

## **Ein Verfahren zur Auswertung von Verdauungsversuchen mit Beifutter am Beispiel von Getreidetrockenschlempe**

K. Rutzmoser, A. Obermaier (ITE Grub<sup>1</sup>), M. Urdl und L. Gruber (HBLFA Raumberg-Gumpenstein)

<sup>1</sup> Email: Tierernaehrung@lfl.bayern.de

### **1 Methodik der Auswertung von Verdauungsversuchen**

#### **1.1 Verdauungsversuche als Grundlage der Energiebewertung**

Die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe ist die Grundlage der energetischen Bewertung von Futtermitteln, denn der (um Verluste korrigierte) Brennwert der verdauten Nährstoffe ergibt die Umsetzbare Energie (ME). Verdaulichkeiten (VQ) werden im Tierversuch als Differenz der Nährstoffe in Futter abzüglich Kot bezogen auf die Menge im Futter gemessen und üblicherweise in Prozent angegeben.

$$VQ = [\text{Nährstoff(Futter)} - \text{Nährstoff(Kot)}] / \text{Nährstoff(Futter)} * 100$$

Kann ein Futtermittel (Prüffutter) nicht allein verfüttert werden, weil es zu weit von den Anforderungen des Tieres abweicht, wird es mit einem passenden Beifutter kombiniert.

#### **1.2 Auswertung von Verdauungsversuchen mit Beifutter**

Die Aufnahme von Rohnährstoffen aus Prüffutter und Beifutter wird aus den aufgenommenen Futtermengen und ihren Gehalten berechnet. Die Ausscheidung im Kot (oder die verdauten Nährstoffe) kann jedoch nur insgesamt gemessen werden und muss auf rechnerischem Wege aufgeteilt und dem Prüffutter und Beifutter zugeordnet werden. Bei der verbreiteten Auswertung als Differenzversuch wird die Verdaulichkeit des Beifutters als konstant gesetzt und der verbleibende Rest (Differenz) für das Prüffutter genommen. Damit werden alle Streuungsursachen dem Prüffutter zugeschrieben und es kann, vor allem bei geringeren Anteilen zu unrealistischen VQ unter 0 oder über 100 % kommen. Um solche methodischen Probleme zu umgehen, wird eine Auswertung mit einer proportionalen Anpassung der Kottausscheidung bzw. der verdauten Mengen vorgeschlagen.

##### **1.2.1 Beispiel einer Anpassungsrechnung**

Die Vorgehensweise soll am Beispiel eines Verdauungsversuches mit Getreidetrockenschlempe, durchgeführt mit Hammeln in Grub gezeigt werden.

Dem Tier Nr. 70 im Versuch VR334 wurden in der Sammelperiode (7 Tage) 2,8 kg Getreideschlempe und 4,2 kg Heu verabreicht und es wurden 5,14 kg Kot gesammelt.

### 1.2.2 Berechnung von Aufnahme und Ausscheidung

In Tabelle 1 sind die Gehalte an Rohnährstoffen nach der Weender Analyse zusammengestellt und die aufgenommenen und ausgeschiedenen Mengen berechnet. Dabei werden die Gehalte von Getreideschlempe und Heu mit den aufgenommenen Mengen und die Kotgehalte mit dem Anfall verrechnet. Die verdaute Menge ist die Differenz von Gesamtaufnahme und Kot.

Tabelle 1: Gehalte, Aufnahme und Ausscheidung von Rohnährstoffen, Tier 70, Werte in g/kg TM bzw. g in der Periode

	TM	XP	XL	XF	XX
Gehalte Schlempe	937	358	47	82	455
Gehalte Heu	908	123	20	263	552
Aufnahme Schlempe	2624	939	123	215	1194
Aufnahme Heu	3814	469	76	1003	2105
Aufnahme gesamt	6437	<b>1408</b>	<b>200</b>	<b>1218</b>	<b>3299</b>
Gehalte Kot	336	190	24	215	421
Ausscheidung Kot	1727	<b>328</b>	<b>41</b>	<b>371</b>	<b>727</b>
verdaut gesamt	4710	<b>1080</b>	<b>158</b>	<b>847</b>	<b>2572</b>

### 1.2.3 Berechnung von erwarteter verdauter Menge und Kot

In einem weiteren Schritt ist die ausgeschiedene bzw. verdaute Menge auf die beiden Futtermittel aufzuteilen, wie in Tabelle 2 ausgeführt. Hierzu werden jeweils Vorgabe-VQ eingesetzt, welche aus bisher bekannten Tabellenwerten stammen können oder, wie hier beim Heu in einem eigenen Verdauungsversuch ermittelt wurden. Die aufgenommenen Rohnährstoffe mit dem Vorgabe-VQ verrechnet ergeben die erwartete verdaute Menge und das Gegenstück, die erwartete Kotausscheidung von Getreideschlempe und Heu, zusammen gerechnet die Gesamtwerte. Am Beispiel XP ergibt sich die erwartete verdaute Menge aus Schlempe Aufnahme 939 \* VQ 75 = 704 g, es verbleiben 939 – 704 = 235 g für erwartet Kot. Die Menge erwartet verdaut gesamt ist die Summe von Schlempe 704 + Heu 273 = 978 g, die erwartete Kotmenge ergibt sich aus 235 (Schlempe) + 196 (Heu) = 430 g.

Tabelle 2: Vorgabe-VQ und erwartete verdaute Mengen und Kot  
Werte in % bzw. g in der Periode

	XP	XL	XF	XX
Vorgabe-VQ Schlempe, %	75	85	60	80
Vorgabe-VQ Heu, %	58,3	62,4	69,4	78,6
erwartet verdaut Schlempe, g	704	105	129	955
erwartet verdaut Heu, g	273	47	696	1655
erwartet verdaut gesamt, g	978	152	825	2610
erwartet Kot Schlempe, g	235	18	86	239
erwartet Kot Heu, g	196	29	307	450
erwartet Kot gesamt, g	430	47	393	689

#### 1.2.4 Ermittlung von Anpassungsfaktoren

Die so bezeichneten Anpassungsfaktoren werden aus der Division von gesamter gemessener durch erwarteter verdauter Menge bzw. Kot errechnet. Anhand der Tabelle 3 kann der Rechengang nach vollzogen werden. Es sind zum einen die im Versuch ermittelten verdauten Mengen und Kotmengen aus Tabelle 1 (gemessen verdaut bzw. Kot gesamt), zum anderen die entsprechenden erwarteten (verdaut bzw. Kot gesamt) Mengen aus Tabelle 2 aufgeführt. Die Anpassungsfaktoren verdaut sind Menge gemessen geteilt durch erwartet, beispielsweise bei XP  $1080 / 978 = 1,105$ , entsprechend die Anpassungsfaktoren Kot am Beispiel XP:  $328 / 430 = 0,762$ .

Tabelle 3: Anpassungsfaktoren aus gemessenen und erwarteten Mengen  
Werte in g in der Periode

	XP	XL	XF	XX
gemessen verdaut gesamt, g	1080	158	847	2572
erwartet verdaut gesamt, g	978	152	825	2610
Anpassungsfaktor verdaut	1,105	1,038	1,026	0,985
gemessen Kot gesamt, g	328	41	371	727
erwartet Kot gesamt, g	430	47	393	689
Anpassungsfaktor Kot	0,762	0,879	0,945	1,055

### 1.2.5 Anwendung der Anpassungsfaktoren

Aus mathematischen Gründen ergibt ein Anpassungsfaktor verdaut größer 1 einen Faktor Kot kleiner 1 (Beispiel XP) und umgekehrt (Beispiel XX). Wie die Faktoren zu verwenden sind, ist in Tabelle 4 aufgezeigt.

Die Anpassungsfaktoren werden auf die erwarteten Mengen von Prüf- und Beifutter angewendet. Dabei wird jeweils vom Anpassungsfaktor verdaut oder Kot der kleinere Faktor (kleiner 1) verwendet. Im Beispielfall wird für die NfE (XX) der Anpassungsfaktor verdaut (0,985) eingesetzt. Aus den erwarteten verdauten Mengen von Schlempe und Heu von Tabelle 2 ergeben sich die angepassten Mengen von  $955 * 0,985 = 942$  g (Schlempe) und  $1655 * 0,985 = 1631$  g (Heu). Für die anderen Spalten (XP, XL, XF) werden die Anpassungsfaktoren Kot auf die entsprechenden Werte von Tabelle 2 angewendet, beispielsweise bei XP  $235 * 0,762 = 179$  g (Schlempe) und  $196 * 0,762 = 149$  g (Heu). Von diesen Mengen ergibt sich als Differenz zur Aufnahme (Tabelle 1) die angepasste verdaute Menge, am Beispiel XP:  $939 - 179 = 760$  g (Schlempe) und  $469 - 149 = 320$  g (Heu). Werden diese angepassten verdauten Mengen auf die Aufnahme bezogen, ergeben sich die gesuchten angepassten VQ, am Beispiel XP:  $760 / 939 * 100 = 80,9$  % (Schlempe) und  $320 / 469 * 100 = 68,2$  % (Heu). Eine Kontrollrechnung ergibt für die Summen der angepassten verdauten oder Kotmengen die gemessenen Mengen (z.B. XP Kot:  $179 + 149 = 328$  g, Tabelle 1, ggf. gerundet).

Tabelle 4: Anpassungsfaktoren, Anpassmengen und Anpass-VQ  
Werte in % bzw. in g in der Periode

	XP	XL	XF	XX
Anpassungsfaktor Kot	0,762	0,879	0,945	
anpass. Kot Schlempe, g	179	16	81	
anpass. Kot Heu, g	149	25	290	
Anpassungsfaktor verdaut				0,985
anpass. verdaut Schlempe, g	760	107	134	941
anpass. verdaut Heu, g	320	51	713	1631
VQ anpass. Schlempe %	80,9	86,8	62,2	78,8
VQ anpass. Heu %	68,2	67,0	71,1	77,5

### 1.3 Folgerungen der Anpassungsrechnung

Bei der Anpassungsrechnung werden die Abweichungen von gemessener und erwarteter Verdaulichkeit proportional auf die verwendeten Futtermittel

aufgeteilt, es werden die Vorgabe-VQ von beiden Futtermitteln, Prüf- und Beifutter in die gleiche Richtung korrigiert. Wenn die Verdaulichkeit durch die Gesamtration beeinflusst ist, erscheint diese Wirkung in den VQ aller Futtermittel. Aufgrund des Rechenvorganges sind Verdaulichkeiten unter 0 und über 100 % ausgeschlossen, abgesehen vom seltenen Fall, dass insgesamt mehr im Kot ausgeschieden als im Futter aufgenommen wird. Des Weiteren werden auch die Fehlerursachen entsprechend dem Nährstoffbeitrag aufgeteilt und die Streuung der Verdaulichkeit des Prüffutters (zwischen den Tieren) richtet sich an der Streuung der Gesamtration aus. Andererseits erhält auch der VQ des Beifutters eine Streuung, welche beim Differenzversuch 0 ist.

## **2 Anwendung für Verdauungsversuche mit Getreideschlempe**

Getreidetrockenschlempe ist ein Futtermittel, das in neuerer Zeit in größeren Mengen als Nebenerzeugnis der Bioethanolgewinnung anfällt. Um den Futterwert zu erfassen, wurden an mehreren Einrichtungen Verdauungsversuche mit Hammeln durchgeführt, welche von Losand u. a. (2007) beschrieben sind. Dabei wurden unterschiedliche Anteile von Getreideschlempe eingesetzt.

### **2.1 Ergebnisse der Verdauungsversuche**

Die Versuche aus Grub und der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurden nach der beschriebenen Anpassungsrechnung ausgewertet. In Tabelle 5 sind die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe nach dieser Berechnung aufgeführt. Als Vorgabewerte für die VQ von Getreidetrockenschlempe wurden in allen Versuchen eingesetzt: XP: 75; XL: 85; XF: 60; XX: 80 %. Die Vorgabe-VQ von Heu wurden jeweils in eigenen Versuchen bestimmt.

Bei den 4 Versuchsreihen in Grub wurden jeweils 40 und 60 % Getreideschlempe eingesetzt, in Raumberg-Gumpenstein der Anteil von 25 über 50 auf 75 % gesteigert. Insgesamt nähern sich die Anpassungswerte den Vorgabewerten recht gut, was für eine gute Vergleichbarkeit der Versuche spricht. Bezüglich der Schlempeanteile ist bei Rohprotein und Rohfett ein leichter, bei der Rohfaser ein deutlicher Abfall der Verdaulichkeit mit höherem Anteil zu beobachten. Die Verdaulichkeit der NfE ist kaum beeinflusst.

Um den Effekt des Schlempeanteils auf die Rohfaserverdaulichkeit (VQ XF, in %) zu verdeutlichen, sind in Abbildung 1 die Werte von Schlempe und dem jeweils verwendeten Beifutter Heu für die Versuchsreihen Grub (A bis D) und Gumpenstein (G) aufgezeichnet. Die durchgehende Strichlinie ist der Vorgabe-VQ der Schlempe (60 %). In den Versuchen mit 0 Schlempe wurde das Heu geprüft, der Wert ist Vorgabe des Heues in der Versuchsreihe. Die anschließenden Werte zeigen die Veränderung mit dem Anteil an Schlempe.

Tabelle 5: VQ der Rohnährstoffe von Getreideschlempe nach Anpassung, %

Versuch, Anteil	OM	XP	XL	XF	XX
Grub A 40 %	76,6	75,0	87,4	60,4	79,3
Grub A 60 %	74,0	73,1	86,4	54,0	77,7
Grub B 40 %	75,0	74,2	88,3	57,3	77,9
Grub B 60 %	73,8	73,8	85,0	51,2	77,9
Grub C 40 %	74,7	70,1	86,5	60,8	78,1
Grub C 60 %	74,7	68,0	87,0	57,5	80,5
Grub D 40 %	77,8	75,7	86,9	63,7	80,7
Grub D 60 %	77,6	77,5	84,1	62,6	79,8
HBLFA 25 %	77,4	77,3	78,6	60,8	79,6
HBLFA 50 %	75,8	76,7	67,6	54,8	79,3
HBLFA 75 %	75,1	75,9	54,8	52,1	79,0

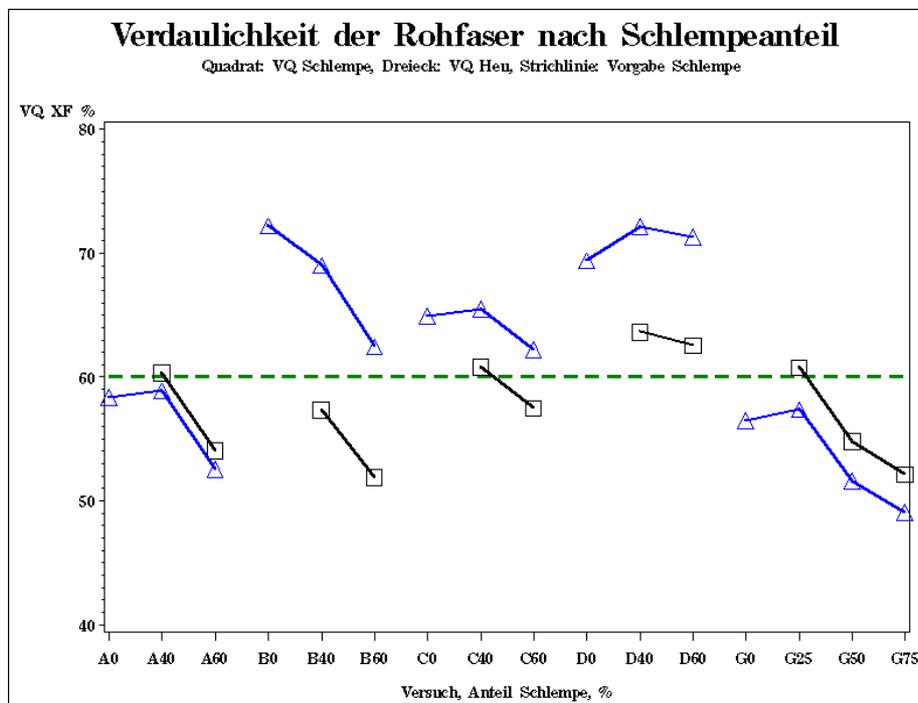


Abbildung 1: VQ Rohfaser von Getreidetrockenschlempe und Beifutter Heu nach Anpassungsrechnung und Vorgabe-VQ in den Versuchsreihen (%)

Bei den niedrigen Schlempeanteilen (40 bzw. 25 %) kommen die angepassten VQ den Vorgabewerten nahe. Bei den höheren Anteilen (60 bzw. 50 und 75 %) ergibt sich ein Absenken der Verdaulichkeiten, entsprechend dem Rechenprinzip sowohl bei Schlempe wie auch bei Heu.

## **2.2 Folgerungen für die Futterbewertung**

Die angepassten Verdaulichkeiten von Rohprotein, Rohfett und NfE liegen beim hier geprüften Datenmaterial den Vorgabewerten sehr nahe und stimmen mit den von Losand u. a. (2007) gefundenen Rohnährstoff-VQ gut überein.

Der Abfall der Verdaulichkeit der Rohfaser in den meisten Versuchen mit höheren Anteilen an Schlempe (ab etwa 50 %) legt nahe, dass unter diesen Bedingungen die Verdauungsvorgänge bzw. die Fermentation im Pansen beeinträchtigt sind. Dies führt zu nicht-additiven Effekten, was die Auswertung solcher Verdauungsversuche erschwert. Da in der Futterbewertung bei der Bestimmung der Verdaubarkeit von einer ungestörten Verdauung auszugehen ist, sollen die VQ vorzugsweise von den Versuchen mit offensichtlich stabilen Verdauungsvorgängen abgeleitet werden, was in den aufgeführten Versuchen bei 40 bzw. 25 % Schlempeanteil am ehesten angenommen werden kann. In diesen Fällen liegen die angepassten VQ der Rohnährstoffe nahe den Vorgabewerten, welche dann für die Getreidetrockenschlempe als Resultat angesehen werden können. Aus der Anpassungsrechnung ergibt sich somit eine Verdaulichkeit der Rohfaser von 60 %, welcher über den von Losand u. a. (2007) ermittelten Werten liegt.

Bei diesem Rohnährstoff tritt die Auswirkung der Auswertungsmethodik sehr deutlich zu Tage, welche in zuständigen Gremien zur Ableitung von Empfehlungen abgeklärt werden sollte.

## **Literatur**

DLG (1997): DLG-Futterwerttabellen – Wiederkäuer, 7. Auflage, Frankfurt a. Main

Losand, B., Preißinger, W., Spiekers, H., Urdl, M. und Gruber, L., 2007: Bestimmung der Verdaulichkeit der Nährstoffe und des Energiegehaltes von Getreidetrockenschlempe aus Weizen und Weizen-Gersten-Gemischen. VDLUFA-Schriftenreihe, Kongressband 2007, in Druck