

Einfluss von Rübenmenge und Rübensorte auf Futteraufnahme und Leistung von Kühen bei unterschiedlicher Grundfutterqualität

L. Gruber, A. Schauer, T. Guggenberger, J. Häusler (Irdning)

1 Einleitung und Literatur

Futterrüben sind durch eine hohe Verdaulichkeit (dOM) und Energiekonzentration (ME) gekennzeichnet. In der DLG-Futterwerttabelle (1997) wird ein Wert von 89 % dOM und 11,96 MJ ME/kg TM angegeben. Eine Literaturübersicht mit 35 Quellen (11 Tabellenwerke, 24 Einzelpublikationen) ergab im Durchschnitt 89,6 % dOM und 12,35 MJ ME/kg TM (Gruber 1994). Die Energiekonzentration wird durch Verschmutzung (erkennbar am Gehalt an Rohasche) deutlich vermindert (Gruber 1994). Bezogen auf Trockenmasse (TM) ergab die Literatursauswertung keine signifikanten Unterschiede zwischen Massen-, Mittel- und Gehaltsrüben hinsichtlich dOM und ME (Einteilung entsprechend dem TM-Gehalt nach Kirchgeßner et al. 1977: Massenrüben 8 – 13 % TM, Mittelrüben 13 – 16 % TM, Gehaltsrüben 16 – 19 % TM). Bezogen auf organische Masse (OM) geht die Energiekonzentration allerdings mit steigendem TM-Gehalt zurück., da Gehaltsrüben tiefer in der Erde sitzen und damit stärker verschmutzt sind. Futterrüben sind somit auf Grund ihrer hohen Verdaulichkeit und Energiekonzentration als Kraftfutter einzustufen. Dies geht auch aus *in situ*-Untersuchungen hervor, die besonders hohe Abbaubarkeiten und Abbauraten der Nährstoffe von Futterrüben (TM, OM, Kohlenhydrate) ausweisen (Sabri et al. 1988, Gruber et al. 2005).

Aus vielen Untersuchungen ist abzuleiten, dass Futterrüben zu einer signifikanten Erhöhung der Futteraufnahme und tendenziell auch der Milchleistung führen (siehe Literaturübersicht bei Gruber 1994). Dies ist jedoch vor allem auf die Tatsache zurückzuführen, dass die meisten Versuchsansteller in den Versuchsgruppen mit Rüben einen höheren Kraftfutteranteil und damit eine höhere Energiekonzentration erzielten, da (1) Futterrüben nicht als „Kraftfutter“ definiert waren und (2) Futterrüben im Austausch gegen Maissilage geprüft wurde. Unter Konstanzhaltung der Energiekonzentration ergab die statistische Auswertung der Literaturdaten (15 Versuche mit 51 Datensätzen) eine identische Futteraufnahme in den Kontroll- und Rübengruppen (15,4 kg TM bzw. 129 g TM/kg LM^{0,75}). Daraus wurde der Schluss gezogen, dass die bei Futterrüben häufig festgestellte höhere Futteraufnahme ausschließlich auf die höhere Verdaulichkeit und Energiekonzentration zurückzuführen ist und nicht auf einen „rübenspezifischen“ Effekt, also mit der physikalischen Regulation der Futteraufnahme zu erklären ist (Conrad et al. 1964, Mertens 1994, Jung & Allen 1995, Gruber et al. 2004).

Die statistische Auswertung der Literaturdaten hat allerdings auch gezeigt, dass die Milchleistung in den Rübengruppen gegenüber den Kontrollgruppen signifikant niedriger war (17,1 vs. 18,9 kg). Dies wurde dahingehend interpretiert, dass die Energiekonzentration der Futterrüben in Wirklichkeit niedriger ist, als sich bei der Errechnung aus den Energie-Schätzgleichungen ergibt (DLG 1991). Diese statistische Analyse wird durch die in Respirationsversuchen bei Milchkühen mit Futterrüben ermittelten Ergebnisse bestätigt, die eine signifikant schlechtere Verwertung der ME für die Milchproduktion (k_f) ergaben (Kirchgeßner et al. 1994, Müller et al. 1994). Die Autoren begründeten dies damit, dass größere Mengen an Saccharose in den Vormägen der Wiederkäuer schlecht verwertet werden können.

Die zusammenfassende Auswertung der Literaturdaten ergab weiters, dass die Verdrängung des Grundfutters durch Futterrüben mit steigender Energiekonzentration des Grundfutters zunahm (Gruber 1994). Demnach ist bei einem NEL-Gehalt von 4,0 MJ mit einer Verdrängung des Grundfutters im Ausmaß von 0,49 kg TM zu rechnen, bei 6,5 MJ NEL ist dagegen eine Verdrängung von 0,80 kg TM zu erwarten. Dieser Effekt ist vor allem über die physiologische Regulation der Futteraufnahme zu erklären (Conrad et al. 1964, Faverdin et al. 1991, Mertens 1994, Forbes 1995, Gruber et al. 2004, Gruber 2007). Bei hoher Energiekonzentration (d.h. unter *ad libitum*-Verhältnissen auch hohe Energieversorgung) regulieren die Tiere ihre Futteraufnahme vorwiegend entsprechend ihrem Energiebedarf, um die Energiebilanz weitgehend ausgeglichen zu gestalten (Wangsness & Muller 1981).

Unter diesen Gesichtspunkten wurde ein Fütterungsversuch mit Milchkühen angelegt, um den Einfluss unterschiedlicher Rübenmengen auf Futteraufnahme und Milchleistung in Abhängigkeit von der Qualität des Grundfutters (und auch der Rübensorte) zu prüfen.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsplan

Der Fütterungsversuch wurde nach einem drei-faktoriellen Design ($2 \times 4 \times 2$) mit den Versuchsfaktoren *Grundfutterqualität*, *Rübenmenge* und *Rübensorte* nach der Methode des lateinischen Quadrates durchgeführt. Die einzelnen Versuchsfaktoren wiesen folgende Stufen auf:

Grundfutterqualität: *niedrig* (N), *hoch* (H)

Die Energiekonzentration des Wiesenfutters (Grassilage und Heu) wurde über unterschiedliche Schnittzeitpunkte differenziert und die der Maisilage durch unterschiedlichen Kolbenanteil des Silomaises (siehe Gruber et al. 1995).

Rübenmenge: 0, 2, 4 und 6 kg TM Futterrübe pro Tag

Rübensorte: *Massenrübe* (Eckdobarres, E), *Gehaltsrübe* (Kyros, K)

Die insgesamt 16 Versuchsuntergruppen sind in Tabelle 1 angeführt.

Tabelle 1: Versuchsplan

Grundfutter- qualität	Rübenmenge Rübensorte	0	2	4	6
Niedrig	Eckdobarres	NE0	NE2	NE4	NE6
	Kyros	NK0	NK2	NK4	NK6
Hoch	Eckdobarres	HE0	HE2	HE4	HE6
	Kyros	HK0	HK2	HK4	HK6

2.2 Versuchstiere und Versuchsanordnung

Der Versuch wurde in Form von zwei von einander unabhängigen lateinischen Quadraten durchgeführt (je ein Quadrat pro Grundfutterqualität), mit 8 Tieren pro Quadrat (N = 16). Innerhalb eines Quadrates (d.h. innerhalb einer Grundfutterqualität) wurden die 4 Rübenmengen entsprechend dem Versuchsplan in jeweils 4 Perioden variiert (Periodendauer 3 Wochen, davon 2 Wochen für Versuchsauswertung). Von den 2 Tieren pro Rübenmenge erhielt eine Kuh die Sorte Eckdobarres, die andere die Sorte Kyros (alternierend je Periode). Aus Tabelle 2 geht hervor, welche Kuh in welcher Periode einer bestimmten Behandlung zugeordnet war.

Tabelle 2: Zuteilung der Kühe zu den Versuchsgruppen in den 4 Perioden

Gruppe N	NE0	NK0	NE2	NK2	NE4	NK4	NE6	NK6
Periode 1	11	12	13	14	15	16	17	18
Periode 2	18	17	12	11	14	13	16	15
Periode 3	15	16	17	18	11	12	13	14
Periode 4	14	13	16	15	18	17	12	11
Gruppe H	HE0	HK0	HE2	HK2	HE4	HK4	HE6	HK6
Periode 1	21	22	23	24	25	26	27	28
Periode 2	28	27	22	21	24	23	26	25
Periode 3	25	26	27	28	21	22	23	24
Periode 4	24	23	26	25	28	27	22	21

Beiden lateinischen Quadraten (Grundfutterqualitäten) wurden möglichst gleichwertige Tiere zugeordnet (Rasse, Milchleistung, Laktationszahl, Laktationsstadium, Lebendmasse, Futteraufnahme). Die Milchleistung und Futteraufnahme wurde in einer Vorperiode vor Versuchsbeginn unter für alle Tiere gleichen Bedingungen erhoben. Die Kriterien der Versuchstiere sind in Tabelle 3 angeführt. Im Versuch wurden die Rassen Brown Swiss (BS), Holstein Friesian (HF) und Fleckvieh (FV) mit je 8, 4 bzw. 4 Tieren eingesetzt.

Tabelle 3: Kriterien der Kühe zu Versuchsbeginn (Vorlaktation¹, Vorperiode²)

Kuh	Rasse	Laktationszahl ¹⁾		Laktationsleistung (ECM) ¹⁾				Laktationstage ²⁾				Grundfutter ²⁾	Futterrübe ²⁾	Kraffutter ²⁾	Gesamtfutter ²⁾	Lebendmasse ²⁾
		n	kg	n	kg	%	%	kg	kg TM							
Niedrige Grundfutterqualität (Quadrat 1)																
11	BS	2	5.794	53	26,2	5,02	3,02	28,6	11,7	0,7	5,2	17,6	630			
12	BS	1	6.052	85	17,7	4,73	3,13	18,8	12,4	1,1	1,6	15,1	615			
13	BS	2	5.631	99	24,4	4,23	3,02	24,3	12,4	2,4	4,4	19,2	605			
14	BS	6	6.388	81	27,9	4,21	2,95	27,6	11,8	2,7	4,0	18,5	610			
15	HF	4	6.848	126	32,7	4,04	2,83	31,5	10,9	2,8	7,0	20,7	575			
16	HF	9	6.857	118	23,8	4,28	3,08	24,0	12,8	1,6	3,5	17,9	605			
17	FV	1	3.297	195	15,1	4,80	3,59	16,6	11,9	1,7	1,2	14,8	645			
18	FV	2	6.211	232	12,9	4,73	3,68	14,2	12,3	3,0	1,7	17,0	645			
Mittelwert		3,4	5.885	124	22,6	4,51	3,16	23,2	12,0	2,0	3,6	17,6	616			
± s		2,8	1.135	54	6,6	0,29	0,30	5,7	0,6	0,7	1,9	2,0	23			
Hohe Grundfutterqualität (Quadrat 2)																
21	BS	2	4.875	108	25,5	4,82	3,14	27,4	12,4	2,8	3,7	18,9	565			
22	BS	3	7.810	88	16,1	4,79	3,44	17,6	12,8	2,5	1,6	16,9	715			
23	BS	1	7.557	59	22,3	4,43	3,16	23,0	11,0	2,9	3,3	17,2	600			
24	BS	6	7.656	134	19,4	4,59	3,52	20,8	10,6	3,0	3,0	16,6	665			
25	HF	3	8.324	130	28,7	4,74	3,02	30,4	12,3	2,4	5,7	20,4	600			
26	HF	3	8.226	148	28,9	4,80	3,09	30,9	11,8	3,0	5,6	20,4	590			
27	FV	8	5.185	82	23,0	4,51	2,86	23,5	10,8	2,4	4,7	17,9	710			
28	FV	1	6.159	158	12,9	4,49	3,40	13,6	10,4	1,9	0,0	12,3	560			
Mittelwert		3,4	6.974	113	22,1	4,65	3,20	23,4	11,5	2,6	3,5	17,6	626			
± s		2,4	1.083	35	5,6	0,14	0,23	5,9	0,9	0,4	2,0	2,5	57			
Alle Versuchstiere (N = 16)																
Mittelwert		3,4	6.429	119	22,3	4,58	3,18	23,3	11,8	2,3	3,5	17,6	621			
± s		2,6	1.340	48	6,1	0,28	0,26	5,9	0,8	0,7	1,9	2,2	46			
Min		1	3.297	53	12,9	4,04	2,83	13,6	10,4	0,7	0,0	12,3	560			
Max		9	8.324	232	32,7	5,02	3,68	31,5	12,8	3,0	7,0	20,7	715			

Im Durchschnitt betrug die Laktationszahl $3,4 \pm 2,6$ und das Laktationsstadium 119 ± 48 Tage. In der Versuchsvorperiode von der Dauer einer Woche war die Milchleistung in den Grundfutterstufen N und H $23,2 \pm 5,7$ bzw. $23,4 \pm 5,9$ kg ECM und die Gesamtfutteraufnahme $17,6 \pm 2,0$ bzw. $17,6 \pm 2,5$ kg ECM. Auch die Lebendmasse unterschied sich zwischen N und H kaum hinsichtlich Mittelwert und auch Standardabweichung (616 ± 23 bzw. 626 ± 57 kg). Somit ist eine Grundvoraussetzung für eine gemeinsame Auswertung beider lateinischer Quadrate in einem mehrfaktoriellen Versuchsschema erfüllt. In der Versuchsvorperiode erhielten die Kühe 3 kg TM Futterrüben und Kraffutter nach Leistung, d.h. ab 15 kg Milchleistung 0,4 kg KF pro kg Milch.

2.3 Versuchsrationen, Fütterung und Erhebung der Produktionsdaten

Abgesehen vom Versuchsfaktor *Futterrüben* wurde die Ration weitgehend konstant gehalten, und zwar im Hinblick auf Grundfütterzusammensetzung, Kraftfutteranteil (KF), Protein/Energie-Verhältnis (XP/ME) und Mineralstoffversorgung.

Die Grundfütterration setzte sich zu je einem Drittel aus Heu, Grassilage und Maissilage zusammen (auf TM-Basis). Die Kraftfuttermenge (außer Futterrüben) wurde während der gesamten Versuchsdauer mit 2 kg TM konstant gehalten. Um in allen Versuchsgruppen ein ähnliches XP/ME-Verhältnis zu erreichen, wurde allerdings innerhalb der Kraftfuttermenge von 2 kg TM die Menge des Protein-Kraftfutters (PKF) in den Rübenstufen 0, 2, 4 und 6 kg TM mit 0.80, 1.20, 1.60 und 2.00 kg TM festgelegt und dementsprechend die Menge des Energie-Kraftfutters (EKF) von 1.20 auf 0.80, 0.40 und 0.00 kg TM reduziert. Das EKF bestand zu 100 % aus Trockenschnitzeln und das PKF aus 50 % Rapsextraktionsschrot sowie 50 % Sonnenblumenextraktionsschrot.

Durch die Versuchsanstellung ergeben sich aus den einzelnen Rationskomponenten außerdem recht unterschiedliche Mengen an Mineralstoffen. So wird die Phosphoraufnahme ganz besonders über die Eiweißfuttermittel (PKF) und die Natriumaufnahme durch die Futterrüben erhöht. Beide Aspekte wurden in den jeweiligen Versuchsgruppen durch entsprechende Mineralstoffgaben berücksichtigt. In den Rübenstufen 0, 2, 4 und 6 kg TM wurde kohlensaurer Futterkalk (CaCO_3) in der Höhe von 0, 25, 50 bzw. 75 g pro Tag verabreicht und 75, 50, 25 bzw. 0 g einer phosphorreichen Mineralstoffmischung (10 % Ca, 13.6 % P, 3 % Mg, 9 % Na) mit dem Ziel, in allen Versuchsgruppen ein ähnliches Ca/P-Verhältnis zu erreichen. Die Mineralstoffmischung enthielt keine Wirkstoffe, diese wurden allen Versuchskühen in gleicher Menge (120 g pro Tag) gesondert angeboten.

Die Futteraufnahme wurde individuell für jedes Tier zu jeder Mahlzeit erhoben, indem von jedem Futtermittel die Ein- und Rückwaage inklusive TM-Gehalt festgestellt wurde. Die Fütterungszeit dauerte 8 Stunden (03:30 – 07:30 Uhr und 14:30 – 18:30 Uhr). Die Futtermittel wurden in der Reihenfolge (1) Kraftfutter inkl. Mineralstoffe, (2) Heu, (3) Futterrübe und (4a) Grassilage morgens bzw. (4b) Maissilage abends angeboten. Die Milchleistung wurde ebenfalls bei jeder Melkung (04:00 und 16:00 Uhr) erhoben (mittels Tru-Test von Westfalia). Die Milchanalyse erfolgte mit einem MilcoScan MSC-605, Foss Electric) aus einer Sammelprobe pro Tag. Die Kühe wurden ein Mal pro Woche um die gleiche Tageszeit (14:00 Uhr) gewogen.

2.4 Futteranalysen und Futterbewertung

Der Gehalt der Futtermittel an Trockenmasse (TM) wurde täglich durch eine 24-stündige Trocknung bei 104 °C festgestellt. Die bei der Trocknung entstehenden Verluste über flüchtige Substanzen wurden nach den Angaben von Weißbach & Kuhla (1995) korrigiert. Für die chemische Analyse wurden die Proben täglich bei der Morgenfütterung gezogen und zu einer Sammelprobe pro Periode vereinigt. Die chemische Analyse erfolgte nach den Methoden der ALVA (1983) sowie des VDLUFA (1976) mit Tecator-Geräten. Von allen Versuchsfuttermitteln wurde die Verdaulichkeit *in vivo* mit Hammeln nach den Leitlinien der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 1991) für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen festgestellt (14 Tage Vorperiode und 14 Tage Sammelperiode, Futterniveau 1 kg TM Versuchsration pro Tag, 4 Tiere pro Futtermittel). Für die beiden Rübensorten kam die Regressionsmethode zur Anwendung, die übrigen Kraftfutter wurden im Differenzversuch getestet (50 % Versuchsfutter, 50 % Heu).

Die Energiebewertung der einzelnen Futtermittel wurde nach den Gleichungen der GfE (2001) vorgenommen. Die Versorgung mit nutzbarem Rohprotein am Dünndarm (nXP) wurde entsprechend den Angaben der GfE (2001) – unter Berücksichtigung des in den DLG-Futterwerttabellen (DLG 1997) angegebenen UDP-Anteils der eingesetzten Futtermittel – kalkuliert.

2.5 Statistische Auswertung

Die Daten wurden mit dem Programm SAS (1999) nach der Procedure GLM statistisch ausgewertet. In das Modell wurden die fixen Effekte *Rübenmenge*, *Grundfutterqualität*, *Rübensorte* und *Periode* sowie die Wechselwirkungen *Rübenmenge* × *Grundfutterqualität* und *Rübenmenge* × *Rübensorte* aufgenommen. Der zufällige Effekt *Tier* wurde *innerhalb Grundfutterqualität* berücksichtigt, da in den beiden lateinischen Quadraten für die Grundfutterqualität verschiedene Tiere zum Einsatz kamen (siehe Abschnitt 2.2 – Versuchstiere und Versuchsanordnung). Die paarweisen Mittelwertsvergleiche wurden nach Test von Tukey ($P \leq 0,05$) durchgeführt.

$$y_{ijklm} = RM_i + GF_j + RS_k + P_l + (RM \times GF)_{ij} + (RM \times RS)_{ik} + T_m(GF)_j + e_{ijklm}$$

RM_i = fixer Effekt der Rübenmenge i , $i = 0, 2, 4, 6$
 GF_j = fixer Effekt der Grundfutterqualität j , $j = N, H$
 RS_k = fixer Effekt der Rübensorte k , $k = E, K$
 P_l = fixer Effekt der Periode l , $l = 1, 2, 3, 4$
 $(RM \times GF)_{ij}$ = Interaktion Rübenmenge i × Grundfutterqualität j
 $(RM \times RS)_{ik}$ = Interaktion Rübenmenge i × Rübensorte k
 $T_m(GF)_j$ = zufälliger Effekt des Tieres m innerhalb GF-Qualität j , $m = 1, 2, \dots, 15, 16$
 e_{ijklm} = Restkomponente

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Nährstoffgehalt der Futtermittel

Der Gehalt der Futtermittel an Inhaltsstoffen ist in Tabelle 4 angeführt. Entsprechend dem Versuchsplan waren die wertbestimmenden Kriterien von Heu, Gras- und Maissilage in den Grundfutterstufen niedrig (N) und hoch (H) deutlich differenziert. Die Verdaulichkeit der OM des Heus betrug 58,0 und 69,3 %, die der Grassilage 59,5 und 74,9 % sowie die der Maissilage 70,7 und 72,7 %. Dementsprechend unterschieden sich auch die Energiekonzentration (4,62 und 5,51 MJ, 4,55 und 6,34 MJ sowie 6,17 und 6,43 MJ NEL) und der Gehalt an Gerüstsubstanzen (560 und 497 g, 499 und 407 sowie 476 und 434 g NDF/kg TM). Nähere Angaben zur Produktion dieser Grundfutter finden sich bei Gruber et al. (1995). Der Proteingehalt (XP) des EKF und PKF machte 119 bzw. 399 g/kg TM aus, der Gehalt an nXP 161 bzw. 241 g/kg TM. Daraus resultiert eine ruminale N-Bilanz (RNB) von -6,7 bzw. 25,3 g/kg TM.

Massen- und Gehaltsrüben (E, K) unterschieden sich vor allem im Gehalt an Trockenmasse (135 und 170 g/kg FM). Bezogen auf TM sind Gehaltsrüben niedriger an Protein (94 und 69 g XP/kg TM), Rohfaser (69 und 60 g XF/kg TM), Rohasche (92 und 77 g XA/kg TM) sowie den meisten Mineralstoffen. Dagegen sind Verdaulichkeit und Energiekonzentration bei Gehaltsrüben tendenziell höher (91,8 und 92,1 % dOM, 7,96 und 8,11 MJ NEL/kg TM), was auf den höheren Gehalt an N-freien Extraktstoffen (XX) bzw. Nichtfaser-Kohlenhydraten (667 und 721 g NFC/kg TM) zurückzuführen ist. Diese Unterschiede zwischen Massen- und Gehaltsrüben gehen auch aus der Literaturübersicht von Gruber (1994) hervor und sind auf die verstärkte Einlagerung von Zucker bzw. NFC im Rübenkörper auf Kosten der anderen Inhaltsstoffe zurückzuführen. Der geringere Rohasche-Gehalt der Gehaltsrüben ist durch den unterschiedlichen Sitz der Rübenkörper im Boden zu erklären. Die walzenförmigen Massenrüben sitzen tiefer im Boden als die kegelförmigen Gehaltsrüben und sind dadurch stärker verschmutzt.

In Abbildung 1 ist die Verdaulichkeit der Nährstoffe der Rationen in Abhängigkeit vom Rübenanteil im Verdauungsversuch mit Hammeln nach der Regressionsmethode dargestellt. Die Unterschiede zwischen den Rübensorten sind sehr gering. Bei einigen Nährstoffen treten signifikant quadratische Effekte mit steigendem Rübenanteil auf, was auf negativ-assoziative Wechselwirkungen zwischen Grundfutter und Rüben (d.h. Kraftfutter) bei hohen Kraftfutteranteilen schließen lässt. Diese negativen Effekte sind vor allem darauf zurückzuführen, dass hohe Kraftfutteranteile den pH-Wert im Pansen senken und die Aktivität der zellulolytischen Mikroben beeinträchtigen (Orskov 1986, INRA 1989). Hinsichtlich der Toleranz gegenüber einem hohen Säuregrad bestehen deutliche individuelle Unterschiede, was an der größeren Streuung der Verdaulichkeitswerte bei den Faserparametern (XF, NDF) gegenüber den Nichtfaser-Kohlenhydraten (XX und NFC) zu sehen ist.

Tabelle 4: Gehalt der Versuchsfuttermittel an Inhaltsstoffen

	Heu		Grassilage		Maissilage		Kraftfutter		Futterrübe	
	N	H	N	H	N	H	EKF	PKF	E	K
Weender Nährstoffe ¹⁾										
TM	892	875	298	374	300	341	858	876	135	170
XP	117	141	116	155	72	77	119	399	94	69
XL	19	24	31	37	27	30	6	38	3	2
XF	292	260	291	237	218	197	169	195	69	60
XX	504	466	432	479	643	658	640	293	743	792
XA	68	108	130	92	39	38	65	75	92	77
Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydrate ²⁾										
NDF	560	497	499	407	476	434	333	280	144	131
ADF	332	301	327	279	246	218	195	221	83	70
ADL	39	36	41	29	23	20	15	77	6	4
NFC	236	230	224	309	386	421	477	208	667	721
Verdaulichkeit und Energie ³⁾										
dOM	58,0	69,3	59,5	74,9	70,7	72,7	86,0	75,4	91,8	92,1
ME	8,11	9,34	7,95	10,55	10,33	10,69	11,94	11,66	12,41	12,60
NEL	4,62	5,51	4,55	6,34	6,17	6,43	7,46	7,03	7,96	8,11
Protein (nach GfE 2001) ⁴⁾										
UDP	20,3	18,6	15,0	15,0	25,0	25,0	45,0	30,6	20,0	20,0
nXP	110	127	105	139	124	129	161	241	150	147
RNB	1,07	2,38	1,82	2,52	-8,4	-8,3	-6,7	25,3	-9,1	-12,5
Mineralstoffe ⁵⁾										
Ca	7,2	7,1	7,4	6,6	2,4	2,6	6,9	5,3	1,5	1,4
P	1,8	3,4	2,6	3,2	2,2	2,3	0,7	13,0	2,1	1,4
Mg	2,6	3,3	3,3	3,9	2,5	2,2	3,8	5,3	1,7	1,6
K	14,7	22,3	15,3	23,4	9,3	8,9	6,7	14,6	20,5	11,8
Na	0,17	0,41	0,48	0,52	0,05	0,07	1,99	0,59	4,0	2,2
Spurenelemente ⁶⁾										
Mn	135	102	143	61	18	16	65	49	45	48
Zn	34	34	43	32	17	29	31	93	80	32
Cu	8,8	11,2	12,2	11,5	5,7	5,2	7,4	21,1	10,6	9,6

¹⁾ TM: Trockenmasse (g/kg Frischmasse)

XP, XL, XF, XX, XA: Rohprotein, Rohfett, Rohfaser, N-freie Extraktstoffe (g/kg TM)

²⁾ NDF, ADF, ADL: Neutrale und Saure Detergentienfaser, Detergentien-Lignin (g/kg TM)
NFC: Nichtfaser-Kohlenhydrate (g/kg TM) [TM – XP – XL – XA – NDF]

³⁾ dOM: Verdaulichkeit der organischen Masse (%)

ME, NEL: Umsetzbare Energie, Nettoenergie Laktation (MJ/kg TM)

⁴⁾ UDP: unabgebautes Futterprotein (% des XP)

nXP: nutzbares Rohprotein am Dünndarm (g/kg TM)

RNB: Ruminale N-Bilanz (g/kg TM)

⁵⁾ Ca, P, Mg, K, Na: Calcium, Phosphor, Magnesium, Kalium, Natrium (g/kg TM)

⁶⁾ Mn, Zn, Cu: Mangan, Zink, Kupfer (mg/kg TM)

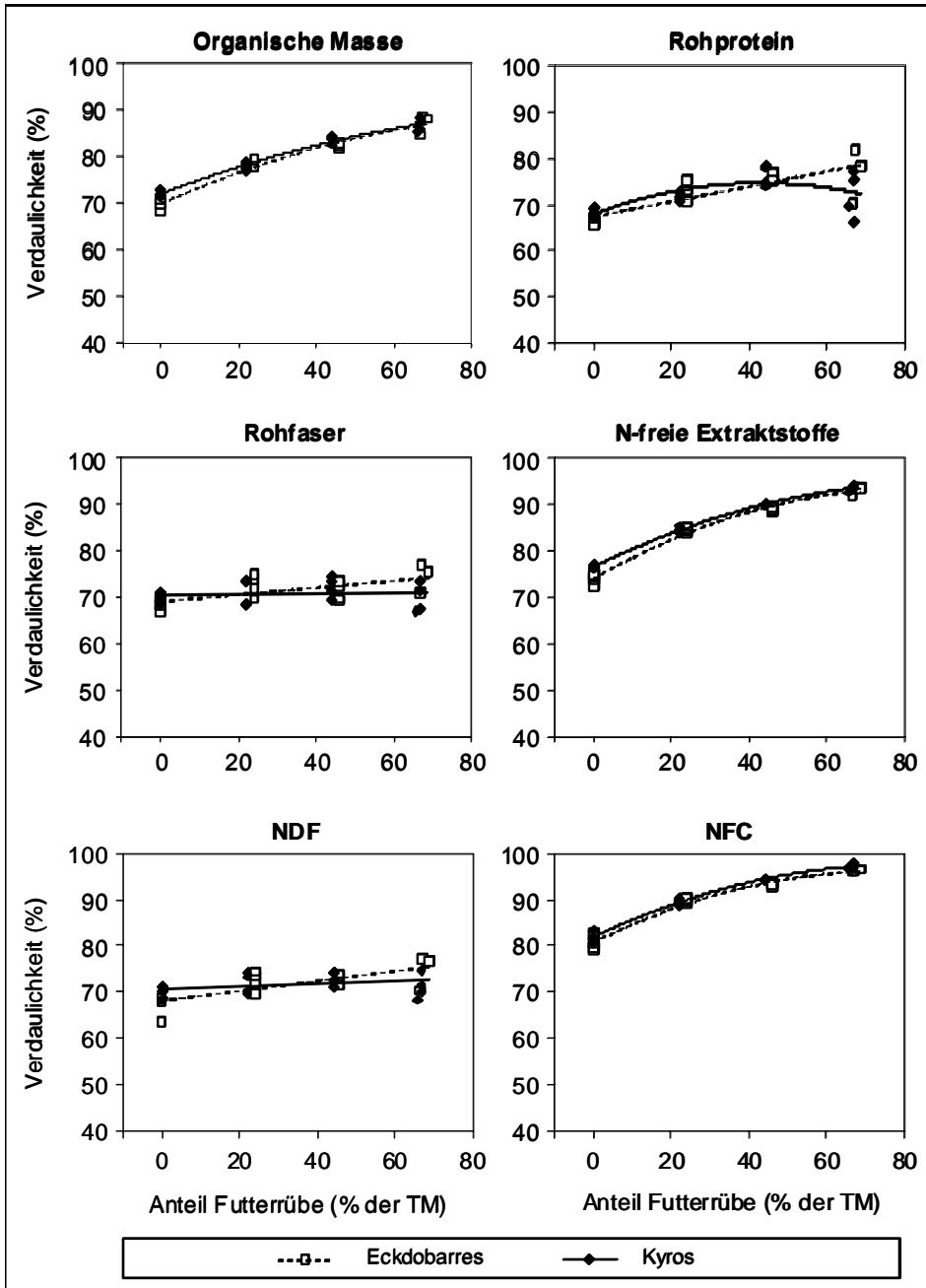


Abbildung 1: Verdaulichkeit der Nährstoffe in Abhängigkeit vom Rübenanteil (Verdaulichkeit *in vivo* bei Hammeln nach Regressionsmethode)

3.2 Ergebnisse des Fütterungsversuchs

3.2.1 Futteraufnahme und Milchleistung

Die Ergebnisse des Fütterungsversuchs sind für die Hauptversuchseffekte in Tabelle 5 und für die Wechselwirkung *Rübenmenge* × *Grundfutterqualität* in Tabelle 6 angeführt.

Der Versuchsfaktor *Rübenmenge* beeinflusste alle Kriterien der Futter- und Nährstoffaufnahme, des Nährstoffgehaltes der Ration sowie der Milchleistung hoch signifikant ($P < 0,05$). Die tatsächliche Aufnahme an Futterrüben betrug in den Gruppen 0, 2, 4 und 6 0,0, 2,0, 3,8 und 5,5 kg TM, d.h. bei ganz hohen Gaben (4 und 6 kg TM) traten bei einigen Kühen Rückwaagen auf. Inklusive Energie- und Protein-Kraftfutter sowie Futterrüben nahmen die Kühe 1,7, 3,7, 5,5 bzw. 7,2 kg TM an Kraftfutter auf. Gleichzeitig damit ging die Grundfutteraufnahme von 13,8 auf 12,9, 11,7 und 10,7 kg TM zurück. Die Gesamtfutteraufnahme stieg von 15,8 auf 16,8, 17,4 bzw. 18,2 kg TM. Die Aufnahme an NDF betrug 11,1, 10,7, 10,3 bzw. 10,0 g/kg LM.

Nach Mertens (1994) können Kühe 12,5 g NDF/kg LM aufnehmen, wenn ihre Futteraufnahme nicht physiologisch (d.h. durch den Energiebedarf) begrenzt ist. In den 4 Rübengruppen war die Energieversorgung (Energieaufnahme minus Energiebedarf) -11,6, -3,4, 2,1 und 9,2 MJ NEL. Somit konnten die Kühe auch bei Energieunterversorgung (Gruppe 0 und 2) das volle, physikalisch mögliche Futteraufnahmepotenzial nicht vollständig ausschöpfen. Allerdings ging die NDF-Aufnahme mit steigendem Energieversorgungsgrad zurück, was die Theorie der Futteraufnahme-Regulation entweder über physikalische (NDF) oder physiologische (NEL) Limitierung nach Mertens (1994) im Prinzip bestätigt. Die durchschnittliche Milchleistung im vorliegenden Versuch lag mit 21,1 kg ECM nur auf mittlerem Niveau, was mit dem genetischen Potenzial der Kühe und vor allem deren Laktationsstadium (151 Tage im Mittel des Versuches) zu erklären ist. Dies stimmt auch mit dem relativ geringen Futteraufnahmeniveau relativ zur metabolischen Lebendmasse überein (125, 132, 138 und 144 g TM/kg LM^{0,75}). Als weiterer Aspekt zur Erklärung der Futteraufnahmeergebnisse dieses Versuches ist die Wirkung des Kraftfutters auf den pH-Wert im Pansen zu diskutieren. Nichtfaser-Kohlenhydrate (NFC) führen zu einem erhöhten Säuregrad im Pansen durch ihre Fermentation zu Propionsäure (mit starker Säurewirkung) sowie zu einer verminderten Speichelbildung (und somit reduzierten Abpufferung der Säure) infolge geringerer Strukturwirkung des Kraftfutters gegenüber Grobfutter (Kaufmann 1976, Orskov 1986). Der Anteil des Kraftfutters an der Gesamtration (GES) machte 11, 22, 32 bzw. 40 % der TM aus und der Gehalt der Ration an Rohfaser betrug 232, 212, 195 und 181 g/kg TM sowie 447, 408, 374 und 346 g NDF/kg TM. Als Grenze der sog. Wiederkäuergerechtigkeit gelten 16 – 18 % Rohfaser (Kaufmann 1976).

Tabelle 5: Ergebnisse des Fütterungsversuches (Haupteffekte)

Versuchsfaktoren		Rübenmenge				GF-Qualität		Rübensorte		RSD	P-Werte			R ²
Faktorstufen		0	2	4	6	N	H	E	K		RM	GF	RS	
Futter- und Nährstoffaufnahme (pro Tag)														
Grundfutter	kg TM	13,83 ^a	12,85 ^b	11,71 ^c	10,73 ^d	11,62	12,94	12,30	12,26	0,76	0,000	0,092	0,837	0,865
Kraftfutter	kg TM	1,73 ^a	3,72 ^b	5,53 ^c	7,23 ^d	4,59	4,52	4,45	4,66	0,42	0,000	0,559	0,061	0,962
davon Rübe	kg TM	0,00 ^a	1,99 ^b	3,79 ^c	5,48 ^d	2,85	2,78	2,71	2,91	0,42	0,000	0,559	0,061	0,961
Gesamtfutter	kg TM	15,75 ^a	16,76 ^b	17,44 ^{bc}	18,16 ^c	16,40	17,66	16,95	17,11	0,82	0,000	0,111	0,435	0,825
NDF	g/kg LM	11,10 ^a	10,74 ^a	10,31 ^b	9,95 ^b	10,85	10,21	10,55	10,51	0,42	0,000	0,358	0,726	0,920
Protein	g nXP	2119 ^a	2312 ^b	2460 ^c	2622 ^d	2188 ^a	2569 ^b	2369	2387	118	0,000	0,001	0,550	0,886
Energie	MJ NEL	92,7 ^a	102,7 ^b	110,5 ^c	118,5 ^d	97,8 ^a	114,4 ^b	105,2	107,0	5,7	0,000	0,002	0,196	0,881
Rationskriterien und Nährstoffgehalt (in der TM)														
Heuanteil	% GF	25,7	25,3	25,4	27,0	22,9 ^a	28,8 ^b	25,9	25,8	3,6	0,567	0,000	0,868	0,525
Grassilageanteil	% GF	32,7	32,5	31,4	31,2	27,6 ^a	36,2 ^b	31,9	32,0	5,5	0,830	0,000	0,978	0,427
Kraftfutteranteil	% GES	11,1 ^a	22,4 ^b	32,0 ^c	40,2 ^d	27,3	25,5	26,0	26,8	2,6	0,000	0,148	0,279	0,947
EKF-Anteil	% KF	59,6 ^a	18,4 ^b	6,2 ^c	0,0 ^d	21,0	21,1	21,1	21,1	0,3	0,000	0,810	0,919	0,999
PKF-Anteil	% KF	40,4 ^c	28,2 ^b	25,5 ^a	24,7 ^a	29,6	29,8	30,1	29,3	2,2	0,000	0,651	0,134	0,896
Rohfasergehalt	g/kg TM	232 ^a	212 ^b	195 ^c	181 ^d	213 ^a	197 ^b	206 ^a	204 ^b	5	0,000	0,001	0,031	0,947
NDF-Gehalt	g/kg TM	447 ^a	408 ^b	374 ^c	346 ^d	413 ^a	375 ^b	396 ^a	392 ^b	7	0,000	0,000	0,015	0,973
ME-Gehalt	MJ/kg TM	9,84 ^a	10,15 ^b	10,43 ^c	10,66 ^d	9,89	10,65	10,25	10,30	0,12	0,000	0,919	0,086	0,949
XP/ME-Verhältnis	g/MJ	12,37 ^a	12,15 ^{ab}	11,99 ^b	12,01 ^b	11,58 ^a	12,68 ^b	12,37 ^a	11,89 ^b	0,33	0,008	0,000	0,000	0,835
Milchleistung (pro Tag)														
Milchmenge	kg	18,99 ^a	19,40 ^{ab}	19,81 ^b	20,04 ^b	18,29	20,83	19,77	19,35	0,84	0,006	0,247	0,054	0,962
Milchfett	%	4,69 ^{ab}	4,68 ^a	4,80 ^{ab}	4,80 ^b	4,58 ^a	4,90 ^b	4,76	4,73	0,13	0,009	0,017	0,341	0,855
Milchprotein	%	3,24 ^a	3,32 ^b	3,37 ^{bc}	3,42 ^c	3,24	3,44	3,34	3,33	0,08	0,000	0,237	0,468	0,950
Milchlaktose	%	4,77 ^{ab}	4,81 ^a	4,76 ^{ab}	4,73 ^b	4,74	4,80	4,76	4,78	0,07	0,043	0,616	0,220	0,919
Milchmenge (ECM)	kg	20,18 ^a	20,73 ^{ab}	21,49 ^{bc}	21,81 ^c	19,08	23,03	21,30 ^a	20,81 ^b	0,89	0,000	0,075	0,033	0,962
Lebendmasse	kg	638	639	638	636	623	653	639	636	10	0,817	0,272	0,186	0,970

Tabelle 6: Ergebnisse des Fütterungsversuches (Wechselwirkung Rübenmenge × Grundfutterqualität)

Grundfutterqualität		Grundfutterqualität Niedrig				Grundfutterqualität Hoch				P-Werte	
Rübenmenge		0	2	4	6	0	2	4	6	RM×GF	RM×RS
Futter- und Nährstoffaufnahme (pro Tag)											
Grundfutter	kg TM	12,93	12,24	11,20	10,12	14,73	13,46	12,23	11,34	0,533	0,818
Kraftfutter	kg TM	1,73	3,73	5,55	7,34	1,73	3,71	5,52	7,13	0,864	0,124
davon Rübe	kg TM	0,00	1,99	3,80	5,59	0,00	1,98	3,78	5,37	0,864	0,123
Gesamtfutter	kg TM	14,86	16,16	16,94	17,66	16,65	17,37	17,95	18,66	0,488	0,596
NDF	g/kg LM	11,34	11,11	10,70	10,24	10,87	10,37	9,93	9,67	0,714	0,692
Protein	g nXP	1875	2120	2294	2461	2362	2504	2626	2783	0,199	0,592
Energie	MJ NEL	82,1	94,1	103,4	111,7	103,3	111,2	117,7	125,3	0,243	0,501
Rationskriterien und Nährstoffgehalt (in der TM)											
Heuanteil	% GF	23,5	22,3	22,2	23,6	27,9	28,4	28,7	30,4	0,792	0,978
Grassilageanteil	% GF	27,4	29,3	26,9	26,9	38,0	35,7	35,9	35,4	0,754	0,917
Kraftfutteranteil	% GES	11,7	23,2	32,8	41,5	10,5	21,6	31,1	38,8	0,855	0,463
EKF-Anteil	% KF	59,6	18,4	6,2	0,0	59,6	18,4	6,3	0,0	0,994	0,983
PKF-Anteil	% KF	40,4	28,2	25,5	24,3	40,4	28,3	25,5	25,1	0,945	0,053
Rohfasergehalt	g/kg TM	243	222	201	186	221	203	188	176	0,011	0,311
NDF-Gehalt	g/kg TM	473	428	391	359	422	388	357	333	0,000	0,172
ME-Gehalt	MJ/kg TM	9,36	9,74	10,10	10,38	10,33	10,57	10,76	10,95	0,000	0,531
XP/ME-Verhältnis	g/MJ	11,70	11,62	11,46	11,53	13,04	12,67	12,51	12,49	0,388	0,040
Milchleistung (pro Tag)											
Milchmenge	kg	17,51	18,21	18,48	18,96	20,47	20,59	21,14	21,13	0,572	0,094
Milchfett	%	4,53	4,53	4,66	4,60	4,84	4,83	4,94	5,00	0,608	0,346
Milchprotein	%	3,12	3,20	3,30	3,33	3,36	3,44	3,44	3,50	0,185	0,969
Milchlaktose	%	4,73	4,77	4,74	4,71	4,82	4,85	4,78	4,76	0,706	0,081
Milchmenge (ECM)	kg	18,00	18,84	19,50	19,96	22,36	22,62	23,48	23,65	0,719	0,114
Lebendmasse	kg	623	625	621	621	652	653	654	651	0,892	0,933

Nach den in den USA gültigen Richtlinien (NRC 2001) wird allerdings die Wiederkäuergerechtigkeit erst bei 25 – 33 % NDF (je nach NDF-Anteil aus dem Grobfutter) unterschritten. Wenn auch demnach theoretisch die Ration sogar in Rübengruppe 6 noch als wiederkäuergerecht einzustufen ist, kann dennoch davon ausgegangen werden, dass der pH-Wert mit steigenden Kraftfutteranteilen zurückgegangen ist und somit die Fermentation des Grundfutters und damit auch die Gesamtfuttermaufnahme zu einem gewissen Grad negativ beeinflusst hat. Die Versorgung der Pansenmikroben mit abbaubarem Stickstoff (N) wirkte nicht limitierend auf die Futtermaufnahme und war durch steigende Anteile des PKF in allen 4 Rübengruppen etwa gleich. So betrug das XP/ME-Verhältnis etwa 12,1 g/MJ und das Verhältnis RDP/ME 8,8 g/MJ. Bei einer mikrobiellen Proteinsynthese (MP) im Ausmaß von 10,0 – 10,5 g MP/MJ ME (GfE 2001) ergibt sich zwar eine leicht negative ruminale N-Bilanz (RNB), die jedoch über den rumino-hepatischen N-Kreislauf wettgemacht werden kann (GfE 2001). Nach Van Soest (1994) ist erst ab einem Proteingehalt von < 7 % ein Rückgang der Futtermaufnahme als Folge eines N-Mangels der Pansenmikroben zu erwarten. Die RNB (nach GfE 2001) belief sich auf -1.9, -2.3, -2.5 bzw. -2.6 g/kg TM.

Die Milchleistung stieg durch Futterrüben von 19.0 auf 19.4, 19.8 bzw. 20.0 kg zwar signifikant an, diese Steigerung entsprach aber keineswegs der von der Energieversorgung her theoretisch möglichen Milchleistung. Dies gilt auch, wenn man die durch Futterrüben erhöhten Gehalte an Milchinhaltsstoffen in Rechnung stellt. Die energiekorrigierte Milchleistung (ECM) betrug somit 20.2, 20.7, 21.5 bzw. 21.8 kg. Folgende drei Gründe sind für die nicht der Energieversorgung entsprechende Milchleistung anzuführen. (1) Das genetische Potenzial der Versuchstiere reichte nicht aus, um die mit dem Futter aufgenommene Energiemenge in Milch umzusetzen. (2) Die Versuchsdauer mit einer Periodenlänge von nur 3 Wochen als Folge der Versuchsdesigns in Form des lateinischen Quadrates war zu kurz, um eine vollständige Response der Kühe auf die veränderte Energieversorgung zu ermöglichen. In einer zusammenfassenden Auswertung zahlreicher Fütterungsversuche mit unterschiedlichen Kraftfutterniveaus stellte Gruber (2007) fest, dass die Steigerung der Milchleistung neben der Energiebilanz auch stark von der Versuchsdauer abhängt. Die Steigerung der Milchleistung machte bei kurzfristigen Versuchen (19 Tage) 0,45 kg ECM pro kg TM Kraftfutter aus, bei mittelfristigen Versuchen (95 Tage) 1,07 kg ECM und bei langfristigen Versuchen (305 Tage) 1,34 kg ECM pro kg TM Kraftfutter. Auf diese Zusammenhänge zwischen Dauer des Kraftfutterregimes und Ausmaß der Response haben auch Coulon & Remond (1991) hingewiesen. (3) Respirationsversuche mit Rübenrationen in Weihenstephan haben gezeigt, dass der NEL-Gehalt von Futterrüben in Wirklichkeit niedriger ist als sich bei Anwendung der GfE-Gleichungen ergibt, der Energiegehalt der Rüben also überschätzt wird. Müller et al. (1994) stellten eine signifikant schlechtere

Verwertung der ME für die Milchproduktion (k_1) fest, was die Autoren mit einer schlechteren Verwertung größerer Mengen an Saccharose in den Vormägen der Wiederkäuer in Verbindung brachten. Durch die steigenden Rübengaben haben sich sowohl der Milchfettgehalt (4.69, 4.68, 4.80, 4.80 %) und ganz besonders auch der Milcheiweißgehalt (3.24, 3.32, 3.37, 3.42 %) signifikant erhöht. Dies wird auch durch die Literaturübersicht von Gruber (1994) unter Heranziehung von 15 Literaturquellen mit 51 Versuchsgruppen bestätigt. Der Fett- und Eiweißgehalt in den Rübengruppen war gegenüber Kontrollgruppen durchschnittlich um 0,06 bzw. 0,08 % erhöht. Dies ist durch veränderte Fermentationsbedingungen, d.h. Säuremuster (Kirchgeßner 1997), und die erhöhte mikrobielle Proteinsynthese (GfE 2001) zu erklären.

Der Versuchsfaktor *Rübensorte* beeinflusste die Futter- und Nährstoffaufnahme sowie den Nährstoffgehalt der Ration nicht signifikant. Die Milch- und ECM-Leistung der Gruppe Gehaltsrübe K waren – wenn auch nur um 0,4 bzw. 0,5 kg – gegenüber der Gruppe Massenrübe E signifikant niedriger, was über den höheren Zuckergehalt und dessen schlechterer Verwertung für die Milchproduktion zu erklären ist (Kirchgeßner et al. 1994, Müller et al. 1994).

Der Versuchsfaktor *Grundfutterqualität* wirkte sich in einer tendenziell höheren Futteraufnahme und signifikant gesteigerten Nährstoffaufnahme aus. So betrug die Grundfutteraufnahme in den Gruppen N und H 11,6 und 12,9 kg TM ($P = 0,09$) und die Energieaufnahme 98 bzw. 114 MJ NEL ($P = 0,002$). Die unterschiedliche Qualität der einzelnen Grundfutter führte auch zu einer Verschiebung der Zusammensetzung der Grundfutterration in Richtung eines höheren Heu- und Grassilage-Anteils auf Kosten der Maissilage. Die höhere Grundfutterqualität bewirkte eine höhere Milchleistung (19,1 und 23,0 kg ECM) und auch Milchinhaltsstoffe, wengleich die Signifikanzgrenze auf Grund höherer Streuungen nicht ganz erreicht wurde. Die große Bedeutung der Grundfutterqualität für die Milcherzeugung geht aus mehreren Untersuchungen an unserem Institut hervor (Gruber et al. 1995 und 2000). Die vergleichsweise geringe Wirkung der Grundfutterqualität auf Futteraufnahme und Milchleistung ist zum Teil auch mit der kurzen Versuchsdauer zu erklären und andererseits mit dem niedrigen Leistungsniveau im vorliegenden Versuch, das – über die physiologische Regulation der Futteraufnahme – die volle Ausprägung der Wirkung einer hohen Grundfutterqualität auf die Futteraufnahme verhindert hat.

Wechselwirkungen zwischen *Rübenmenge und Grundfutterqualität* traten hinsichtlich Futter- und Nährstoffaufnahme sowie Milchleistung nicht auf, ebenso nicht zwischen *Rübenmenge und Rübensorte*, d.h. die untersuchten Versuchsfaktoren wirkten unabhängig von einander. Die Wechselwirkungen hinsichtlich einiger Nährstoffparameter der Gesamtration ergeben sich aus dem Versuchsdesign, nämlich unterschiedlicher Grundfutterqualität in Kombination mit verschiedenen Kraftfutterniveaus.

3.2.2 Grundfutterverdrängung in Abhängigkeit von der Grundfutterqualität

In Abbildung 2 ist die Grundfutteraufnahme in Abhängigkeit von der Rübenmenge und der Grundfutterqualität dargestellt. Die Tiere nahmen in Grundfutterqualität N 12,9, 12,2, 11,2 und 10,1 kg TM Grundfutter auf und in Grundfutterqualität H 14,7, 13,5, 12,2 und 11,3 kg TM. Der P-Wert für die Wechselwirkung *Rübenmenge* \times *Grundfutterqualität* war nicht signifikant ($P = 0,53$). Dennoch ergab die lineare Regression der Grundfutteraufnahme auf die Rübenmenge – zur Ermittlung der Grundfutterverdrängung – innerhalb der beiden Grundfutterqualitätsstufen eine höhere Verdrängung bei hoher Grundfutterqualität (0,50 bzw. 0,65 kg TM in GF-Qualität N und H). Dies bestätigt in der Tendenz den Erwartungswert, dass bei hoher Grundfutterqualität mit einer höheren Verdrängung des Grundfutters zu rechnen ist, und zwar aus der Sicht der physiologischen Regulation der Futteraufnahme (Conrad et al. 1964, Wangsness & Muller 1981, Faverdin et al. 1991, Mertens 1994, Forbes 1995, Gruber et al. 2004, Gruber 2007). Um die Energiebilanz ausgeglichen zu gestalten, müssen Tiere bei Erhöhung der Kraftfutteraufnahme von Grundfutter höherer Energiekonzentration eine größere Menge aus der Ration verdrängen als bei Grundfutter mit niedrigem Energiegehalt. Bei einer Energiekonzentration des Grundfutters von 5,01 bzw. 5,72 MJ NEL haben Gruber et al. (1995) eine Verdrängung des Grundfutters im Ausmaß von 0,23 bzw. 0,33 kg TM ermittelt. Die sehr unterschiedliche Höhe des Verdrängungswertes in beiden Untersuchungen ist ein weiterer Hinweis auf die physiologische Regulation der Futteraufnahme. Im vorliegenden Versuch herrschte mit steigenden Rübenmengen eine positive Energiebilanz vor, während bei Gruber et al. (1995) in 2 von 3 Versuchsgruppen eine negative Energiebilanz vorlag.

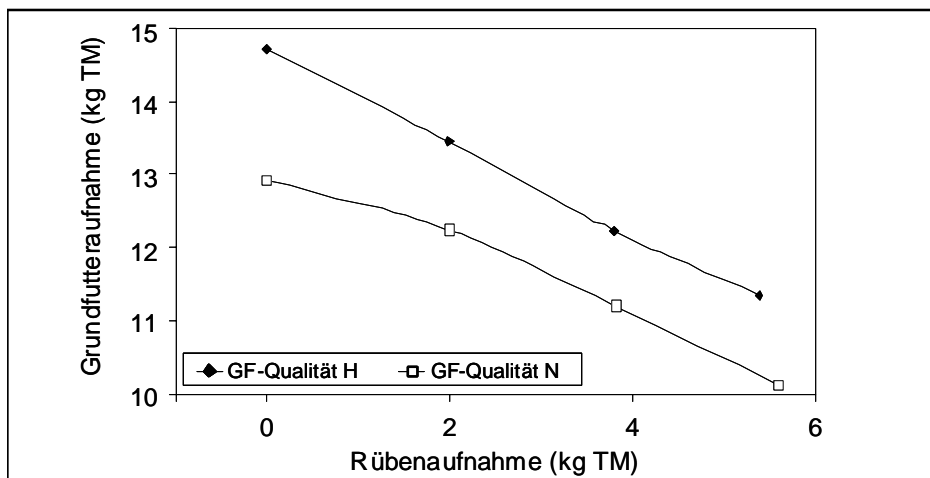


Abbildung 2: Grundfutteraufnahme in Abhängigkeit von der Rübenmenge und der Grundfutterqualität

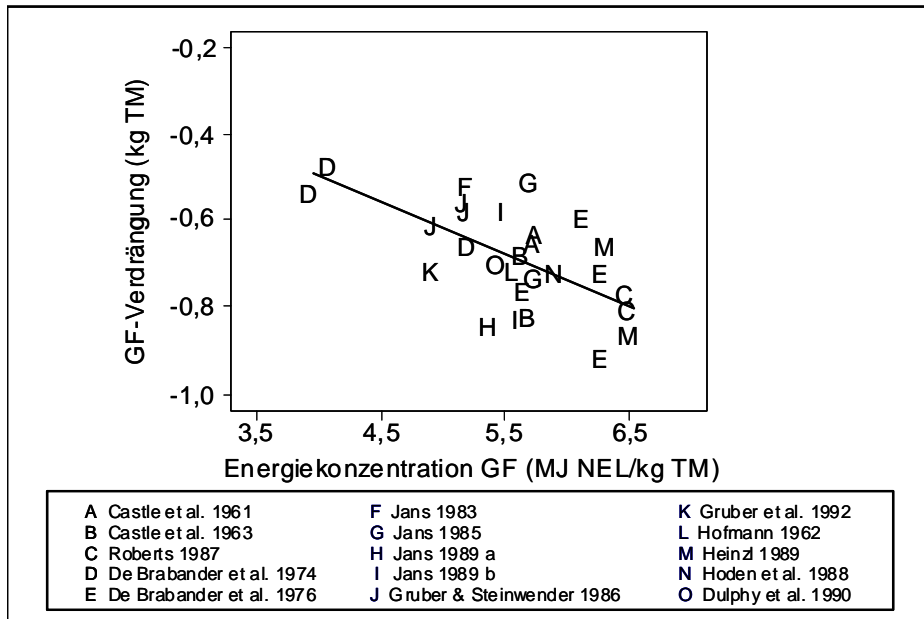


Abbildung 3: Grundfutterverdrängung durch Futterrübe in Abhängigkeit von der Energiekonzentration des Grundfutters (Literaturübersicht nach Gruber 1994)

Als Schlussfolgerung aus dem vorliegenden Versuch ist festzuhalten, dass die relativ hohen Verdrängungsraten (im Durchschnitt 0,56 kg TM pro kg TM Futterrübe) auf die positive Energiebilanz der Kühe zurückzuführen sind und mit der physiologischen Regulation der Futteraufnahme erklärt werden können. Demnach verdrängen Kraftfuttergaben das Grundfutter aus der Ration in Abhängigkeit von dessen Energiekonzentration, um die Energiebilanz auszugleichen. Grundfutter hoher Qualität wird somit in höherem Ausmaß verdrängt als Grundfutter mit niedriger Energiekonzentration. Dies geht auch aus der zusammenfassenden Auswertung von zahlreichen Literaturdaten (15 Publikationen zu Fütterungsversuchen mit Futterrüben) hervor (Abbildung 3, nach Gruber 1994). Demnach nimmt die Verdrängung pro MJ NEL des Grundfutters um 0,12 kg TM zu. Neben der physiologischen Regulation der Futteraufnahme wirkte sich auch der zunehmend hohe Kraftfutteranteil durch die erhöhte Säureproduktion und verminderte Speichelbildung negativ auf die Fermentation des Grundfutters aus und damit auch auf dessen Aufnahme. Trotz hoher Verdaulichkeit muss damit gerechnet werden, dass der Gehalt der Futterrüben an NEL niedriger ist, als die Errechnung über die gängigen Formeln (GfE 2001) ergibt. Dies ist durch eine niedrigere Verwertung der ME aus Zucker für die Milchbildung bedingt (Kirchgeßner et al. 1994) und zeigt sich in einer geringeren Milchleistung gegenüber Kontrollgruppen ohne Futterrüben.

Zusammenfassung

In einem dreifaktoriellen Fütterungsversuch wurde der Einfluss von *Grundfutterqualität*, *Rübenmenge* und *Rübensorte* ($2 \times 4 \times 2$) auf Futterraufnahme und Milchleistung geprüft. Der Versuch wurde mit 16 Kühen (119 Laktationstage, 23.3 kg ECM, 17.6 kg TM-Aufnahme, 621 kg LM in der Vorperiode) nach der Methode des lateinischen Quadrates in 4 Perioden (je 3 Wochen) durchgeführt (N = 64). Die Grundfütterration bestand aus je einem Drittel Heu, Grassilage und Maissilage (auf TM-Basis). Die *Grundfutterqualität* wurde durch den Schnittzeitpunkt von Heu und Grassilage sowie den Kolbenanteil der Maissilage differenziert (5,38 und 6,14 MJ NEL in Grundfutterqualität niedrig (N) und hoch (H)). Die Verdaulichkeit der OM der beiden *Rübensorten* (Massenrübe Eckdobarres, Gehaltsrübe Kyros), bestimmt nach der Regressionsmethode (0, 25, 50, 75 % Rübenanteil), betrug 91,8 und 92,1 %.

Der Versuchsfaktor *Rübenmenge* beeinflusste alle Kriterien der Futter- und Nährstoffaufnahme, des Nährstoffgehaltes der Ration sowie der Milchleistung hoch signifikant ($P < 0,05$). Die Aufnahme an Futterrüben betrug in den Gruppen 0, 2, 4 und 6 0.0, 2.0, 3.8 und 5.5 kg TM. Inklusive Energie- und Protein-Kraftfutter sowie Futterrüben nahmen die Kühe 1.7, 3.7, 5.5 bzw. 7.2 kg TM an Kraftfutter auf. Gleichzeitig damit ging die Grundfutteraufnahme von 13.8 auf 12.9, 11.7 und 10.7 kg TM zurück. Die Gesamtfutteraufnahme stieg von 15.8 auf 16.8, 17.4 bzw. 18.2 kg TM. Die Aufnahme an NDF betrug 11.1, 10.7, 10.3 bzw. 10.0 g/kg LM. Die Milchleistung erhöhte sich durch Futterrüben von 20.2 auf 20.7, 21.5 bzw. 21.8 kg ECM zwar signifikant, diese Steigerung entsprach aber keineswegs der von der Energieversorgung her theoretisch möglichen Milchleistung.

Der Versuchsfaktor *Rübensorte* beeinflusste die Futter- und Nährstoffaufnahme sowie den Nährstoffgehalt der Ration nicht signifikant. Die Milch- und ECM-Leistung der Gruppe Gehaltsrübe K waren – wenn auch nur um 0,4 bzw. 0,5 kg – gegenüber der Gruppe Massenrübe E signifikant niedriger, was über den höheren Zuckergehalt und dessen schlechterer Verwertung für die Milchproduktion zu erklären ist. Wechselwirkungen zwischen *Rübenmenge* und *Grundfutterqualität* traten hinsichtlich Futter- und Nährstoffaufnahme sowie Milchleistung nicht auf, ebenso nicht zwischen *Rübenmenge* und *Rübensorte*, die Versuchsfaktoren wirkten also unabhängig von einander.

Aus den Ergebnissen wurde die Schlussfolgerung gezogen, dass die relativ hohen Verdrängungsraten (im Durchschnitt 0,56 kg TM pro kg TM Futterrübe) auf die positive Energiebilanz der Kühe zurückzuführen sind und mit der physiologischen Regulation der Futterraufnahme erklärt werden können. Demnach verdrängen Kraftfuttergaben das Grundfutter aus der Ration in Abhängigkeit von dessen Energiekonzentration, um die Energiebilanz auszugleichen. Grundfutter hoher Qualität wird somit in höherem Ausmaß verdrängt

als Grundfutter mit niedriger Energiekonzentration. Die Verdrängung in GF-Qualität N betrug 0,50 und in H 0,63 kg TM. Neben der physiologischen Regulation der Futteraufnahme wirkte sich auch der zunehmend hohe Kraftfutteranteil durch die erhöhte Säureproduktion und verminderte Speichelbildung negativ auf die Fermentation des Grundfutters aus und damit auch auf dessen Aufnahme. Trotz hoher Verdaulichkeit muss damit gerechnet werden, dass der Gehalt der Futterrüben an NEL niedriger ist, als die Errechnung über die gängigen Formeln (GfE 2001) ergibt. Dies ist durch eine niedrigere Verwertung der ME aus Zucker für die Milchbildung bedingt (Kirchgeßner et al. 1994) und zeigt sich in einer geringeren Milchleistung gegenüber Kontrollgruppen ohne Futterrüben.

Literatur

- ALVA (Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten), 1983: Österreichisches Methodenbuch für die Untersuchung von Futtermitteln, Futterzusatzstoffen und Schadstoffen. Selbstverlag ALVA.
- Conrad, H.R., A.D. Pratt und J.W. Hibbs, 1964: Regulation of feed intake in dairy cows. 1. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *J. Dairy Sci.* **47**, 54-62
- Coulon, J.B. und B. Remond, 1991: Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply to the dairy cow: a review. *Livest. Prod. Sci.* **29**, 31-47
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1991: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer, 6. Auflage, DLG-Verlag Frankfurt am Main, 112 S.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. Auflage, DLG-Verlag Frankfurt am Main, 212 S.
- Faverdin, P., J.P. Dulphy, J.B. Coulon, R. Verite, L.P. Garel, L. Rouel und B. Marquis, 1991: Substitution of roughage by concentrates for dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* **27**, 137-156
- Forbes, J.M., 1995: Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. CABI, UK, 532 S.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1991: Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohrnährstoffen an Wiederkäuern. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* **65**, 229-234
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag Frankfurt am Main, 135 S.
- Gruber, L., 1994: Verwertung von Futterrüben und Rübenmischsilagen bei Milchkühen. *Übers. Tierernährg.* **22**, 243-280
- Gruber, L., R. Steinwender und W. Baumgartner, 1995: Einfluss von Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau auf Leistung, Stoffwechsel und Wirtschaft-

- lichkeit von Kühen der Rasse Fleckvieh und Holstein Friesian. Bericht 22. Tierzuchttagung 1995, BAL Gumpenstein, 9.-10. Mai 1995, 1-49
- Gruber, L., A. Steinwider, T. Guggenberger, A. Schauer, J. Häusler, R. Steinwender und B. Steiner, 2000: Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf Ertrag, Futterwert, Milcherzeugung und Nährstoffausscheidung. Bericht 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, 6.-8. Juni 2000, 41-88
- Gruber, L., F.J. Schwarz, D. Erdin, B. Fischer, H. Spiekers, H. Steingaß, U. Meyer, A. Chassot, T. Jilg, A. Obermaier und T. Guggenberger, 2004: Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen – Datenbasis von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. 116. VDLUFA-Kongress, 13.-17. Sept. 2004, Rostock, Kongressband 2004, 484-504
- Gruber, L., G. Stögmüller, K. Taferner, L. Haberl, G. Maierhofer, B. Steiner, A. Steinwider, A. Schauer, W. Knaus, 2005: Protein- und Kohlenhydrat-Fractionen nach dem Cornell-System sowie ruminaler Trockenmasseabbau *in situ* von energie- und proteinreichen Kraftfuttermitteln. Übers. Tierernähr. **33**, 129-143
- Gruber, L., 2007: Einfluss der Kraftfuttermenge auf Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen. Bericht 34. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2007, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 19.-20. April 2007, 35-51
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), 1989: Ruminant Nutrition. Recommended Allowances and Feed Tables (R. Jarrige ed.), John Libbey Eurotext Paris-London-Rome, 389 S.
- Jung, H.G. und M.S. Allen, 1995: Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* **73**, 2774-2790
- Kaufmann, W., 1976: Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH-regulation in the rumen and on feed intake in ruminants. *Livest. Prod. Sci.* **3**, 103-114
- Kirchgeßner, M., R.J. Kellner und D.A. Roth-Maier, 1977: Zur Fütterung von Futterrüben an Rinder aus ernährungsphysiologischer Sicht. *Bayer. Landw. Jahrb.* **54**, 221-231
- Kirchgeßner, M., H.L. Müller, F. Birkenmaier und F.J. Schwarz, 1994: Energetische Verwertung von Saccharose durch laktierende Milchkühe und Konsequenzen für die Energiebewertung von Zucker. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* **71**, 247-260
- Kirchgeßner, M., 1997: Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. Verlagsunion Agrar, 10. Auflage, 582 S.
- Mertens, D.R., 1994: Regulation of forage intake. In: Forage quality, evaluation, and utilization. National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization (Eds. G.C. Fahey et al.), 450-493
- Müller, H.L., F. Birkenmaier, F.J. Schwarz und M. Kirchgeßner, 1994: Energetische Verwertung von Futterrüben durch Milchkühe. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* **71**, 234-246
- NRC (National Research Council), 2001: Nutrient Requirements of Dairy Cattle (7th Edition). National Academy Press, Washington, D.C., 381 S.
- Orskov, E.R., 1986: Starch digestion and utilization in ruminants. *J. Anim. Sci.* **63**, 1624-1633

- Sabri, M.S., N.W. Offer und D.J. Roberts, 1988: Effects of fodder beet on rumen metabolism. *Anim. Prod.* **47**, 429-434
- SAS Institute Inc., 1999: SAS/STAT® User's Guide, Version 8, Cary, NC, 3884 S.
- Van Soest, P.J., 1994: Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, 2nd ed., 476 S.
- VDLUFA (Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 1976 inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997: Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Wangsness, P.J. und L.D. Muller, 1981: Maximum forage for dairy cows. *J. Dairy Sci.* **64**, 1-13
- Weißbach, F. und S. Kuhla, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. *Übers. Tierernährg.* **23**, 189-214