,6	13,1	13,4
		2,5	2,7	2,7	

Eine Steigerung der Futteraufnahme im Jahresverlauf ist durch die steigenden Lebendmassen der Tiere wahrscheinlich und spiegelt sich auch in den geschätzten Futteraufnahmen wider. Offensichtlich bestehen aber keine Unterschiede in der Höhe der Futteraufnahme zwischen den Tieren auf den gedüngten und den ungedüngten Flächen.

Die deutliche Überschätzung der Futteraufnahme im Jahr 2004 (Tabelle 7) wird zum einen auf die geringen WF der verwendeten n-Alkane zurückgeführt. Zum anderen kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Höhe der Abgabe des externen Alkans C32 aus den Boli in Einzelfällen von dem vom Hersteller deklarierten Wert abgewichen ist.

3.1.2.2. Verdaulichkeit

Die geschätzten Verdaulichkeiten der organischen Substanz lagen für die 3 Aufwüchse im zweiten Versuchsjahr zwischen 61 und 78 % (Tabelle 8). Der Vergleich zu den gemessenen Verdaulichkeiten (Tabelle 2) deutet auf eine Überschätzung hin. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass bei der Beweidung eine Futterselektion durch die Tiere stattgefunden hat und besser verdauliches Futter aufgenommen wurde (siehe auch Bericht des komplementären Projektes 03OE428). Die niedrigsten Verdaulichkeiten wurden unabhängig vom Aufwuchs und der Düngungsvariante auf der Basis des Alkans C33 kalkuliert. Die geschätzten Werte für die Variante mit Düngung sind in Übereinstimmung mit den gemessenen Verdaulichkeiten (Tabelle 2) jeweils höher als für den Weideaufwuchs ohne Düngung.

Tabelle 8: Geschätzte Verdaulichkeiten der organischen Substanz (VQ_{OS} in %) in den Beweidungsversuchen auf der Grundlage der Konzentrationen der natürlichen n-Alkane C29, C31 und C33 laut Gleichung 4

Jahr	Variante	C29	C31	C33	Mittelwert
2005, 1. Aufwuchs	gedüngt	78	75	77	76
		2.2	2.3	1.9	
	ungedüngt	73	72	76	74
		1.0	1.0	1.5	
2005, 2. Aufwuchs	gedüngt	78	77	70	75
		1.0	0.7	1.4	
	ungedüngt	76	76	70	74
		1.9	1.5	1.7	
2005, 3. Aufwuchs	gedüngt	77	76	66	73
		0.7	1.0	1.5	
	ungedüngt	73	71	61	69
		0.6	1.3	3.6	

Letztgenannter Aspekt lässt die Vermutung zu, dass auf den gedüngten Flächen eine höhere Lebendmassezunahme pro Tier und Tag erreicht werden kann. Dies ließ sich jedoch nicht bestätigen und wird auf den höheren Tierbesatz und damit eine verminderte Möglichkeit zur Futterselektion zurückgeführt (siehe Bericht des komplementären Projektes 03OE428). Auch in anderen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass ein Unterschied in der Düngungsintensität nicht zu Unterschieden in der Verdaulichkeit und im energetischen Wert des Grünlandaufwuchses führt, wenn die Beweidung intensiv erfolgt (Hahner, 1996).

3.1.2.3. Schätzung der Futterselektion

Neben der Schätzung der Höhe der Futteraufnahme auf der Weide ist eine Beurteilung der Futterselektion durch die Tiere auf der Grundlage des Vergleiches zwischen den Alkanmustern in den einzelnen Pflanzenarten und den Koten vorgenommen worden. In Abhängigkeit vom betrachteten Aufwuchs ergeben sich sehr konträre Ergebnisse (Tabelle 9).

So impliziert die Schätzung auf der Grundlage der Daten zum 1. Aufwuchs eine Separierung von Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*). Die anderen drei Hauptbestandbildner werden dabei nicht berücksichtigt. Es entsteht der Eindruck, dass von den Tieren überwiegend Wiesenrispe (*Poa pratensis*) aufgenommen wurde, obwohl laut Beobachtung diese Pflanzenart im 2. Aufwuchs stark unterdrückt war und die Anteile an dem gesamten Pflanzenbestand eher <10 % angenommen werden müssen. Im Gegensatz dazu scheint die Schätzung auf der Basis des 3. Aufwuchses der tatsächlichen Futteraufnahme nahe zu kommen. Allerdings treten auch hier deutliche Diskrepanzen der geschätzten Futterselektion zum tatsächlichen Bestand an Weißklee (*Trifolium repens*) und Löwenzahn (*Taraxacum officinale*) auf. Ob die dokumentierten Unterschiede zwischen den beiden Varianten der N-Düngung auf Differenzen im selektiven Fressverhalten zurückzuführen sind, lässt sich mit diesem Schätzverfahren nicht klären.

Aus den Ergebnissen des komplementären Projektes 03OE428 ist bekannt, dass die weidenden Rinder bevorzugt die energiereichere Blattmasse aus den unteren Schichten des Weideaufwuchses aufnehmen. Weiterhin wurden Differenzen der einzelnen Alkankonzentrationen in dem Pflanzenmaterial aus den einzelnen Schichten des Bestandes herausgearbeitet. Dies begründet die Schwierigkeiten bei der Schätzung der Futterselektion auf der Basis der Alkankonzentrationen in den Ganzpflanzen der Bestandbildner, wie sie im vorliegenden Fall vorgenommen wurde.

Tabelle 9: Schätzung der Futterselektion auf der Basis des Vergleiches der Alkanmuster der vier Hauptbestandbildner und der Kote aus den jeweiligen Versuchen zur Höhe der Futteraufnahme im Jahr 2005 in Abhängigkeit vom Aufwuchs (Anteile der aufgenommenen Pflanzenarten in %, n = 6, Mittelwerte und Standardabweichungen)

Variante	<i>Lolium perenne</i>	<i>Poa pratensis</i>	<i>Trifolium repens</i>	<i>Taraxacum officinale</i>
Pflanzenbestand laut Bonitur im 1. Aufwuchs ¹				
ungedüngt	43	8	24	16
gedüngt	37	9	26	17
1. Aufwuchs				
ungedüngt	98	0	0	2
	3.5			3.5
gedüngt	94	0	0	6
	2.4			2.4
Pflanzenbestand laut Bonitur im 2. bis 3. Aufwuchs ¹				
ungedüngt	53	6	26	6
gedüngt	49	7	31	5
2. Aufwuchs				
ungedüngt	20	80	0	0
	7.7	7.7		
gedüngt	19	81	0	0
	5.5	5.5		
3. Aufwuchs				
ungedüngt	48	7	7	38
	3.4	5.2	5.0	2.5
gedüngt	55	13	28	4
	8.9	10.5	9.1	6.6

¹ in Anlehnung an die Bestandsdaten im Abschlussbericht des komplementären Projektes 03OE428

3.2. Voraussichtlicher Nutzen der Ergebnisse

Die gezeigten Ergebnisse der Untersuchung weisen darauf hin, dass die Nutzung der n-Alkane als natürliche Marker geeignet ist, die Futteraufnahme weidender Rinder zu schätzen. Dabei sind jedoch die unvollständigen Wiederfindungen zu berücksichtigen. Da diese Wiederfindungen explizit für den jeweiligen Aufwuchs in Bilanzversuchen ermittelt werden müssen, ist nicht von einer routinemäßigen Anwendung dieser Methode auszu-

gehen. Unabhängig davon sind die erhobenen Daten, soweit uns bekannt ist, einmalig für extensiv geführtes Grünland und daher eine wertvolle Grundlage für weiterführende Untersuchungen mit praktischer Relevanz. Dabei bleibt jedoch zu beachten, dass die Differenzen in der Höhe der Wiederfindungen innerhalb eines n-Alkans zu groß sind, um diese Ergebnisse auf Folgejahre oder andere extensiv geführte Grünlandbestände vorbehaltlos zu übertragen.

Die große Artenvielfalt auf extensiv geführten Grünlandflächen führt zu Problemen bei der Beurteilung der Futterselektion durch die Tiere. Da sich die Alkanmuster in der Blatt- bzw. Stängelmasse einer Pflanze deutlich voneinander unterscheiden, ist eine Schätzung auf der Basis der Ganzpflanze für diese Fragestellungen wertlos. Es sei denn eine ausreichende Zahl an Markern zur Berücksichtigung der genannten Faktoren (Blatt- und Stängelfraktion, Pflanzenarten, Wuchshöhe) stehen zur Verfügung. Da natürlicherweise die Konzentrationen von n-Alkanen mit einer geradzahligem Anzahl von C-Atomen sehr niedrig sind, stehen effektiv nur 4-5 Alkane zur Schätzung der Futterselektion zur Verfügung. Demnach liegt die maximale Zahl der zu betrachtenden Faktoren bei <5. Diese Zahl wird bedingt durch die Artenvielfalt auf extensiv bewirtschafteten Flächen überschritten.

Die Düngung der extensiv genutzten Flächen mit Gülle führte nur zu geringen Veränderungen der Bestandszusammensetzung (siehe komplementäres Projekt 03OE428). Ein gerichteter Einfluss der Düngung auf die Verdaulichkeit und damit auf den Energiegehalt des Aufwuchses bestand nicht. Somit ist die Besatzdichte die entscheidende Stellgröße bei der Bestandes- und Herdenführung. Wird bei unterschiedlichem Düngungsniveau die Tierzahl an den veränderten Aufwuchs angepasst, kann das Leistungsniveau der Herde gleich gehalten werden.

4. Zusammenfassung

Auf Weiden und insbesondere in extensiv geführten Beständen besteht das Problem der Einschätzung der Futtermenge und Futterqualität auf der einen Seite und der Höhe und der Zusammensetzung des von den Tieren aufgenommenen Futters auf der anderen Seite.

In der vorliegenden Untersuchung wurden zwei unterschiedliche Extensivierungsgrade (0 oder 70 kg N/ha) eines Ansaat- bzw. Dauergrünlandes genutzt, um im ersten Schritt die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe des Weidefutters und der daraus gewonnenen Grassilagen zu bestimmen. Die ermittelten Verdaulichkeiten der Organischen Substanz lagen in beiden Versuchsjahren auf einem niedrigen Niveau zwischen 65 und 70 % für die Weideaufwüchse und 66 und 73 % für die Grassilagen. Für die Rohfaser wurden

Verdaulichkeiten zwischen 59 und 69 % bzw. 67 und 73 % für die Weideaufwüchse und die Grassilagen ermittelt. Die aus den verdaulichen Roh Nährstoffen abgeleitete Umsetzbare Energie (ME) lag in einem Bereich von 9,0 und 9,7 MJ/kg Trockensubstanz für beide Grasprodukte.

Die hier verwendete Doppelmarker-Methode unter Nutzung der natürlich vorkommenden Pflanzenalkane (ungeradzahlige Anzahl C-Atome im Molekül) und mittels Pansenboli zugegebenen Alkanen geradzahliger Kettenlänge ermöglicht bei bekannten Wiederfindungen für die einzelnen Alkane die Berechnung der aufgenommenen Grünfutturmengen. Dabei spielt die exakte Bestimmung und Verwendung der Wiederfindungen der einzelnen n-Alkane eine entscheidende Rolle. Die ermittelten Wiederfindungen wiesen jedoch in Abhängigkeit vom Versuchsjahr und dem Futtermittel eine hohe Variabilität auf, die durch tierindividuelle Schwankungen weiter verstärkt wird. Im Jahr 2004 lagen die mittleren Wiederfindungen für den Weideaufwuchs und die Grassilage zwischen 63 und 84 % bzw. 73 und 80 %. Für das zweite Versuchsjahr wurden mittlere Wiederfindungen von 69 bis 100 % für den Weideaufwuchs und von 80 bis 91 % für die Grassilage ermittelt. Es bestand keine Abhängigkeit zur Düngungsvariante. Die vielfach beschriebene Erhöhung der Wiederfindung mit steigender Kettenlänge der Alkane kann nach vorliegenden Daten nicht bestätigt werden.

Die Schätzung der Futteraufnahme weidender Rinder ist zusätzlich mit einem Fehlerpotenzial bei der Erfassung repräsentativer Proben des aufgenommenen Futters über einen größeren Zeitraum und für alle Tiere behaftet. Nichtsdestotrotz weisen die Ergebnisse dieser Untersuchung darauf hin, dass mit der beschriebenen Doppelmarker-Methode eine Schätzung der Futteraufnahme auf der Weide möglich ist. So wurde auf der Basis der Bilanzdaten gezeigt, dass die geschätzte mittlere Futteraufnahme maximal um 0,7 kg Trockensubstanz pro Tag von der tatsächlichen Futteraufnahme abweicht. Die Genauigkeit dieser Methode scheint bei dieser Art von Aufwüchsen allerdings nicht ausreichend zu sein, um zuverlässig Daten für Einzeltiere ermitteln zu können.

Unter Nutzung des Verhältnisses eines natürlichen n-Alkans zu einem extern zugeführten Alkan im Weideaufwuchs und im Kot der Tiere kann unter Berücksichtigung der Wiederfindungen eine Schätzung der Verdaulichkeit der Roh Nährstoffe vorgenommen werden. Die gezeigten Ergebnisse lassen vermuten, dass nicht, wie in Verdaulichkeitsversuchen, der vollständige Weideaufwuchs von den Tieren aufgenommen wird sondern eine Selektion bestimmter Pflanzen oder Pflanzenteile erfolgt. Die geschätzten Verdaulichkeiten für die organische Substanz lagen 2 und 10 % über denen im Verdaulichkeitsversuch ermittelten Werten.

Die Artenvielfalt der extensiven Weiden könnte auch die Ursache dafür sein, dass eine Beurteilung der Futterselektion auf der Grundlage eines Vergleiches der Alkanmuster in den einzelnen Pflanzenarten und dem Kot der weidenden Tiere nicht möglich war. Hier empfehlen sich weitergehende Untersuchungen, um zunächst die Genauigkeit der Schätzung an bekannten Mischungen zu bestimmen (siehe auch Schlussbericht des Partnerprojektes, Projektnummer 03OE428).

5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Ziel der vorgestellten Untersuchung war die Schätzung der Futteraufnahme weidender Rinder auf extensiv geführtem Grünland. Die dazu notwendigen Erhebungen zu den Wiederfindungen einzelner n-Alkane wurden innerhalb von Bilanzstudien vorgenommen. Diese ersten Daten können jedoch nur ein Anhaltspunkt für weitere Untersuchungen auf Extensivweiden und den daraus hervorgehenden Grasprodukten sein, da eine hohe Variabilität sowohl zwischen den Tieren als auch zwischen den Versuchsjahren bei den ermittelten Wiederfindungen bestand. Dementsprechend konnte der Anspruch einer genauen Schätzung der täglichen Futteraufnahme von Einzeltieren nicht vollständig umgesetzt werden. Die Schätzung der mittleren Futteraufnahme einer Tiergruppe scheint jedoch zumindest für artenarme, sehr homogene Standorte mit einem geringen Fehlerpotenzial möglich zu sein.

Größere Probleme traten bei der Beurteilung der Futterselektion durch die weidende Tiere auf. Es wird angenommen, dass die Artenvielfalt und die sich daraus ergebenden, verschiedenen Muster von n-Alkanen in den einzelnen Pflanzenarten und Pflanzenteilen einer genauen Schätzung der Anteile der Arten an der gesamten Futteraufnahme entgegen stehen. Zu diesem Teilaspekt der Bewertung der Qualität des aufgenommenen Futters auf der Weide sollten zukünftig weitere, gezielte Untersuchungen durchgeführt werden.

6. Literaturverzeichnis

- Berry, N. R., Scheeder, M. R. L., Sutter, F., Krober, T. F. und Kreuzer, M., 2000. The accuracy of intake estimation based on the use of alkane controlled-release capsules and faeces grab sampling in cows. *Annales de Zootechnie*. 49, 3-13.
- Brosh, A., Henkin, Z., Rothman, S.J., Aharoni, Y., Orlov, A. und Arieli, A. (2003). Effects of faecal n-alkane recovery in estimates of diet composition. *Journal of Agricultural Science* 140, 93-100.

- Dove, H., 1992. Using the n-alkanes of plant cuticular wax to estimate the species composition of herbage mixtures. *Australian Journal for Agriculture Research*. 43, 1711-1724.
- Dove, H. und Mayes, R. W., 1996. Plant wax components: A new approach to estimating intake and diet composition in herbivores. *Journal of Nutrition*. 126, 13-26.
- Dove, H., Mayes, R. W., Lamb, C. S. und Ellis, K. J., 2002. Factors influencing the release rate of alkanes from an intra-ruminal, controlled-release device, and the resultant accuracy of intake estimation in sheep. *Australian Journal for Agriculture Research*. 53, 681-696.
- Dove, H. und Moore, A. D., 1995. Using a least-squares optimization procedure to estimate botanical composition based on the alkanes of plant cuticular wax. *Australian Journal for Agriculture Research*. 46, 1535-1544.
- Elwert, C., Kluth, H. und Rodehutschord, M., 2004. Effect of variable intake of alfalfa and wheat on faecal alkane recoveries and estimates of roughage intake in sheep. *Journal of Agricultural Science*. 142, 213-223.
- GfE, 1995. Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen: Zur Energiebewertung beim Wiederkäuer. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*. 4, 121-123.
- GfE, 1998. Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen: Formeln zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwüchsen des Dauergrünlandes und Mais- Ganzpflanzen. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*. 7, 141-150.
- Hahner, I., 1996. Untersuchungen zur Milchviehfütterung bei Verzicht auf mineralische N-Düngung von Mähweiden. Dissertation agr. Universität Bonn. Shaker Verlag, Aachen.
- Mayes, R. W., Lamb, C.S. und Colgrove, P.M., 1986a. The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake. *Journal of Agricultural Science* 107, 161-170.
- Mayes, R. W., Giraldez, J. und Lamb, C. S., 1996. Estimation of gastrointestinal passage rates of different plant components in ruminants using isotopically-labelled plant wax hydrocarbons or sprayed even-chain n-alkanes. *Proceedings of the Nutrition Society*. 56, 187A.
- Naumann, C. und Bassler, R., 1976. *VDLUFA-Methodenbuch, Vol. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Naumann, C. und Bassler, R. (1988). 2. Ergänzungslieferung in *VDLUFA-Methodenbuch, Vol. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln*. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

- Naumann, C. und Bassler, R., 1993. 3. Ergänzungslieferung in VDLUFA-Methodenbuch, Vol. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Ohajuruka, O. A. und Palmquist, D. L., 1991. Evaluation of n-alkanes as digesta markers in dairy cows. *Journal of Animal Science*. 69, 1726-1732.
- Ordakowski, A. L., Kronfeld, D. S., Holland, J. L., Hargreaves, B. J., Gay, L. S., Harris, P. A., Dove, H. und Sklan, D., 2001. Alkanes as internal markers to estimate digestibility of hay or hay plus concentrate diets in horses. *Journal of Animal Science*. 79, 1516-1522.
- Peiretti, P. G., Meineri, G., Miraglia, N., Mucciarelli, M. und Bergero, D., Intake and apparent digestibility of hay or hay plus concentrate diets determined in horses by the total collection of feces and n-alkanes as internal markers. *Livestock Production Science*. in press.
- Sandberg, R. E., Adams, D. C., Klopfenstein, T. J. und Grant, R. J., 2000. N-alkane as an internal marker for predicting digestibility of forages. *Journal of Range Management*. 53, 159-163.
- Smit, H. J., Taweel, H. Z., Tas, B. M., Tamminga, S. und Elgersma, A., 2005. Comparison of techniques for estimating herbage intake of grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 88, 1827-1836.

7. Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt

- Peters, L., Boguhn, J., Elwert, C., Rodehutsord, M., 2006. Effect of drying method on calculated faecal recovery of n-alkanes from grass silage in cattle. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*. 15, 90.

Halle, den 30.11.2006

Prof. Dr. M. Rodehutsord
(Projektleiter)

Kurzfassung

In zwei aufeinander folgenden Jahren wurden Untersuchungen zu Fragen der Nutzung von n-Alkanen als Marker zur Bestimmung der Höhe der Futteraufnahme durchgeführt. Dazu standen Flächen von extensiv geführtem Grünland zur Verfügung, die entweder keiner oder einer Düngung mit 70 kg N/ha aus Gülle unterlagen. Von diesen Flächen wurde sowohl Weidefutter als auch Grassilage gewonnen und in jeweils 2 Bilanzversuchen an weibliche Rinder verfüttert. Im Zuge dieser Versuche wurden die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe und die Energiekonzentrationen ermittelt. Die aus den Bilanzversuchen ermittelten Wiederfindungen für einzelne n-Alkane wurden zur Schätzung der Futteraufnahme weidender Rinder verwendet. Zudem wurde versucht, aus einer Gegenüberstellung der Alkanmuster in einzelnen Pflanzenarten und dem Kot der Tiere Aussagen zur Futterselektion und der Verdaulichkeit der organischen Substanz des Weideaufwuchses der Tiere zu treffen.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Bestimmung der Wiederfindung von Alkanen für den jeweiligen Weideaufwuchs erforderlich ist, um die Fehler bei der Schätzung der Futteraufnahme zu minimieren. Es bestehen erheblich Unterschiede in den Wiederfindungen der Alkane zwischen den Jahren und zwischen den beiden verwendeten Grasprodukten. Eine Beurteilung der Futterselektion auf der Grundlage der Alkanmuster scheint zum derzeitigen Wissensstand nicht möglich zu sein.

Die Unterschiede in der Düngung führten nicht zu Veränderungen in der Qualität der Aufwüchse. Die Erzielung einer bestimmten Weideleistung ist damit im Wesentlichen davon abhängig, dass die Tierzahl der Aufwuchsmasse angepasst ist.

Abstract

Investigations with n-alkanes were made in two subsequent vegetation periods to study feed intake and digestibility of heifers on pasture. The pasture was either unfertilised or fertilised with cattle manure at a level of 70 kg N/ha. Both fresh grass and grass silage were obtained and tested in balance studies using heifers. Digestibility of crude nutrients and energy content were measured. Also, faecal recovery of different n-alkanes contained in the feed was studied. These recoveries were used to estimate feed intake of animals kept on pasture during the two vegetation periods. Also, estimates of feed selection and digestibility on pasture were made on the basis of n-alkane pattern determined in single plant species and animal faeces.

The results show that, if n-alkanes are to be used for estimating intake of heterogeneous pasture, the determination of n-alkane recovery must be done separately for each pasture. Recoveries substantially varied between years and feeds. The estimate of selection of single species from heterogeneous pastures based on n-alkane concentrations needs further methodological improvements.

The fertilisation of pasture with manure did not cause a change in the quality of the feed (digestibility and metabolisable energy concentration). Animal performance on pasture is, therefore, largely depending on the adjustment of stocking density to pasture growth.