

Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen

Kooperation von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz

L. GRUBER, F.J. SCHWARZ, D. ERDIN, B. FISCHER, H. SPIEKERS, H. STEINGASS,
U. MEYER, A. CHASSOT, T. JILG, A. OBERMAIER, T. GUGGENBERGER

Einleitung und Fragestellung

Eine möglichst genaue Abschätzung der Futteraufnahme ist Voraussetzung für bedarfsdeckende und realitätsnahe Rationsberechnungen. Die Futteraufnahme hängt von tier- und von futterbedingten Faktoren ab, zusätzlich spielt die Fütterungstechnik eine wesentliche Rolle (PIATKOWSKI et al. 1990). Nach heutigem Kenntnisstand wird die Futteraufnahme über viele, sehr komplizierte und komplexe Vorgänge gesteuert (FORBES 1995). Daher sollten bei der Schätzung der Futteraufnahme die entscheidenden tier- und futterbedingten Parameter beachtet werden. Eine Methode für die Vorhersage der Futteraufnahme besteht in der Ableitung von Regressionsgleichungen über geeignete statistische Modelle. Dafür ist eine repräsentative Datenbasis mit einem ausreichenden Streuungsbereich in den wesentlichen tier- und futterbedingten Kriterien eine entscheidende Voraussetzung.

Grundsätzlich wird die Futteraufnahme der Tiere durch sogenannte physiologische und physikalische Faktoren reguliert. Das Ziel des Organismus ist dabei die Aufrechterhaltung einer ausgeglichenen Energiebilanz (physiologische Steuerung, WANGSNESS und MULLER 1981). Der Organismus verbraucht

Energie für Erhaltung und verschiedene Leistungskomponenten (Milch, Trächtigkeit etc.). Dies verursacht den Impuls, die verbrauchten Nährstoffe durch Futteraufnahme wieder aufzufüllen. Die Informationen zur Energiebilanz kommen über die flüchtigen Fettsäuren (Essigsäure, Propionsäure) aus dem Pansenstoffwechsel, aus Stoffwechselprodukten (Buttersäure, freie Fettsäuren aus dem Abbau von Fettdepots) und Hormonen (Östrogen, Progesteron, Leptin). Die Signale werden über das Nervensystem in das Gehirn geleitet und dort verarbeitet.

Für den Wiederkäuer sind neben den physiologischen noch physikalisch-mechanische Steuerungsmechanismen von großer Bedeutung, d.h. die Futteraufnahme wird ganz entscheidend auch von der Füllung des Pansens bestimmt. Je schneller der Panseninhalt abnimmt, desto höher ist die Futteraufnahme. Die Füllung des Pansens wird einerseits durch die mikrobielle Verdauung und andererseits durch die sog. Passage des Futters bestimmt. Der mikrobielle Abbau des Futters wird stark von der Futterqualität (Abbaurrate, Verdaulichkeit) beeinflusst, die Passagegeschwindigkeit hängt neben der Verdaulichkeit vom Zerkleinerungsgrad und der Futterstruktur ab. Die Futterstruktur wirkt über ihren Einfluss auf die Speichelproduktion wieder auf die mikrobielle Verdauung zurück. Aller-

dings verringert eine hohe Wiederkauzeit auch die für die Futteraufnahme zur Verfügung stehende Zeit. Die von der Pansenfüllung ausgehenden Signale werden durch sog. Dehnungsrezeptoren ebenfalls über das Nervensystem an das Gehirn weitergeleitet und dort mit den von der physiologischen Steuerung kommenden Impulsen verarbeitet. Das Ergebnis ist je nach dem Stand der Energiebilanz und der Pansenfüllung das Auslösen oder die Beendigung der Futteraufnahme (VAN SOEST 1994, FORBES 1995, KIRCHGESSNER 1997).

Aus diesen Grundsätzen ergibt sich, dass für die Vorhersage der Futteraufnahme sowohl Parameter des Futterwertes der Futtermittel als auch Kriterien des Futteraufnahmevermögens und des Nährstoffbedarfs der Tiere heranzuziehen sind. Dies ist in vielen Formeln und Modellen zur Vorhersage der Futteraufnahme angewendet worden (CONRAD et al. 1964, BROWN et al. 1977, VADIVELLO und HOLMES 1979, ARC 1980, SCHWARZ und KIRCHGESSNER 1985, DLG 1986, MENKE 1987, NRC 1987, INRA 1989, GRUBER et al. 1990, PIATKOWSKI et al. 1990, AFRC 1991, ROOK et al. 1991, MERTENS 1994, KRISTENSEN 1995, LANG 1995, SCHWARZ et al. 1996, HOLTER et al. 1997, ROSELER et al. 1997, RAP 1999).

Autoren: Dr. Leonhard GRUBER und Ing. Thomas GUGGENBERGER, BAL Gumpenstein, Institut für Viehwirtschaft, A-8952 IRDNING, email: leonhard.gruber@bal.bmlfuw.gv.at, Tel.: 0043/3682/22451/258
Dr. Frieder J. SCHWARZ, TUM München, Department für Tierwissenschaften, D-85350 FREISING-WEIHENSTEPHAN, email: schwarzf@wzw.tum.de
Dr. Daniel ERDIN, ETH Zürich, Institut für Nutztierwissenschaften, vormals Gruppe Tierzucht, CH-8092 ZÜRICH, email: daniel.erdin@sbv-usp.ch
Dr. Bernd FISCHER, LVA Iden, D-39606 IDEN, email: bernd.fischer@llg.mlu.lsa-net.de
Dr. Hubert SPIEKERS, Landwirtschaftskammern Rheinland – Westfalen-Lippe, D-53115 BONN, jetzige Anschrift: LfL Grub, D-85586 POING, email: hubert.spiekers@lfl.bayern.de
Dr. Herbert STEINGASS, Universität Hohenheim, Institut für Tierernährung, D-70599 STUTTGART, email: steingas@uni-hohenheim.de
Dr. Ulrich MEYER, FAL Braunschweig, Institut für Tierernährung, D-38116 BRAUNSCHWEIG, email: ulrich.meyer@fal.de
Dr. Andre CHASSOT, ALP Liebefeld-Posieux, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere und Milchwirtschaft, CH-1725 POSIEUX, email: andre.chassot@rap.admin.ch
Dr. Thomas JILG, LVVG Aulendorf, D-88326 AULENDORF, email: thomas.jilg@lvvg.bwl.de
Dipl.-Ing. Anton OBERMAIER, LfL Grub, D-85586 POING, email: anton.obermaier@lfl.bayern.de

Aus diesem Grunde hat sich eine Arbeitsgruppe – bestehend aus 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz – mit dem Ziel gebildet, Futtermittelwertformeln für Milchkühe zu entwickeln. Die Mitglieder dieser Arbeitsgruppe steuerten umfangreiche Daten aus ihren Fütterungsversuchen bei. Damit ist eine repräsentative Datenbasis gegeben, welche die Produktionsbedingungen dieser Länder abdeckt und somit eine breite Anwendung sowie Akzeptanz der Ergebnisse verspricht.

Material und Methoden

In die Datenbasis sind die Ergebnisse vieler Fütterungsversuche der vergangenen Jahre von folgenden 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz eingegangen:

BAL Gumpenstein

GRUBER und STEINWENDER (1986), GRUBER et al. (1991a), GRUBER et al. (1991b), GRUBER et al. (1992), STEINWENDER et al. (1992), GRUBER et al. (1995), GRUBER et al. (1997a), GRUBER et al. (1997b), STEINWIDDER et al. (1997), STEINWIDDER et al. (1998), GRUBER et al. (2000), GRUBER und SCHWAIGER (2000), GRUBER et al. (2001a), STEINWIDDER et al. (2001), GRUBER et al. (unveröffentlichte Ergebnisse)

TUM Weihenstephan

HEINZL et al. (1989), KIRCHGESSNER et al. (1989), SCHWARZ et al. (1989), KIRCHGESSNER et al. (1993), MANUSCH et al. (1993), SCHWARZ et al. (1993), HÄFFNER et al. (1993), SCHWARZ et al. (1995a), SCHWARZ et al. (1995b), BIRKENMAIER et al. (1996), PREISSINGER et al. (1997a), PREISSINGER et al. (1997b), PREISSINGER et al. (1998), GIERUS et al. (2001), SCHWARZ et al. (2001), ETTLE und SCHWARZ (2002a), ETTLE und SCHWARZ (2002b), ETTLE et al. (2002), SCHWARZ et al. (unveröffentlichte Ergebnisse)

LfL Grub

MAIERHOFER et al. (2000), MAIERHOFER und OBERMAIER (2002)

Universität Hohenheim

KRÖBER et al. (1999), Diplomarbeit KELLER (1999), DROCHNER et al. (2000), Diss. SCHEIDEMANN (2001), STEINGASS et al. (2002), STEINGASS et al. (unveröffentlichte Ergebnisse) [*Herrn Raoul von Schmettow (Versuchstechniker) wird für die Unterstützung bei der Datenaufbereitung herzlich gedankt.*]

LVVG Aulendorf

JILG (1996a), JILG (1996b), JILG (1999a), JILG (1999b), JILG (2002)

Haus Riswick

SPIEKERS et al. (1998), HEINTGES et al. (1999), Diss. WIRTZ (2004)

FAL Braunschweig

DAENICKE et al. (1999), DAENICKE (2000), Diss. KAMPF (2001), MEYER et al. (2001), SPOLDERS et al. (2003), Diss. STEMME (2002), MEYER et al. (unveröffentlichte Ergebnisse) [*Herr Dr. D. GÄDEKEN hat wesentlich an der Datenaufbereitung der FAL Braunschweig mitgearbeitet.*]

LVA Iden

FISCHER et al. (1997), ENGELHARD et al. (1999), FISCHER et al. (1999), Diss. THAYSEN (2001) [*Frau Dipl.agr.Ing. (FH) Elke RIEMANN wird für die Unterstützung bei der Datenaufbereitung herzlich gedankt.*]

ALP Liebfeld-Posieux

JANS und MÜNGER (1995), MÜNGER (1996), MÜNGER und JANS (1997), MÜNGER (1998), MÜNGER (1999), STOLL und JANS (2000), STOLL et al. (2001), STOLL et al. (2002)

ETH Zürich

Diss. WÜEST-LÜCHINGER (1995), Diss. RÄTZER (1998), Diss. SCHWAGER-SUTER (1999), Diss. VON EUW (2001), Diss. REIST (2001)

Das gesamte Datenmaterial umfasst 70.766 Datensätze, wobei ein Datensatz den Mittelwert einer Kuh pro Woche darstellt (in Weihenstephan Mittelwert einer Versuchsperiode von 4 bis 6 Wochen). Diese Daten wurden per Zufalls-generator zu 80 % für die Schätzung ($n = 56.631$) und zu 20 % für die Validierung ($n = 14.135$) verwendet (Tabelle 3 und 4). In Summe waren in den diver-

sen Versuchen 2.264 verschiedene Kühe vertreten (Rasse Fleckvieh, Brown Swiss, Holstein-Friesian, Jersey).

Inhaltsstoffe der Futtermittel

Die Nährstoffgehalte der in den Versuchen bzw. Instituten eingesetzten Futtermittel sind in Tabelle 1 und 2 angeführt (nach Häufigkeit gewichtet). Heu wurde nicht in Riswick und Braunschweig gefüttert, Grünfütter (Gras und Klee) nur in Gumpenstein, Weihenstephan und Zürich. In Weihenstephan und Iden kam auch Getreide-GPS zum Einsatz. Die wesentlichsten Grundfuttermittel Grassilage und Maissilage kamen in allen Instituten vor. Die Kraftfutter wurden nach dem Proteingehalt in Energie-, Leistungs- und Proteinkraftfutter unterteilt ($<15\% \text{ XP}$, $15 - 25\% \text{ XP}$, $> 25\% \text{ XP}$). Das Heu war in allen Instituten im Durchschnitt von mittelmäßiger Qualität ($29,1\% \text{ XF}$, $5,23 \text{ MJ NEL}$), allerdings mit einer großen Streubreite ($16 - 40\% \text{ XF}$). Die durchschnittliche Energiekonzentration der Grassilagen betrug $5,80 \text{ MJ NEL}$, mit niedrigen Werten ($5,3 \text{ MJ NEL}$) in Gumpenstein und Hohenheim. Dagegen waren die Grassilagen in den anderen Instituten von hoher Energiekonzentration ($\geq 6,0 \text{ MJ NEL}$). Der NEL-Gehalt des Grünfutters betrug im Mittel $5,8 \pm 0,4 \text{ MJ}$ ($5,1 - 6,8 \text{ MJ}$). Der Futterwert der Maissilagen war in Gumpenstein (Maisgrenzlage) signifikant niedriger als in den anderen Instituten. Als Energieträger wurden hauptsächlich die Getreidearten (Weizen, Gerste, Roggen, Mais), Trockenschnitzel und Rüben verwendet. An Proteinträgern kamen vorwiegend Produkte von Soja und Raps zum Einsatz, sowie Nebenprodukte (Biertreber, Mühlennachprodukte) und Harnstoff. Größtenteils kamen (versuchsbedingt) eigene Kraftfuttermischungen zum Einsatz, deren Energiekonzentration durchwegs hoch war (im Mittel $7,7 - 8,0 \text{ MJ NEL}$).

Beschreibung der Datenbasis

Die für die Futtermittelwertbestimmung wesentlichen tier- und fütterbedingten Parameter sind in den Tabellen 2 und 3 angeführt.

Tierbedingte Parameter

Die Laktationszahl reicht von 1 - 12 ($2,6 \pm 1,6$). In Gumpenstein, Aulendorf und Posieux waren die Tiere deutlich älter. Der Anteil erstlaktierender Kühe beträgt

Tabelle 1: Inhaltsstoffe der Futtermittel (in der TM)

		GRUNDFUTTER					KRAFTFUTTER		
		Grün- futter	Gras- silage	Heu	Mais- silage	Getreide- GPS	Energie- Krafftutter	Leistungs- Krafftutter	Protein- Krafftutter
Anzahl	n	684	39.517	32.721	38.572	444	21.222	33.348	25.636
XP	g	163 ± 24	152 ± 25	119 ± 28	80 ± 10	105 ± 9	111 ± 23	202 ± 22	445 ± 67
XL	g	26 ± 5	34 ± 6	22 ± 6	30 ± 5	26 ± 2	26 ± 26	41 ± 48	27 ± 21
XF	g	248 ± 39	264 ± 35	291 ± 42	204 ± 27	254 ± 28	67 ± 35	86 ± 36	82 ± 27
XX	g	453 ± 31	437 ± 34	478 ± 29	642 ± 34	543 ± 30	734 ± 62	607 ± 83	366 ± 55
XA	g	111 ± 25	113 ± 26	90 ± 19	44 ± 7	72 ± 8	58 ± 31	64 ± 29	81 ± 30
dOM	%	72,0 ± 3,6	69,4 ± 11,4	64,6 ± 5,2	72,6 ± 2,7	64,4 ± 2,2	84,8 ± 4,8	83,4 ± 5,9	88,2 ± 3,6
DOMD	g	640 ± 33	616 ± 104	587 ± 43	694 ± 27	598 ± 25	799 ± 46	781 ± 57	811 ± 45
ME	MJ	9,80 ± 0,54	9,76 ± 0,80	8,96 ± 0,72	10,67 ± 0,46	9,35 ± 0,26	12,28 ± 0,79	12,54 ± 1,10	12,91 ± 0,91
NEL	MJ	5,83 ± 0,39	5,80 ± 0,56	5,23 ± 0,50	6,42 ± 0,33	5,48 ± 0,18	7,72 ± 0,52	7,82 ± 0,78	8,00 ± 0,65
degXP	%	85,4 ± 0,8	84,7 ± 1,4	78,2 ± 3,3	75,3 ± 2,5	81,1 ± 2,1	71,7 ± 5,3	68,4 ± 7,1	68,4 ± 5,6
nXP	g	131 ± 10	130 ± 11	120 ± 12	129 ± 6	120 ± 3	155 ± 10	188 ± 12	274 ± 42

Tabelle 2: Energiekonzentration der Futtermittel (MJ NEL/kg TM), nach Instituten

		GRUNDFUTTER					KRAFTFUTTER		
		Grün- futter	Gras- silage	Heu	Mais- silage	Getreide- GPS	Energie- Krafftutter	Leistungs- Krafftutter	Protein- Krafftutter
Gumpenstein		5,73 ± 0,39	5,31 ± 0,53	5,17 ± 0,59	6,13 ± 0,44	-	7,59 ± 0,26	7,90 ± 0,18	8,30 ± 0,47
Weihenstephan		5,98 ± 0,32	6,06 ± 0,54	5,14 ± 0,22	6,83 ± 0,31	5,63 ± 0,26	7,83 ± 0,73	7,95 ± 0,15	8,57 ± 0,29
Grub		-	6,04 ± 0,34	5,81 ± 0,02	6,79 ± 0,38	-	-	8,03 ± 0,09	7,56 ± 0,16
Hohenheim		-	5,33 ± 0,51	5,01 ± 0,35	6,36 ± 0,14	-	7,69 ± 0,26	7,74 ± 0,65	7,64 ± 0,51
Aulendorf		-	5,92 ± 0,30	5,48 ± 0,26	6,50 ± 0,16	-	7,80 ± 0,11	8,03 ± 0,14	8,48 ± 0,09
Riswick		-	6,04 ± 0,24	-	6,61 ± 0,22	-	7,60 ± 0,00	7,87 ± 0,25	7,11 ± 0,41
Braunschweig		-	5,85 ± 0,56	-	6,37 ± 0,35	-	7,10 ± 0,00	7,96 ± 0,35	7,63 ± 0,73
Iden		-	6,25 ± 0,23	6,25 ± 0,17	6,42 ± 0,19	5,44 ± 0,13	7,85 ± 0,19	7,30 ± 0,55	8,47 ± 0,29
Posieux		-	6,05 ± 0,25	5,49 ± 0,17	6,56 ± 0,10	-	7,83 ± 0,59	11,27 ± 3,30	7,63 ± 0,31
Zürich		6,19 ± 0,35	5,86 ± 0,23	5,11 ± 0,64	6,49 ± 0,14	-	7,99 ± 0,35	7,88 ± 0,16	8,17 ± 0,12

23,4 %. Alle Laktationsstadien (früh, mittel, spät) sind abgedeckt, wenn auch die Laktationsmitte etwas häufiger vorkommt (36 %, 40 %, 24 %). Die Lebendmassen erstrecken sich von 274 - 999 kg (606 ± 101 kg LM). Die Lebendmassen wurden mit Polynomen höheren Grades nach Laktationsverlauf geglättet, woraus auch die Lebendmasse-Änderungen über die erste Ableitung berechnet wurden. Es gibt auch deutliche Unterschiede im Milchleistungsniveau, was auf Einflüsse von Rasse, Grundfutterqualität, Kraftfutterniveau sowie genetisches Potenzial zurückzuführen ist. Niedrige Milchleistungen (um 20 kg) liegen in Gumpenstein, Aulendorf und Zürich vor, während die Milchleistung in Grub, Riswick, Braunschweig, Iden und Posieux im Durchschnitt über 27 kg beträgt (23,2 ± 8,5 kg ECM). Signifikante Unterschiede zwischen den Instituten traten auch bei den Milchinhaltsstoffen auf.

Futterbedingte Parameter

Der Kraftfutteranteil bewegt sich von 0 - 81 % der IT (26 ± 18 %). Die Energie-

konzentration im Grundfutter liegt bei 5,9 ± 0,5 MJ NEL (3,7 - 7,4 MJ NEL). Wie sich schon bei den einzelnen Futtermitteln abzeichnet, liegen deutliche Institutsunterschiede vor (5,4; 6,5; 6,4; 5,4; 5,8; 6,3; 6,1; 6,4; 5,9 und 5,9 MJ NEL in BAL, WEI, GRUB, HOH, AUL, RIS, FAL, IDEN, ALP und ETH). Die entsprechenden Unterschiede gehen auch aus dem Gehalt an Rohprotein, Rohfaser und der Verdaulichkeit hervor. Dagegen ist der Energiegehalt des Kraftfutters relativ ähnlich, wenn auch – bedingt durch sehr verschiedene Komponenten und den Einsatz von Futterfett – ebenfalls ein großer Streubereich festzustellen ist (6,1 - 9,5 MJ NEL, 8,0 ± 0,5 MJ NEL).

Die Gesamtration wies einen Streubereich von 4,1 - 7,7 MJ NEL auf (6,4 ± 0,5 MJ NEL). Sowohl die Grundfutterqualität als auch der Kraftfutteranteil führten zu signifikanten Unterschieden zwischen den Instituten (5,8; 7,0; 6,8; 6,2; 6,5; 6,8; 6,8; 7,0; 6,5 und 6,1 MJ NEL in BAL, WEI, GRUB, HOH, AUL, RIS, FAL, IDEN, ALP und ETH). Auch im Gehalt an Rohprotein (152 ± 22 g XP, 75

- 235 g XP) ist das Datenmaterial durch eine große Streuung gekennzeichnet und lagen ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den Instituten vor (127; 156; 159; 141; 148; 163; 164; 163; 135 und 145 g XP in BAL, WEI, GRUB, HOH, AUL, RIS, FAL, IDEN, ALP und ETH).

Bedingt durch unterschiedliche Produktionsbedingungen und Fragestellungen in den Versuchen liegt auch ein großes Spektrum sehr verschiedener Rationstypen (Anteile von Heu, Grassilage, Maisilage, Grünfutter, Getreide-GPS, etc.) und Fütterungstechnik vor (konventionelle getrennte Fütterung von GF und KF, Grundfutter-Mischung, aufgewertete GF-Mischung bis zu TMR). Im Gegensatz zu einem früheren Auswertungsmodell (GRUBER et al. 2001b), wurde der Einfluss der Rationstypen nicht durch Klassenbildung, sondern über kontinuierliche Variable (Regression) berücksichtigt.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm SAS (1999) vorgenom-

Tabelle 3: Tier- und futterbedingte Kriterien der Versuchstiere (nach Instituten)

		Gumpen- stein	Weihen- stephan	Grub	Hohen- heim	Aulen- dorf	Riswick	Braun- schweig	Iden	Posieux	Zürich
Anzahl	n	10.914	1.675	529	7.077	3.431	7.384	5.151	8.945	4.349	21.311
Tierfaktoren											
Laktationszahl	n	3,29 ± 1,83	2,63 ± 1,66	2,43 ± 1,49	2,36 ± 1,40	3,57 ± 2,12	2,65 ± 2,03	2,61 ± 1,50	2,11 ± 1,06	3,02 ± 1,73	2,36 ± 1,39
Laktationstage	d	135 ± 75	135 ± 77	146 ± 63	160 ± 92	141 ± 83	140 ± 75	124 ± 53	139 ± 74	95 ± 60	144 ± 84
Trächtigkeitstage	d	43 ± 59	39 ± 57	42 ± 61	58 ± 69	57 ± 68	53 ± 62	40 ± 50	31 ± 51	27 ± 43	64 ± 69
Lebendmasse	kg	614 ± 72	633 ± 63	715 ± 79	621 ± 73	701 ± 72	639 ± 72	635 ± 70	615 ± 66	679 ± 69	541 ± 120
Δ Lebendmasse	g/d	26 ± 728	278 ± 818	424 ± 655	211 ± 502	322 ± 887	253 ± 647	386 ± 734	225 ± 645	-62 ± 831	134 ± 971
Milchleistung	kg	19,1 ± 7,2	23,6 ± 6,8	26,7 ± 4,8	24,5 ± 7,7	21,4 ± 7,6	27,8 ± 7,8	27,6 ± 6,2	27,7 ± 7,1	27,9 ± 6,8	19,4 ± 8,4
Milchleistung	kg ECM	19,4 ± 7,4	23,0 ± 5,8	26,8 ± 4,6	23,9 ± 6,9	21,8 ± 7,3	27,5 ± 7,2	28,1 ± 5,6	30,1 ± 7,4	28,5 ± 6,4	20,8 ± 8,0
Milchfett	%	4,31 ± 0,60	3,96 ± 0,66	4,00 ± 0,51	4,01 ± 0,62	4,16 ± 0,57	4,08 ± 0,59	4,31 ± 0,56	4,70 ± 0,71	4,33 ± 0,56	4,71 ± 0,78
Milchprotein	%	3,16 ± 0,35	3,43 ± 0,36	3,59 ± 0,22	3,30 ± 0,33	3,61 ± 0,32	3,33 ± 0,28	3,30 ± 0,27	3,66 ± 0,34	3,34 ± 0,32	3,63 ± 0,52
Futterfaktoren											
Rationszusammensetzung											
Krafftutter-Anteil	% IT	19,7 ± 18,1	31,7 ± 11,9	33,0 ± 6,8	35,3 ± 13,0	29,1 ± 14,3	34,9 ± 9,6	42,7 ± 10,2	41,4 ± 10,0	28,8 ± 9,9	9,4 ± 12,4
Heu-Anteil	% GF	49,5 ± 29,7	6,7 ± 8,7	11,3 ± 11,0	42,2 ± 14,2	25,7 ± 9,1	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,2 ± 0,8	56,0 ± 29,3	21,6 ± 16,2
Grassilage-Anteil	% GF	27,7 ± 19,8	14,9 ± 32,5	32,9 ± 5,6	38,0 ± 16,1	47,8 ± 14,8	55,4 ± 12,0	64,2 ± 41,5	45,3 ± 18,2	7,2 ± 21,6	16,6 ± 23,6
Grünfutter-Anteil	% GF	3,1 ± 16,1	13,1 ± 30,7	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	42,6 ± 34,4
Maissilage-Anteil	% GF	19,6 ± 14,1	59,3 ± 41,9	55,8 ± 10,4	19,7 ± 17,8	26,5 ± 14,4	44,6 ± 12,0	35,8 ± 41,5	54,0 ± 18,1	36,8 ± 30,3	19,1 ± 7,0
Nährstoffgehalt der Ration											
XP Grundfutter	g/kg TM	118 ± 20	109 ± 36	122 ± 18	116 ± 20	109 ± 16	127 ± 22	119 ± 35	120 ± 21	117 ± 27	140 ± 21
XF Grundfutter	g/kg TM	284 ± 28	225 ± 30	217 ± 16	258 ± 20	263 ± 34	221 ± 16	270 ± 55	220 ± 19	231 ± 25	239 ± 29
NEL Grundfutter	MJ/kg TM	5,36 ± 0,44	6,46 ± 0,56	6,39 ± 0,23	5,39 ± 0,41	5,81 ± 0,36	6,31 ± 0,21	6,05 ± 0,30	6,36 ± 0,15	5,92 ± 0,36	5,92 ± 0,34
XP Krafftutter	g/kg TM	168 ± 142	264 ± 81	234 ± 24	194 ± 37	267 ± 91	233 ± 33	227 ± 38	230 ± 30	198 ± 85	199 ± 88
XF Krafftutter	g/kg TM	68 ± 17	70 ± 16	79 ± 16	60 ± 28	77 ± 14	102 ± 21	72 ± 14	84 ± 21	53 ± 24	45 ± 18
NEL Krafftutter	MJ/kg TM	7,77 ± 0,28	8,07 ± 0,29	7,82 ± 0,18	7,68 ± 0,55	8,12 ± 0,18	7,77 ± 0,27	7,94 ± 0,43	7,91 ± 0,24	7,88 ± 0,69	8,14 ± 0,17
XP Gesamtration	g/kg TM	127 ± 20	156 ± 20	159 ± 10	141 ± 17	148 ± 15	163 ± 11	164 ± 16	163 ± 14	135 ± 15	145 ± 20
XF Gesamtration	g/kg TM	241 ± 43	176 ± 28	170 ± 14	187 ± 29	209 ± 38	179 ± 17	184 ± 34	162 ± 17	176 ± 22	221 ± 29
NEL Gesamtration	MJ/kg TM	5,83 ± 0,55	6,96 ± 0,46	6,83 ± 0,18	6,23 ± 0,50	6,48 ± 0,37	6,82 ± 0,20	6,83 ± 0,22	6,96 ± 0,17	6,45 ± 0,28	6,13 ± 0,35
Futter- und Nährstoffaufnahme											
Grundfutter	kg TM	12,4 ± 2,6	11,7 ± 2,2	13,1 ± 1,7	11,8 ± 2,4	11,9 ± 2,0	12,3 ± 2,3	11,8 ± 2,4	11,0 ± 1,9	14,1 ± 2,5	15,2 ± 3,3
Krafftutter	kg TM	3,5 ± 3,6	5,6 ± 2,4	6,6 ± 1,8	6,8 ± 3,0	5,3 ± 3,0	6,8 ± 2,5	9,0 ± 2,6	8,1 ± 2,5	5,9 ± 2,3	1,7 ± 2,6
Gesamtfutter	kg TM	15,9 ± 3,2	17,3 ± 2,6	19,8 ± 2,4	18,6 ± 3,3	17,2 ± 3,3	19,1 ± 3,4	20,9 ± 2,9	19,3 ± 3,0	20,2 ± 2,8	17,0 ± 3,7
Gesamtfutter	g TMLM*	129 ± 24	138 ± 21	144 ± 18	150 ± 27	127 ± 24	151 ± 25	166 ± 23	156 ± 23	152 ± 18	153 ± 24
Futterniveau	APL	2,61 ± 0,68	3,29 ± 0,59	3,36 ± 0,45	3,21 ± 0,68	2,81 ± 0,62	3,52 ± 0,63	3,87 ± 0,57	3,72 ± 0,59	3,36 ± 0,44	3,20 ± 0,58
Energie	MJ NEL	94,1 ± 26,2	121,0 ± 21,1	135,6 ± 18,5	116,4 ± 25,1	112,0 ± 25,0	130,6 ± 24,3	142,6 ± 20,8	134,1 ± 22,0	130,6 ± 19,1	104,5 ± 25,3
Energie-Bilanz	MJ NEL	-6,6 ± 13,5	7,6 ± 14,6	6,1 ± 13,2	0,1 ± 17,1	-0,6 ± 19,4	2,1 ± 17,5	12,5 ± 16,4	-1,5 ± 21,6	-2,8 ± 14,4	2,4 ± 17,9

Tabelle 4: Tier- und futterbedingte Kriterien der Versuchstiere (Datei für Schätzung und Validierung)

			Datei "Schätzung"	Datei "Validierung"	Datei "Gesamt"
Anzahl	n		56.631	14.135	70.766
Tierfaktoren					
Laktationszahl	n	$\bar{x} \pm s$	2,62 ± 1,64	2,64 ± 1,65	2,63 ± 1,64
		<i>min - max</i>	1 - 12	1 - 12	1 - 12
Laktationstage	d	$\bar{x} \pm s$	139 ± 79	137 ± 79	138 ± 79
		<i>min - max</i>	1 - 462	1 - 420	1 - 462
Trächtigkeitstage	d	$\bar{x} \pm s$	50 ± 63	49 ± 63	50 ± 63
		<i>min - max</i>	0 - 319	0 - 291	0 - 319
Lebendmasse	kg	$\bar{x} \pm s$	606 ± 101	606 ± 101	606 ± 101
		<i>min - max</i>	274 - 999	281 - 999	274 - 999
Δ Lebendmasse	g/d	$\bar{x} \pm s$	172 ± 796	162 ± 813	170 ± 780
		<i>min - max</i>	-4500 - 4475	-4500 - 4286	-4500 - 4475
Milchleistung	kg	$\bar{x} \pm s$	23,1 ± 8,5	23,2 ± 8,5	23,2 ± 8,5
		<i>min - max</i>	2,2 - 62,1	2,0 - 57,6	2,0 - 62,1
Milchleistung	kg ECM	$\bar{x} \pm s$	24,1 ± 8,1	24,3 ± 8,1	24,2 ± 8,1
		<i>min - max</i>	2,2 - 63,2	2,3 - 58,7	2,2 - 63,2
Milchfett	%	$\bar{x} \pm s$	4,57 ± 1,02	4,57 ± 1,01	4,57 ± 1,01
		<i>min - max</i>	1,63 - 10,63	1,80 - 10,48	1,63 - 10,63
Milchprotein	%	$\bar{x} \pm s$	3,45 ± 0,44	3,45 ± 0,43	3,45 ± 0,44
		<i>min - max</i>	1,28 - 5,00	2,16 - 5,00	1,28 - 5,00
Futterfaktoren					
Rationszusammensetzung					
Kraftfutter-Anteil	% IT	$\bar{x} \pm s$	25,6 ± 17,9	25,8 ± 17,9	25,6 ± 17,9
		<i>min - max</i>	0,0 - 79,5	0,0 - 81,1	0,0 - 81,1
Heu-Anteil	% GF	$\bar{x} \pm s$	23,3 ± 26,0	23,3 ± 26,0	23,3 ± 26,0
		<i>min - max</i>	0,0 - 100,0	0,0 - 100,0	0,0 - 100,0
Grassilage-Anteil	% GF	$\bar{x} \pm s$	32,7 ± 28,1	32,5 ± 28,1	32,6 ± 28,1
		<i>min - max</i>	0,0 - 100,0	0,0 - 100,0	0,0 - 100,0
Grünfutter-Anteil	% GF	$\bar{x} \pm s$	13,6 ± 28,0	13,8 ± 28,1	13,6 ± 28,0
		<i>min - max</i>	0,0 - 100,0	0,0 - 100,0	0,0 - 100,0
Maissilage-Anteil	% GF	$\bar{x} \pm s$	30,2 ± 23,6	30,2 ± 23,7	30,2 ± 23,6
		<i>min - max</i>	0,0 - 100,0	0,0 - 100,0	0,0 - 100,0
Nährstoffgehalt der Ration					
XP Grundfutter	g/kg TM	$\bar{x} \pm s$	125 ± 25	125 ± 25	125 ± 25
		<i>min - max</i>	46 - 262	53 - 270	46 - 270
XF Grundfutter	g/kg TM	$\bar{x} \pm s$	246 ± 36	246 ± 36	246 ± 36
		<i>min - max</i>	153 - 439	153 - 419	153 - 439
NEL Grundfutter	MJ/kg TM	$\bar{x} \pm s$	5,89 ± 0,49	5,90 ± 0,49	5,89 ± 0,49
		<i>min - max</i>	3,71 - 7,35	3,96 - 7,35	3,72 - 7,35
XP Kraftfutter	g/kg TM	$\bar{x} \pm s$	212 ± 84	210 ± 75	211 ± 82
		<i>min - max</i>	46 - 2876	46 - 2876	46 - 2876
XF Kraftfutter	g/kg TM	$\bar{x} \pm s$	68 ± 28	68 ± 27	68 ± 28
		<i>min - max</i>	0 - 192	0 - 180	0 - 192
NEL Kraftfutter	MJ/kg TM	$\bar{x} \pm s$	7,90 ± 0,47	7,90 ± 0,45	7,90 ± 0,46
		<i>min - max</i>	0,0 - 10,10	0,0 - 10,10	0,0 - 10,10
XP Gesamtration	g/kg TM	$\bar{x} \pm s$	147 ± 21	147 ± 21	147 ± 21
		<i>min - max</i>	75 - 262	63 - 262	63 - 262
XF Gesamtration	g/kg TM	$\bar{x} \pm s$	201 ± 40	201 ± 40	201 ± 40
		<i>min - max</i>	97 - 404	105 - 382	97 - 404
NEL Gesamtration	MJ/kg TM	$\bar{x} \pm s$	6,38 ± 0,54	6,39 ± 0,54	6,38 ± 0,54
		<i>min - max</i>	4,09 - 7,70	4,10 - 7,67	4,09 - 7,70
Futter- und Nährstoffaufnahme					
Grundfutter	kg TM	$\bar{x} \pm s$	13,1 ± 3,1	13,0 ± 3,1	13,0 ± 3,1
		<i>min - max</i>	3,5 - 32,4	3,5 - 27,4	3,5 - 32,4
Kraftfutter	kg TM	$\bar{x} \pm s$	4,9 ± 3,8	5,0 ± 3,8	4,9 ± 3,8
		<i>min - max</i>	0,0 - 17,6	0,0 - 16,8	0,0 - 17,6
Gesamtfutter	kg TM	$\bar{x} \pm s$	18,0 ± 3,7	18,0 ± 3,7	18,0 ± 3,7
		<i>min - max</i>	4,8 - 32,6	5,1 - 31,5	4,8 - 32,6
Gesamtfutter	g TM/LM*	$\bar{x} \pm s$	148 ± 26	148 ± 26	148 ± 26
		<i>min - max</i>	38 - 258	41 - 247	38 - 258
Futterniveau	APL	$\bar{x} \pm s$	3,25 ± 0,71	3,25 ± 0,72	3,25 ± 0,71
		<i>min - max</i>	0,68 - 5,78	0,73 - 5,62	0,68 - 5,78
Energie	MJ NEL	$\bar{x} \pm s$	115,9 ± 28,7	116,0 ± 29,0	115,9 ± 28,8
		<i>min - max</i>	26,6 - 221,6	30,6 - 222,3	26,6 - 222,3
Energie-Bilanz	MJ NEL	$\bar{x} \pm s$	0,0 ± 18,0	-0,3 ± 18,2	-0,1 ± 18,0
		<i>min - max</i>	-132,8 - 104,1	-109,1 - 72,9	-132,8 - 104,1

men. Unter Verwendung von Procedure GLM bestand das statistische Modell in den fixen Effekten Laktationszahl, Laktationsmonat und Institut, dem zufälligen Effekt Tier innerhalb Institut und den Regressionsvariablen Lebendmasse, (Lebendmasse-Veränderung), Milchleistung, NEL-Gehalt des Grundfutters, Kraftfutter (kg bzw. %), Heu- sowie Maissilageanteil des Grundfutters und XP/NEL-Verhältnis der Gesamtration. Für die deskriptive Statistik wurde das Programm Statgraphics (1996) verwendet.

Es wurden 4 verschiedene Formeln erarbeitet, je nach dem, ob herkömmliche, getrennte Vorlage der Futtermittel oder TMR-Fütterung angewendet wird. Bei getrennter Fütterung ist für die Vorhersage der Futteraufnahme die Kraftfuttermenge (kg TM) heranzuziehen (*Formel 1* und *3*), bei TMR-Fütterung ist die Kraftfuttermenge nicht bekannt und daher der Kraftfutteranteil (% der IT) zu verwenden (*Formel 2* und *4*). Da zu erwarten war, dass die Energiebilanz einen Einfluss auf die Futteraufnahme ausübt (WANGSNESS und MULLER 1981, KIRCHGESSNER und SCHWARZ 1984), wurden Schätzgleichungen ohne (*Formel 1* und *2*) und mit Berücksichtigung der Lebendmasse-Veränderung (*Formel 3* und *4*) abgeleitet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Komponenten der Gleichungen und Schätzwerte für die diversen Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme sind in *Tabelle 5* angeführt. *Es ist vorzuschicken, dass die in den Formeln angeführten Effekte jeweils nur unter Beachtung und Konstanthaltung aller weiteren Parameter zu interpretieren sind (z.B. Laktationseinfluss bei konstanter Milchleistung, gleichem Kraftfutterniveau etc.). Am Ende der Tabelle ist ein Berechnungsbeispiel angeführt, um die Anwendung zu erleichtern.*

Wie in der Auswertung des Gumpensteiner Zahlenmaterials (GRUBER et al. 2001) und vielen weiteren Vorhersagemodellen (SCHWARZ und KIRCHGESSNER 1985, INRA 1989, KRISTENSEN 1995, SCHWARZ et al. 1996, ROSELER et al. 1997, RAP 1999) zeigt sich, dass erstlaktierende Kühe ein geringeres Futteraufnahmevermögen auf-

weisen als Kühe mit mehreren Laktationen. Dies ist mit dem noch nicht voll abgeschlossenen Wachstum und dem folglich kleineren Verdauungsraum dieser Tiere zu erklären. Allerdings ist die Futteraufnahme älterer Kühe (≥ 4 Laktationen) wieder etwas geringer, was von Stoffwechselerkrankungen, Klauenproblemen, Mastitis etc. herrühren könnte (*Abbildung 1*).

Hochsignifikant und seit langem bekannt ist auch der Einfluss des Laktationsstadiums auf die Futteraufnahme. Das Laktationsstadium wurde als fixer Effekt (10 Stufen) und nicht als Regressionsvariable in das Modell aufgenommen, weil dies die Möglichkeit eröffnet, weitere tier- und futterbedingte Parameter individuell (innerhalb Laktationsmonat) zu berücksichtigen und somit eine Wechselwirkung zwischen Laktationsstadium und diesen Regressionsvariablen zu modellieren. Die Futteraufnahme während der Laktation folgt einem klassischen Verlauf, mit einem steilen Anstieg zu Beginn. Das Maximum wird erst gegen Ende der Laktation erreicht (*Abbildung 1* und *2* oben). Die tatsächliche Futteraufnahme verringert sich allerdings gegen Laktationsende, da sie von der Milchleistung, Trächtigkeit und Kraftfuttermenge mitbeeinflusst wird, die alle in Richtung abnehmender Futteraufnahme wirken. Die Berücksichtigung der Lebendmasse-Veränderung in der Formel hat keinen Einfluss auf den Verlauf der Futteraufnahme während der Laktation (kein Unterschied zwischen *Formel 1* und *3*, siehe *Abbildung 2* oben). Der Verlauf der Futteraufnahme während der Laktation ist häufig mit einer logarithmischen Funktion beschrieben worden (z.B. BROWN et al. 1977, MENKE 1987, GRUBER et al. 1990, KRISTENSEN 1995). ROSELER et al. (1997) haben den starken Anstieg der Futteraufnahme zu Laktationsbeginn mit einer sog. lag-Phase dargestellt.

Im Hinblick auf eine leichtere Anwendung der Formel wird der Effekt des Laktationsstadiums nicht über die einzelnen 10 Stufen berücksichtigt (Abbildung 1), sondern über eine einfache quadratische Gleichung (abgeleitet aus den Werten für die 10 Laktationsmonate), die in Abbildung 2 dargestellt und auch in Tabelle 5 angeführt ist. Außerdem werden so auch „Sprünge“ zwischen den

einzelnen Laktationsmonaten vermieden. Sinngemäß gilt dies auch für die unten angeführten Regressionskoeffizienten für Lebendmasse, Milch und Kraftfutter, die ebenfalls über Polynome aus den entsprechenden Schätzwerten innerhalb Laktation abgeleitet wurden. Wie die hohen R^2 -Werte (85 - 99 %) dieser Gleichungen zeigen, ist diese Vorgehensweise gerechtfertigt und erleichtert die Anwendung bzw. Programmierung der Futteraufnahme-Formeln erheblich.

Der Regressionskoeffizient für Lebendmasse beträgt im Mittel 0,013, d.h. im Durchschnitt steigt die Gesamtfutteraufnahme pro 100 kg LM um 1,3 kg TM an. Allerdings ist auch dieser Regressionskoeffizient stark von der Laktation abhängig, d.h. er verringert sich im Verlauf der Laktation signifikant von etwa 0,015 auf 0,010 (*Formel 1* und *3*), bzw. von 0,019 auf 0,013 (*Formel 2* und *4*). Aus *Abbildung 2* (unten) ist abzuleiten, dass sowohl die Berücksichtigung der Lebendmasse-Veränderung (Vergleich von *Formel 1* mit *3* bzw. *Formel 2* mit *4*) als auch die Art der Berücksichtigung des Kraftfutters (als absolute Menge bzw. als Anteil der Ration) einen deutlichen Einfluss auf die Ausprägung der Regressionskoeffizienten für Lebendmasse hat (Vergleich von *Formel 1* mit *2* bzw. *Formel 3* mit *4*). Durch die Hinzunahme der Lebendmasse-Veränderung in die Formel werden die Regressionskoeffizienten für Lebendmasse höher. Wenn der Kraftfutteranteil anstelle der Kraftfuttermenge in die Formel Eingang findet, ergeben sich höhere Regressionskoeffizienten für Lebendmasse.

LINDNER et al. (1981) und SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1985) haben außerdem einen Einfluss der Laktationszahl auf den Regressionskoeffizienten für Lebendmasse festgestellt. Als physiologische Erklärung für die unterschiedlichen Regressionskoeffizienten kann angeführt werden, dass höhere Lebendmassen bei jüngeren Tieren wesentlich mehr mit einem größeren Rahmen und damit höherer Futteraufnahme-kapazität verbunden sind als bei älteren Kühen, bei denen höhere Lebendmasse häufig mit stärkerer Verfettung einhergeht, welche über die physiologische Regulation die Futteraufnahme redu-

ziert. Aus der Literaturübersicht von SCHWARZ und GRUBER (1999) geht hervor, dass die Regressionskoeffizienten für Lebendmasse im Bereich von 0,5 kg TM (ROSELER et al. 1997) bis 1,7 kg TM (MERTENS 1994) pro Anstieg der LM um 100 kg liegen. Zwischen diesen Werten liegen die Angaben vieler Autoren, was den vorliegenden Ergebnissen gut entspricht (1,2 kg TM – MENKE 1987, 1,0 kg TM – INRA 1989, 0,9 kg TM – HOLTER et al. 1997). Im Mittel der Literatúrauswertung betrug der Regressionskoeffizient für Kühe der ersten Laktation 1,2, für die weiteren Laktationen 0,8 und ohne Berücksichtigung der Laktationszahl 1,3 kg TM pro Anstieg der LM um 100 kg.

Der mittlere Regressionskoeffizient für die Lebendmasse-Veränderung beträgt 0,21 (Formel 3) bzw. 0,28 kg TM pro kg Lebendmasse-Veränderung (Formel 4). Die Werte dieser Regressionskoeffizienten sind höher zu Beginn und am Ende der Laktation und spiegeln so eine unterschiedliche Füllung des Verdauungstraktes sowie einen unterschiedlichen Energiegehalt der Zu- bzw. Abnahmen wider (Tabelle 5). Allerdings ist die Beziehung zwischen Laktationstag und Regressionskoeffizient für die Lebendmasse-Veränderung nicht so eng ($R^2 = 53$ bzw. 71% , nicht dargestellt) wie bei den anderen Regressionskoeffizienten. Dies ist auf die bekannten Probleme bei der Feststellung der Lebendmasse zurückzuführen (Füllung des Verdauungstraktes). Weiters ist zu berücksichtigen, dass die Mobilisation und Retention von Körperreserven durch die Veränderung der Lebendmasse nur unzureichend beschrieben werden kann (unterschiedliche Füllung des Verdauungstraktes, Einlagerung von Wasser in Folge Fetteinschmelzung im Zuge der β -Oxidation, Entwicklung von Fötus und Euter; siehe KIRCHGESSNER 1997, FOX et al. 1999, MARTIN und SAUVANT 2002, LINS et al. 2003). Die Körperkondition zur Beschreibung des Ernährungszustandes liegt in diesem Datenmaterial nicht vor. Der mittlere Regressionskoeffizient für die Milchleistung beträgt 0,22, d.h. die Gesamtfutteraufnahme erhöht sich durchschnittlich um 0,22 kg TM pro kg Milch. Wenn an Stelle der Milch die energiekorrigierte Milch (ECM) im Modell verwendet wird, ergeben sich natür-

lich andere Regressionskoeffizienten. Auf die Genauigkeit der Schätzformel hatte es allerdings kaum einen Einfluss, ob Milch, ECM oder die Fett/Eiweiß-Leistung (kg) als Parameter für die Milchleistung herangezogen wurden. In der Arbeit von GRUBER et al. (2001) erwies sich die Milch gegenüber der ECM als überlegen. Ein wesentlicher Grund für diesen Unterschied dürfte in der Tatsache zu suchen sein, dass im nun vorliegenden, wesentlich umfangreicheren Datenmaterial auch eine größere Streubreite in den Milchinhaltsstoffen gegeben ist. So liegen aus Iden (teilweise SMR-Kreuzungen) und Zürich (teilweise Jersey) besonders hohe Fettgehalte vor (Tabelle 3), auch die Streuung der Milchproteingehalte ist beträchtlich. Somit würde die Berücksichtigung der Milchinhaltsstoffe im Regressionskoeffizienten für die Milchleistung durchaus Sinn machen, weil dadurch die Energieabgabe mit der Milch als Parameter für den Leistungsbedarf besser erfasst würde (physiologische Steuerung der Futteraufnahme). Dem ist allerdings entgegenzuhalten, dass in der ECM die Fettkomponente stark zum Tragen kommt. Damit wird wohl einerseits die Energieabgabe mit der Milch richtig erfasst, andererseits muss auch beachtet werden, dass – besonders in Phasen und Situationen ausgeprägten Energiedefizits (also besonders zu Laktationsbeginn) – ein gewisser Teil des Milchfetts direkt aus der Fettmobilisation der Kuh kommt (BERGMAN 1971, KRONFELD 1971). Dies hat zur Folge, dass in einer solchen Situation hohe Energieabgaben in der Milch mit reduzierter Futteraufnahme gekoppelt sind, was bei der statistischen Auswertung letztendlich die Beziehung zwischen Futteraufnahme und Milchleistung überlagert bzw. abschwächt.

Wie Abbildung 3 (oben) zeigt, folgt auch der Regressionskoeffizient für Milchleistung einem von der Laktation abhängigen Verlauf. Der Regressionskoeffizient steigt von Laktationsbeginn bis Laktationsende deutlich von 0,08 auf 0,23 kg TM pro kg Milch an. Diese großen, statistisch gesicherten Unterschiede rechtfertigen nicht die Anwendung eines durchschnittlichen, über alle Laktationsmonate gepoolten Regressionskoeffizienten und erhöhen die Schätzgenauigkeit bei der Anwendung der Formel wesent-

lich. Auch diese Ergebnisse können physiologisch interpretiert werden. Der Stoffwechsel der Kuh erfährt während der Laktation grundlegende Veränderungen über die hormonelle Steuerung (SCHEUNERT und TRAUTMANN 1987, FLATT und MOE 1971, SWAN 1979, BAUMANN und CURRIE 1980, VERNON 1988, INRA 1989, GRUBER et al. 1995). Zu Laktationsbeginn liegt ein mehr oder weniger großes Energie-defizit vor, in dem die Kuh je nach Leistungspotenzial und Versorgung über das Futter ihre Körperreserven mobilisiert (katabole Stoffwechsellage). Dies wird in einem besonders niedrigen Regressionskoeffizienten für Milchleistung sichtbar. Im weiteren Verlauf der Laktation nimmt die Mobilisation ab und zwischen Futteraufnahme und Leistung besteht ein relatives Gleichgewicht. Zu Laktationsende übersteigt die Futteraufnahme den Leistungsbedarf und es kommt neben der Bildung von Konzeptionsprodukten der Trächtigkeit zu einem Ansatz von Körperreserven (anabole Phase). Aus diesem Grund sind die Regressionskoeffizienten zu Beginn und zu Ende der Laktation niedriger – zu Laktationsbeginn kommt ein Teil der Energie aus den Körperreserven (und nicht nur aus dem Futter) und zu Laktationsende geht ein Teil der Futterenergie in Körperreserven. Die Beziehung von Futteraufnahme und Milchleistung ist also in diesen Phasen von Mobilisationsvorgängen bzw. Anlagen von Körperreserven überlagert. Dies ist in der Mitte der Laktation nicht (oder weniger ausgeprägt) der Fall. Somit ergeben sich Regressionskoeffizienten, die sich zwischen 0,11 und 0,23 bewegen (also ein Unterschied von 100%). Allerdings nimmt der Regressionskoeffizient gegen Laktationsende in wesentlich geringerem Ausmaß ab als in der Auswertung des Gumpensteiner Datenmaterials (GRUBER et al. 2001b). Dafür gibt es zwei Erklärungsmöglichkeiten: Erstens liegt das Leistungsniveau der Tiere im nun vorliegenden Datenmaterial deutlich höher und die Kühe benötigen für diese Leistung auch entsprechend Nährstoffe. Zweitens waren die Kühe zu Laktationsbeginn nicht im gleichen Ausmaß energetisch unterversorgt wie in den Gumpensteiner Versuchen und mussten folglich zu Laktationsende auch nicht so viele Körperreserven wieder auffüllen.

Die Berücksichtigung der Lebendmasse-Veränderung verändert die Regressionskoeffizienten für Milchleistung in keiner Weise. Wenn der Kraftfutteranteil anstelle der Kraftfuttermenge in die Formel Eingang findet, ergeben sich wesentlich höhere Regressionskoeffizienten für Milchleistung.

In der Literaturobwertung von SCHWARZ und GRUBER (1999) betragen die Regressionskoeffizienten für Milchleistung im Mittel der Kühe der ersten Laktation 0,36 kg, der weiteren Laktationen 0,31 kg und bei Kühen ohne Unterscheidung der Laktationszahl 0,24 kg TM pro Anstieg der Milchleistung um 1 kg. Relativ niedrige Werte geben MENKE (1987) mit 0,13 kg und LINDNER et al. (1981) mit 0,15 kg TM an. Im mittleren Bereich der Literaturdaten liegen VADIVELLO und HOLMES (1979) mit 0,18 kg, MERTENS (1994) mit 0,24 kg, INRA (1989) mit 0,27 kg und BROWN et al. (1977) mit 0,28 kg TM pro Anstieg der Milchleistung um 1 kg. Die höchsten Regressionskoeffizienten werden in den amerikanischen Arbeiten von ROSELER et al. (1997), HOLTER et al. (1997) und NRC (1989) berichtet (0,33, 0,36 und 0,39 kg TM pro kg Milch). Damit sind die Literaturwerte teilweise höher als in der vorliegenden Untersuchung bzw. entsprechen eher den Werten ab der Laktationsmitte (siehe *Abbildung 3*). Das Laktationsstadium dürfte auch die wesentliche Erklärung für die Unterschiede sein, da Fütterungsversuche, aus denen die Formeln abgeleitet werden, vorwiegend im Bereich der Laktationsmitte durchgeführt werden. Das vorliegende Datenmaterial stammt dagegen aus Versuchen, die in vielen Fällen über die ganze Laktation gegangen sind. Ein weiterer Grund für die hohen Regressionskoeffizienten für Milchleistung in den amerikanischen Arbeiten liegt in den hohen Kraftfutteranteilen und damit hohen Energieniveaus, bei welchen in jenen Produktionsbedingungen Milch erzeugt wird. In solchen Situationen überwiegt nach MERTENS (1994) die physiologische Regulation der Futteraufnahme, die in einer engen Beziehung zwischen Milchleistung und Futteraufnahme (d.h. hoher Regressionskoeffizient für Milchleistung) zum Ausdruck kommt. Daneben spielt natürlich auch das statistische Modell (die Auswahl der die Futterauf-

nahme beeinflussenden Faktoren) für die Werte der Regressionskoeffizienten eine Rolle.

Der Regressionskoeffizient für Kraftfutter beschreibt die Erhöhung der Gesamtfutteraufnahme pro zusätzlichem kg Kraftfutter und somit indirekt auch die Grundfuttermverdrängung. Im Durchschnitt erhöht sich die Gesamtfutteraufnahme um 0,47 kg pro kg Kraftfutter (TM), was einer Grundfuttermverdrängung von 0,53 entspricht. Dies ist nahezu identisch mit dem von GRUBER et al. (2001b) angegebenen Wert (0,45) aus dem Gumpensteiner Datenmaterial. Auch der Einfluss des Kraftfutters auf die Gesamtfutteraufnahme ist stark laktationsabhängig und nimmt während der Laktation signifikant von 0,65 auf 0,35 ab. Dies kann ebenfalls aus dem Blickwinkel der physiologischen Regulation der Futteraufnahme erklärt werden. Die Aufrechterhaltung einer ausgeglichenen Energiebilanz ist das übergeordnete Wirkungsprinzip bei der physiologischen Regulation der Futteraufnahme (WANGSNESS und MULLER 1981). So ist es selbstverständlich, wenn die Kühe zu Laktationsbeginn – also in Situationen eines mehr oder weniger starken Energiedefizits – auf Kraftfutter besonders deutlich mit einer Erhöhung der Futteraufnahme reagieren, da sie einen hohen Bedarf an Energie haben. Da die Energiebilanz während der Laktation – wie oben gezeigt – auf Grund hormoneller Steuerung mehr und mehr positiv wird, reagiert die Kuh auf Kraftfutter zunehmend geringer mit einer Erhöhung der Futteraufnahme, weil dadurch ein zu großer Energieüberschuss entstünde. Der in der *Formel 2* und *4*, d.h. für TMR-Rationen, an Stelle der Kraftfutter-Menge (kg TM) herangezogene Kraftfutter-Anteil (% der IT) zeigt dieselbe Abhängigkeit vom Laktationsstadium wie die Kraftfutter-Menge (*Abbildung 3* unten). Die unter anderem von EKERN (1972) festgestellte, höhere Grundfuttermverdrängung zu Laktationsbeginn dürfte somit andere Ursachen haben. KIRCHGESSNER und SCHWARZ (1984) haben als Erklärung angeführt, dass Kühe zu Laktationsbeginn eine geringere Grundfutteraufnahmekapazität aufweisen und dadurch ein höherer Kraftfutteranteil entsteht, der über eine Absenkung des pH-Wertes im Pansen zu

einer scheinbar größeren Verdrängung führt, obwohl aus physiologischer Sicht das Gegenteil zu erwarten ist.

Die Verdrängung des Grundfutters durch Kraftfutter hat im wesentlichen zwei Ursachen: (1) Absenkung des pH-Wertes durch die rasche Fermentation der leichtverdaulichen Kohlenhydrate vorwiegend zu Propionsäure und verminderter Abpufferung der Säuren infolge reduzierter Wiederkautätigkeit und somit Speichelbildung. Dieser zu tiefe pH-Wert hemmt die Aktivität gerade der zellulolytischen Pansenmikroben und verlangsamt somit den Abbau des Grundfutters in den Vormägen und in der Folge dessen Aufnahme (KAUFMANN 1976, ORSKOV 1986, LEBZIEN et al. 1981, VAN HOUTERT 1993, VAN SOEST 1994). (2) Nach Untersuchungen von FAVERDIN et al. (1991) hängt das Ausmaß der Grundfuttermverdrängung vor allem vom Stand der Energiebilanz der Kuh ab, d.h. auch in dieser Untersuchung wird die Grundfuttermverdrängung hauptsächlich über die physiologische Regulation der Futteraufnahme erklärt. Bei hohen Energieüberschüssen wurden hohe Verdrängungsraten ermittelt und umgekehrt. In dieses Bild fügt sich auch die Literaturübersicht von COULON und REMOND (1991) ein, die bei hohem Energieversorgungsgrad über Kraftfutter eine niedrige Milchleistungssteigerung mit erhöhter Energiezufuhr festgestellt haben und umgekehrt. So ist auch das breite Spektrum an Verdrängungsraten zu erklären, das in der Literatur vorliegt. Exemplarisch dazu haben FAVERDIN et al. (1991) drei Hauptfaktoren der Grundfuttermverdrängung untersucht. (1) Grundfutterration (Heu, Grassilage, Maissilage); (2) Kraftfutterart (stärkereich wie Getreide, hochverdauliche Faser wie Trockenschnitzel sowie Sojaschalen und niedrigverdauliche Faser wie Kleien, Hafer oder Sonnenblumenkuchen); (3) Kraftfutterniveau (niedrig, mittel, hoch). In Abhängigkeit von diesen drei Hauptfaktoren wurden Verdrängungsraten von 0,3 bis über 0,8 kg TM pro kg TM Kraftfutter ermittelt, wobei – wie oben ausgeführt – die Energiebilanz hauptverantwortlich für das Ausmaß der Verdrängung war. Die Verdrängung war höher bei Maissilage, bei stärkerem Kraftfutter und bei hohem Kraftfutterniveau. Im INRA Fill-unit-

System (1989) wird das Ausmaß der Grundfutterverdrängung mit steigender Milchleistung geringer und mit steigendem Futterwert höher, woraus ebenfalls ein Zusammenhang von Grundfutterverdrängung und Energiebilanz sichtbar wird. Dies gilt sinngemäß auch für die Wechselwirkung von Grundfutterqualität und Kraftfutter hinsichtlich der Grundfutterverdrängung. So haben KLEINMANS und POTTHAST (1984) und PIATKOWSKI et al. (1990) bei höherer Grundfutterqualität eine höhere Grundfutterverdrängung ermittelt, weil eben bei höherer Grundfutterqualität eher eine positive Energiebilanz erzielt wird.

Wie aus Abbildung 3 (unten) ersichtlich, führt eine Extrapolation der Regressionskoeffizienten für Kraftfutter über 305 Laktationstage hinaus zu unpassenden (nämlich zu hohen) Werten. Für die Anwendung dieser Gleichung in EDV-Programmen wird daher empfohlen, in diesem Fall (Berechnung Regressionskoeffizienten für Kraftfutter) die Laktationstage mit 305 zu begrenzen. Dies gilt sinngemäß auch für die Berechnung des Laktationseinflusses (Abbildung 1 oben), wo eine Extrapolation zu niedrige Werte ergäbe.

Die Grundfutterqualität ist neben dem Kraftfutter der zweite entscheidende nutritive Einflussfaktor auf die Futteraufnahme. Als Parameter zur Beschreibung der Grundfutterqualität wurde die Energiekonzentration (MJ NEL/kg TM) gewählt, weil dieser Wert auch für die Energieversorgung verwendet wird und somit Grundlage jeder Rationsberechnung ist. Andere Parameter – wie XF, NDF, ADF oder dOM – unterscheiden sich in der Genauigkeit der Futteraufnahmehorhersage nicht wesentlich von NEL (GRUBER et al. 2001b, nicht angeführt). Der Regressionskoeffizient für den NEL-Gehalt beträgt im Durchschnitt 0,83 (Steigerung der Futteraufnahme pro MJ NEL des Grundfutters, *Formel 1* und *3*). Er ist somit deutlich niedriger als der von GRUBER et al. (2001b) ermittelte Wert von 1,2 und ändert sich im Gegensatz zu den anderen bisher diskutierten Regressionskoeffizienten nicht im Laufe der Laktation. Eine sehr wahrscheinliche Erklärung für den niedrigeren Regressionskoeffizienten des NEL-Gehaltes liegt im Grad der Energieversorgung der Kühe

in den einzelnen Instituten (*Tabelle 3*). Auf Grund spezieller Fragestellungen war die Energieversorgung der Kühe in Gumpenstein deutlich negativ (im Mittel – 6,6 MJ NEL), während sie in den meisten Instituten deutlich positiv war, also Energieüberschuss vorlag (+8, +6 und +13 MJ NEL in Weihestephan, Grub und Braunschweig). Aus Sicht der physiologischen Regulation der Futteraufnahme muss die Bedeutung der Energiekonzentration für die Futteraufnahme zurückgehen (MERTENS 1994), wenn die Kühe in positiver Energiebilanz sind, weil sie „bestrebt“ sind, eine ausgeglichene Energiebilanz zu erreichen (WANGSNESS und MULLER 1981).

Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass neben dem grundsätzlichen Parameter der Futtermittel, der die Abbaurate im Pansen beschreibt (NEL, dOM, XF, NDF, etc.) natürlich die Konservierungsqualität einen maßgeblichen Einfluss auf die Grundfutteraufnahme ausübt. Diesbezügliche Informationen enthielt das vorliegende Datenmaterial nicht. Mit Hilfe von Korrekturfaktoren aus der Literatur können bzw. sollten gewisse Anpassungen vorgenommen werden. Auch weitere Faktoren wie Zerkleinerungsgrad, Häcksellänge (PREISSINGER et al. 1997a, PREISSINGER et al. 1998) etc. konnten in der Formel nicht berücksichtigt werden.

Die in der Literatur angegebenen Regressionskoeffizienten für NEL_{GF} erstrecken sich über einen weiten Bereich. Nach einer Übersicht von SCHWARZ und GRUBER (1999) wurden von den einzelnen Autoren Werte von 0,5 kg (ROSELER et al. 1997), 0,9 kg (BROWN et al. 1977, MERTENS 1994), 1,7 kg (GRUBER et al. 1990) bis 2,3 kg TM (MENKE 1987) pro Anstieg des NEL-Gehaltes im Grundfutter um 1 MJ/kg TM ermittelt. Der Durchschnittswert dieser Literaturlauswertung betrug für Kühe der ersten Laktation 0,51 kg, der weiteren Laktationen 0,67 kg und bei Kühen ohne Unterscheidung der Laktationszahl 1.61 kg TM pro Anstieg des NEL-Gehaltes im Grundfutter um 1 MJ/kg TM. Die grundlegenden Zusammenhänge zwischen dem Gehalt der Pflanzen an Gerüstsubstanzen bzw. deren Verdaulichkeit und der Futteraufnahme wurde von JUNG und ALLEN (1995) beschrieben.

Von den weiteren nutritiven Einflussfaktoren erwiesen sich der Anteil des Heus und der Maissilage (% des Grundfutters, TM) als signifikant. Sie besagen, dass die Gesamtfutteraufnahme pro 10 % Heu um 0,06 - 0,07 kg TM und pro 10 % Maissilage um 0,06 (*Formel 1* und *3*) bzw. um 0,10 kg TM (*Formel 2* und *4*) ansteigt. Aus dem INRA Fill-unit-System (1989) geht hervor, dass den Futtermitteln ein spezifischer Füllwert (fill value) zukommt, der nicht unbedingt parallel zur Verdaulichkeit bzw. Energiekonzentration verläuft. Nach MERTENS (1994) wird die Pansenfüllung der Futtermittel (d.h. die physikalische Regulation der Futteraufnahme) am besten durch den Gehalt an NDF beschrieben.

Auch das Protein/Energie-Verhältnis der Gesamtration (g XP/MJ NEL) übte einen signifikanten Einfluss auf die Futteraufnahme aus. Dies ist mit dem N-Stoffwechsel des Pansens zu erklären. Die Pansenmikroben benötigen für ihr Wachstum Stickstoff-Komponenten (NH_3 , teilweise Peptide und Aminosäuren), und zwar im Ausmaß der von den Mikroben produzierten Proteinmenge. Dieser Stickstoff kommt aus dem abgebauten Futterprotein und im Falle von N-Mangel zu einem gewissen Grad aus dem N-Recycling über den ruminohepatischen Kreislauf (ORSKOV 1982, RUSSEL et al. 1992, VAN SOEST 1994, GfE 2001). Eine Unterversorgung an N beschränkt die Pansenfermentation nicht, solange dies durch das N-Recycling über den ruminohepatischen Kreislauf kompensiert wird. Ab einem Proteingehalt von 6 - 8 % ist der N-Bedarf der Mikroben nicht mehr zu decken und Verdaulichkeit sowie Futteraufnahme werden reduziert (VAN SOEST 1994). Die untere Grenze für ein optimales Mikrobewachstum wird durch einen Gehalt von 5 - 10 mg NH_3 -N/100 ml Pansensaft beschrieben (SATTER und ROFFLER 1975, PIATKOWSKI et al. 1990). Diese Zusammenhänge werden eindeutig aus der kurvilinearen Beziehung zwischen Proteingehalt und Futteraufnahme in *Abbildung 1* (unten) sichtbar. Ausgehend vom mittleren XP/NEL-Verhältnis des vorliegenden Datenmaterials (23 g/MJ) wird die Futteraufnahme deutlich mehr und in zunehmender Form vermindert, wenn der Proteingehalt abnimmt (-1,3 kg TM) als die Futterauf-

nahme zunimmt, wenn der Proteingehalt erhöht wird (+0,7 kg TM). Dies stimmt gut mit den oben diskutierten theoretischen Grundlagen des N-Stoffwechsels im Pansen überein und wird bestätigt durch zahlreiche Fütterungsversuche in der Literatur, die zeigen, dass die Futtermittelaufnahme in den Proteinmangel-Gruppen häufig erniedrigt ist (GRUBER et al. 1991b, SUTTON et al. 1996, ASTON et al. 1998, KRÖBER et al. 1999, NRC 2001, ETTLE und SCHWARZ 2002a und b, RUIZ et al. 2002). OLDHAM und SMITH (1980) kommen in ihrer Literaturübersicht zum Schluss, dass die Protein-Effekte auf die Futtermittelaufnahme sowohl von der Erhöhung der Verdaulichkeit als auch von der metabolischen Wirkung über verbesserte Versorgung mit Aminosäuren herrühren.

Zusammenfassend ergeben die statistischen Analysen, dass je nach Modell (*Formel 1, 2, 3, 4*) tierbedingte Faktoren (Lebendmasse, Lebendmasse-Veränderung, Milch) etwa 55, 60, 57 bzw. 62 % der Streuung erklären und der Rest der Streuung (45, 40, 43, 38 %) auf fütterbedingte Einflussfaktoren (Kraftfutter, NEL-Gehalt des Grundfutters, Grundfütterzusammensetzung, Energie/Protein-Verhältnis) zurückzuführen ist. Durch die Hereinnahme der Lebendmasse-Veränderung erhöht sich der Prozentsatz tierbedingter Faktoren, ebenso durch die Verwendung von Kraftfutteranteil an Stelle von Kraftfuttermenge. Von den tierbedingten Faktoren ist die Milchleistung zu 55 - 60 % beteiligt, bei den fütterbedingten Einflussfaktoren gehen 61 - 68 % vom Kraftfutter aus. Damit ist der Anteil tierbedingter Faktoren etwas höher als in der Auswertung des Gumpensteiner Datenmaterials (GRUBER et al. 2001b), was wiederum mit dem Futtermittelaufnahme-Modell (NDF/NEL-System) von MERTENS (1994) zu erklären ist. Die vorliegenden, umfangreichen Daten sind im Mittel durch eine ausgeglichene Energiebilanz charakterisiert, während in Gumpenstein eine energetische Unterversorgung von 6,6 MJ NEL vorlag (*Tabelle 3 und 4*). Je höher die Energieversorgung (relativ zum Bedarf) ist, desto mehr entscheiden physiologische Komponenten (vor allem die Milchleistung) über die Futtermittelaufnahme (physiologische Regulation). Ist dagegen

die Energiekonzentration relativ zur Milchleistung zu niedrig, fressen die Tiere das Futter primär in einem Ausmaß, wie es die Pansenfüllung erlaubt (physikalische Regulation). Dies zeigen auch die Regressionskoeffizienten für Milchleistung und NEL-Gehalt des Grundfutters.

Validierung der Schätzformeln

Mit den Schätzformeln zu Grunde liegenden statistischen Modell waren etwa 86 (*Formel 1 und 3*) bzw. 83 % (*Formel 2 und 4*) der Varianz der Futtermittelaufnahme zu erklären. Der Restfehler beträgt 1,4 bzw. 1,5 kg TM, was einem Varianzkoeffizienten von 7,6 - 8,5 % entspricht (*Tabelle 5*). Damit weisen die vorliegenden Formeln einen höheren Schätzfehler auf als die von GRUBER et al. (2001b) aus einem Institut (BAL Gumpenstein) erarbeiteten Gleichungen, obwohl der Effekt des Institutes im statistischen Modell enthalten war. Wie aus *Abbildung 1* (unten) zu erkennen, ist der Unterschied zwischen den Instituten zum Teil beträchtlich (unter Konstanthaltung aller weiteren Einflussfaktoren). Allerdings heben sich die Instituteinflüsse auf (zwei deutlich über dem Mittel liegenden Instituten stehen vier darunterliegende gegenüber). Die Berücksichtigung des Einflusses der Institute war unbedingt erforderlich, um den Effekt der oben diskutierten physiologischen und nutritiven Einflussfaktoren auf die Futtermittelaufnahme unverfälscht vom jeweiligen Standort zu erhalten.

Die Ergebnisse der Validierung der 4 Schätzgleichungen sind in *Abbildung 5* angeführt und in *Tabelle 6* zusammengefasst. Die *Formeln 1 und 3* (für herkömmliche, getrennte Vorlage der Futtermittel) brachten eine etwas bessere Übereinstimmung zwischen geschätzter und tatsächlicher Futtermittelaufnahme ($R^2 = 67,3$ bzw. $67,5$ %) als die Formeln für TMR-Fütterung ($R^2 = 64,9$ bzw. $65,1$ %). Der Restfehler der Beziehung zwischen geschätzter und tatsächlicher Futtermittelaufnahme beträgt 2,1 - 2,2 kg TM (Variationskoeffizient etwa 12 %). Die Unterschiede zwischen *Formel 1* bzw. *3* und *Formel 2* bzw. *4* sind bereits an den statistischen Kennzahlen der Schätzformeln

selbst zu ersehen (*Tabelle 5*). Der Grund für die etwas geringere Schätzgenauigkeit der „TMR-Gleichungen“ liegt an der Verwendung des Kraftfutteranteils an Stelle der Menge für den Einfluss des Kraftfutters. Die Parameter Kraftfuttermenge bzw. Kraftfutteranteil sind nicht völlig identisch. Die Verwendung von Kraftfutteranteil bedeutet, dass neben dem Kraftfutter zugleich auch das Grundfutter miteinfließt, während die Kraftfuttermenge (abgesehen von der Grundfuttermittelverdrängung) unabhängig von der Grundfütteraufnahme ist. Dies ist auch die Erklärung für den doch teilweise anderen Verlauf der Regressionskoeffizienten und deren absolutes Niveau (siehe *Abbildung 1 - 3*). Die Berücksichtigung der Lebendmasse-Veränderung im statistischen Modell brachte praktisch keine Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit. Dies ist einmal mehr die Bestätigung, dass die Lebendmasse-Veränderung kein geeigneter Parameter für die Mobilisation bzw. Retention von Körperreserven ist. Dies umso mehr, als versucht wurde, die Fehler bei der Bestimmung der Lebendmasse durch Glättung über Polynome abzuschwächen.

Die Analyse der Beziehung von geschätzter und tatsächlicher Futtermittelaufnahme und deren Aufteilung in Bias, Regression und Zufall nach BIBBY und TOUTENBURG (1977) zeigt, dass die Streuung zum überwiegenden Teil (49 - 65 %) zufallsbedingt ist. Etwa ein Drittel der Streuung (27 - 45 %) beruhen auf einer systematischen Abweichung und nur ein geringer Teil (5 - 8 %) ist auf eine regressionsbedingte Abweichung zurückzuführen. Eine systematische Abweichung bedeutet eine prinzipielle Verschiebung der Schätzwerte von den tatsächlichen Daten über den ganzen Bereich, während eine regressionsbedingte Abweichung auf eine Über- oder Unterschätzung nur in einem Teil des Datenbereichs (oben oder unten) hinweist. Die Formeln unterscheiden sich in den diesbezüglichen Charakteristika. Die *Formeln 1 und 3* haben weniger Bias und mehr Zufall, in den *Formeln 2 und 4* ist die regressionsbedingte Abweichung niedriger. Insgesamt führen die Formeln zu einer leichten Überschätzung der Futtermittelaufnahme. Der Restfehler von 7,5 bis 8,5 % (auf Basis der Schätzgleichung)

Tabelle 5: Futteraufnahme-Schätzformeln (Gesamtfutteraufnahme, kg TM pro Tag)

Parameter	Einheit		Formel 1	Formel 2	Formel 3	Formel 4
Futtermaterial			getrennt	gemischt	getrennt	gemischt
Berücksichtigung der LM-Veränderung			Nein	Nein	Ja	Ja
Intercept		-	-1,747	-2,364	-1,639	-2,264
Effekt der Laktationszahl	n	1 2 - 3 = 4	-0,680 0,431 0,000	-0,541 0,458 0,000	-0,635 0,441 0,000	-0,456 0,480 0,000
Effekt des Laktationstages	d	a Laktag Laktag ²	-4,846 0,0374 -0,00007314	-5,631 0,0446 -0,00008832	-4,827 0,0401 -0,00008368	-5,396 0,0428 -0,00008512
Regressionskoeffizient für Lebendmasse	kg	a Laktag Laktag ²	0,0150 -0,0000324 0,000000044	0,0179 -0,0000395 0,000000066	0,0161 -0,0000362 0,000000051	0,0197 -0,0000430 0,000000070
Regressionskoeffizient für Lebendmasse-Veränderung	kg/Tag	a Laktag Laktag ²	- - -	- - -	0,320 -0,002109 0,00000695	0,517 -0,003947 0,00001167
Regressionskoeffizient für Milchleistung (nicht ECM)	kg/Tag	a Laktag Laktag ²	0,07555 0,000771 -0,00000080	0,19380 0,000747 -0,00000104	0,07859 0,000729 -0,00000064	0,19205 0,000741 -0,00000097
Regressionskoeffizient für Kraffuttermenge (TM)	kg KF/Tag	a Laktag Laktag ² Laktag ³	0,6278 0,0002068 -0,00001480 0,000000039	- - - -	0,5927 0,0006422 -0,00001695 0,000000042	- - - -
Regressionskoeffizient für Kraffutteranteil (TM)	% der TM	a Laktag Laktag ² Laktag ³	- - - -	0,0365 0,0005707 -0,00000562 0,000000012	- - - -	0,0297 0,0006419 -0,00000595 0,000000012
Reg.koeff. NEL-Gehalt GF	MJ/kg TM	-	0,8534	0,5244	0,8092	0,4658
Reg.koeff. Anteil Heu (TM)	% GF	-	0,0073	0,0063	0,0072	0,0060
Reg. koeff. Anteil Maissilage (TM)	% GF	-	0,0057	0,0103	0,0059	0,0104
Regressionskoeffizient für XP/NEL-Verhältnis	g/MJ	XP/NEL XP/NEL ²	0,2476 -0,0029221	0,2877 -0,0037965	0,2266 -0,0024886	0,2588 -0,0032047
R ²	%	-	86,2	83,0	86,3	83,4
RSD	kg TM	-	1,38	1,53	1,37	1,51
CV	%	-	7,7	8,5	7,6	8,4

Beispiel: 3. Laktation, 150. Laktationstag

650 kg Lebendmasse, -0,30 kg/Tag Lebendmasseveränderung, 25 kg Milch

5 kg TM Kraffutter, Grundfutter: 5,9 MJ NEL pro kg TM

Grundfütterzusammensetzung: 20 % Heu und 30 % Maissilage (TM)

XP/NEL-Verhältnis der Gesamtration: 23 g XP/MJ NEL

→ Formel 3

Parameter	Regressionskoeffizient	Produkt	Wert
Intercept	-	-	-1,639
Laktationszahl	-	-	+0,441
Laktationstag (L)	-	$-4,827 + 0,0401 \cdot L - 0,00008368 \cdot L^2 = -0,695$	-0,695
Lebendmasse	$0,0161 - 0,0000362 \cdot L + 0,000000051 \cdot L^2 = 0,0118$	$0,0118 \cdot 650 = 7,670$	+7,670
LM-Veränderung	$0,320 - 0,002109 \cdot L + 0,00000695 \cdot L^2 = 0,160$	$0,160 \cdot -0,30 = -0,048$	-0,048
Milchleistung	$0,07859 + 0,000729 \cdot L - 0,00000064 \cdot L^2 = 0,1735$	$0,1735 \cdot 25 = 4,338$	+4,338
Kraffutter	$0,5927 + 0,0006422 \cdot L - 0,00001695 \cdot L^2 + 0,000000042 \cdot L^3 = 0,4494$	$0,4494 \cdot 5 = 2,247$	+2,247
NEL Grundfutter	0,8092	$0,8092 \cdot 5,9 = 4,774$	+4,774
Anteil Heu	0,0072	$0,0072 \cdot 20 = 0,144$	+0,144
Anteil Maissilage	0,0059	$0,0059 \cdot 30 = 0,177$	+0,177
XP/NEL-Verhältnis		$0,2266 \cdot 23 - 0,0024886 \cdot 23^2 = 3,895$	+3,895
Gesamtfutteraufnahme (kg TM)			Summe: 21,304

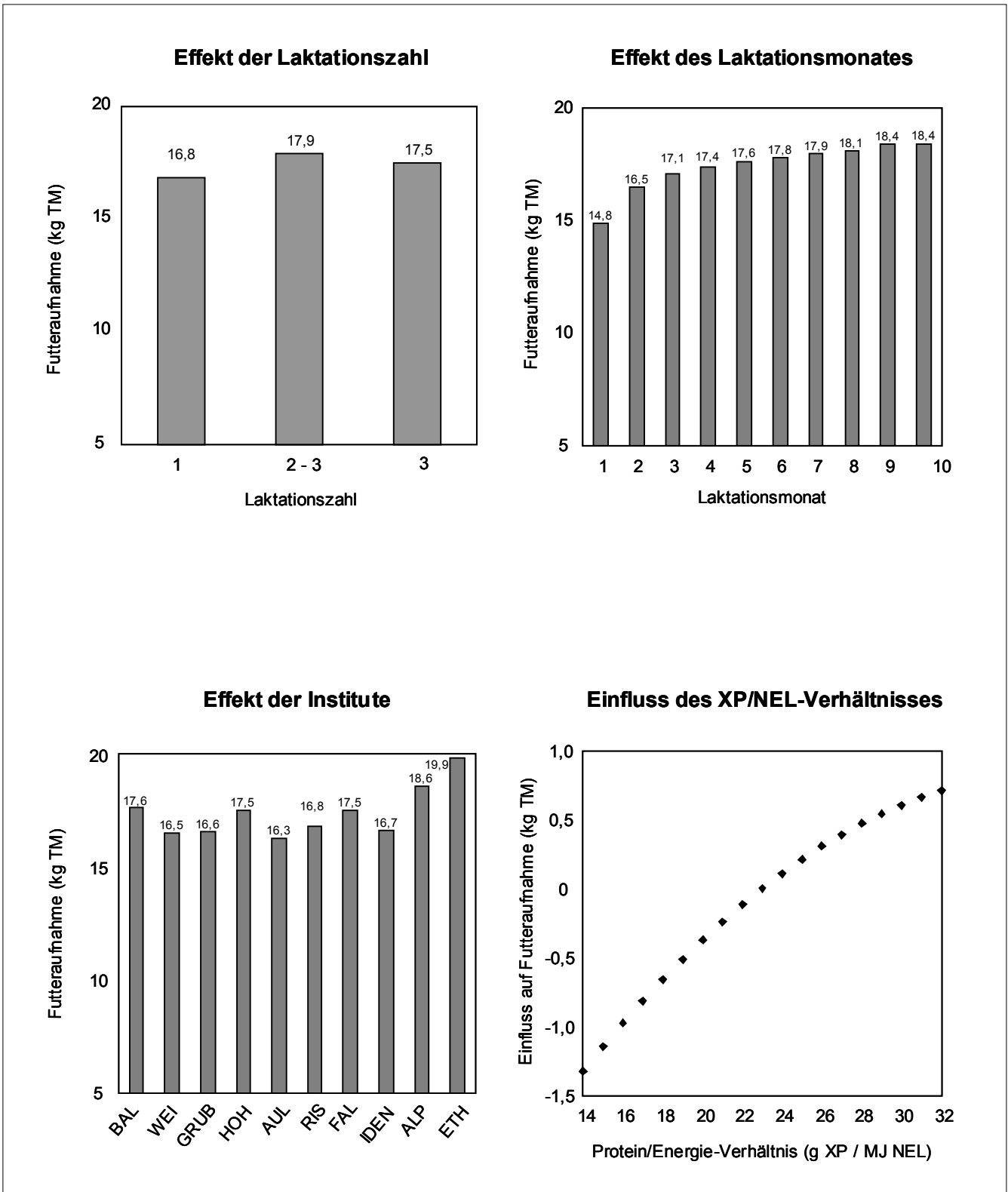


Abbildung 1: Einfluss von Laktationszahl, Laktationsmonat, Institut und Protein/Energie-Verhältnis auf die Futteraufnahme

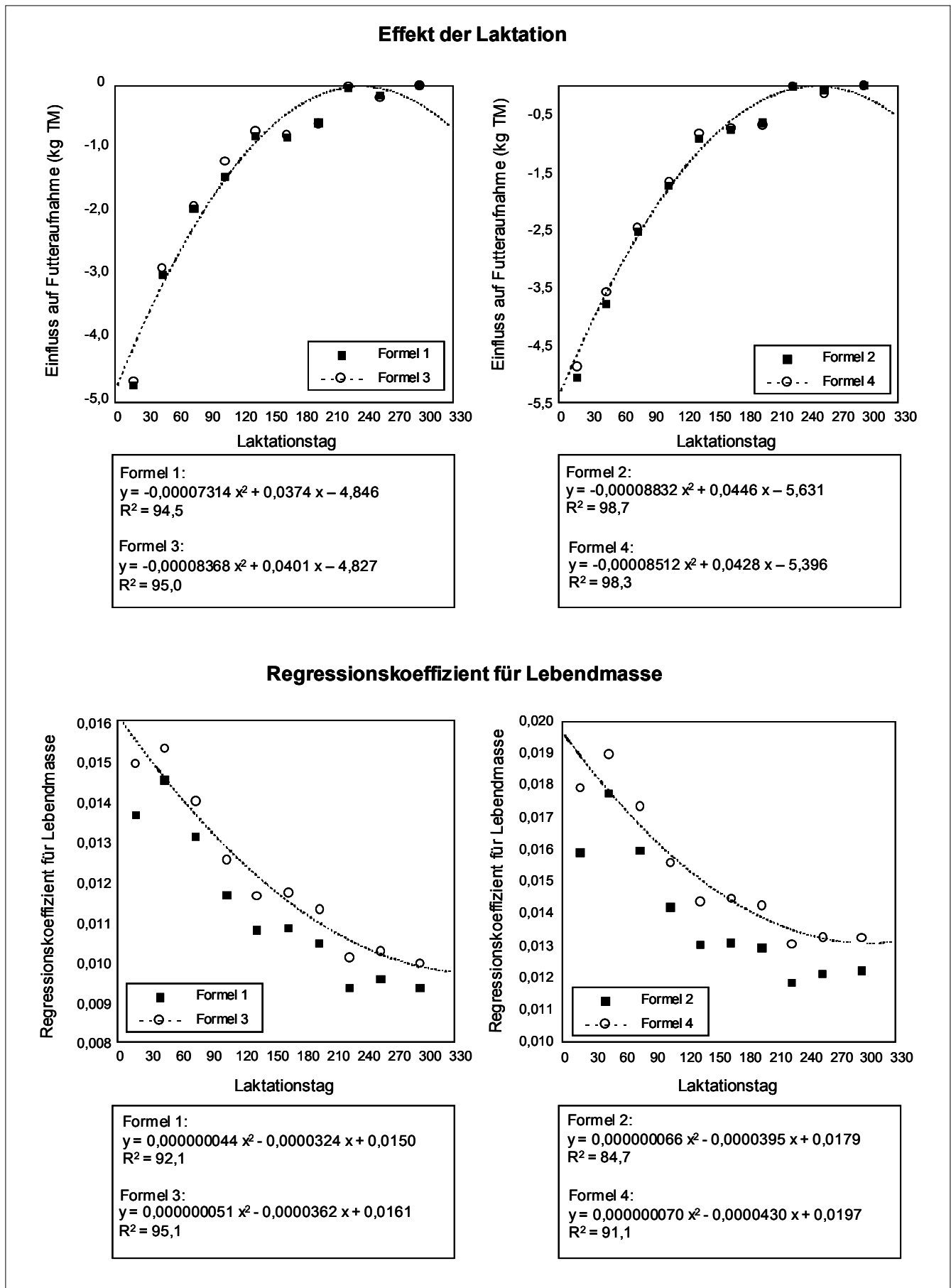
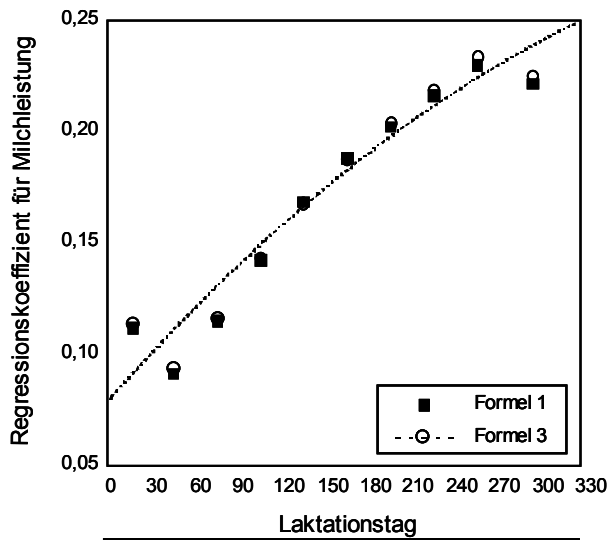


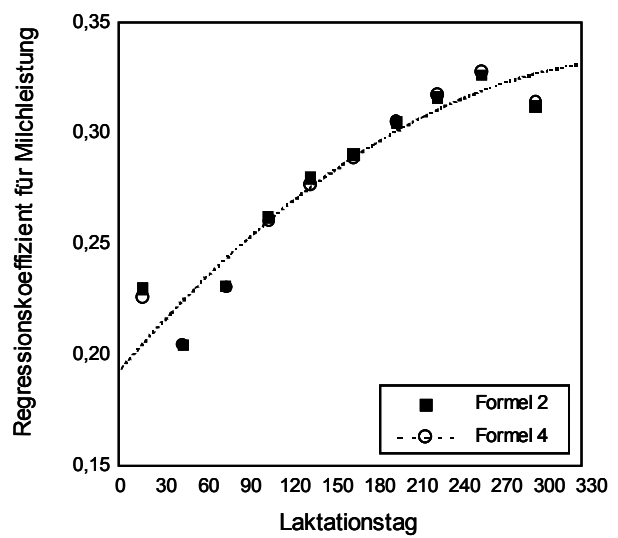
Abbildung 2: Regressionskoeffizienten für Laktationstag und Lebendmasse zur Schätzung der Futteraufnahme

Regressionskoeffizient für Milch



Formel 1:
 $y = -0,00000080 x^2 + 0,000771 x + 0,07555$
 $R^2 = 93,7$

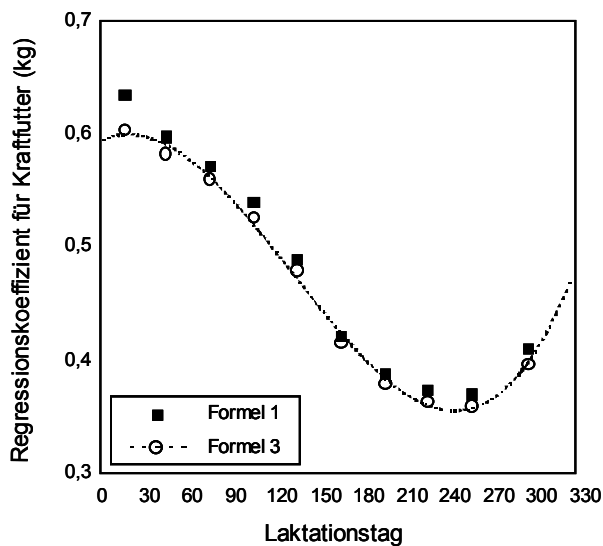
Formel 3:
 $y = -0,00000064 x^2 + 0,000729 x + 0,07859$
 $R^2 = 93,9$



Formel 2:
 $y = -0,00000104 x^2 + 0,000747 x + 0,19380$
 $R^2 = 90,7$

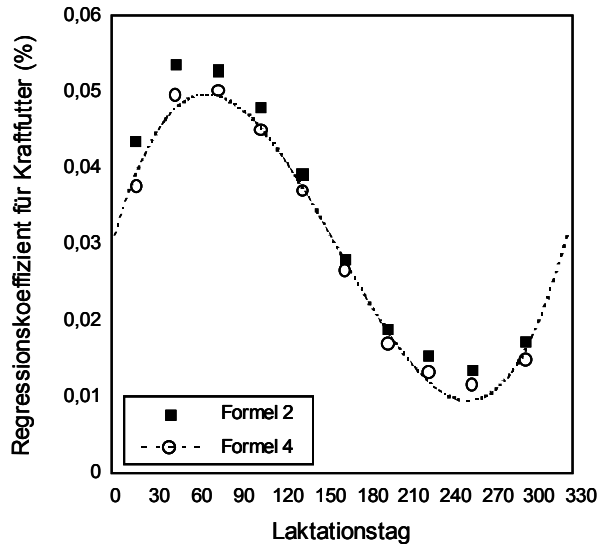
Formel 4:
 $y = -0,00000097 x^2 + 0,000741 x + 0,19205$
 $R^2 = 92,4$

Regressionskoeffizient für Kraftfutter



Formel 1:
 $y = 0,000000039 x^3 - 0,00001480 x^2$
 $+ 0,0002068 x + 0,6278$
 $R^2 = 99,4$

Formel 3:
 $y = 0,000000042 x^3 - 0,00001695 x^2$
 $+ 0,0006422 x + 0,5927$
 $R^2 = 99,6$



Formel 2:
 $y = 0,000000012 x^3 - 0,00000562 x^2$
 $+ 0,0005707 x + 0,0365$
 $R^2 = 99,3$

Formel 4:
 $y = 0,000000012 x^3 - 0,00000595 x^2$
 $+ 0,0006419 x + 0,0297$
 $R^2 = 99,2$

Abbildung 3: Regressionskoeffizienten für Milcheistung und Kraftfutter zur Schätzung der Futteraufnahme

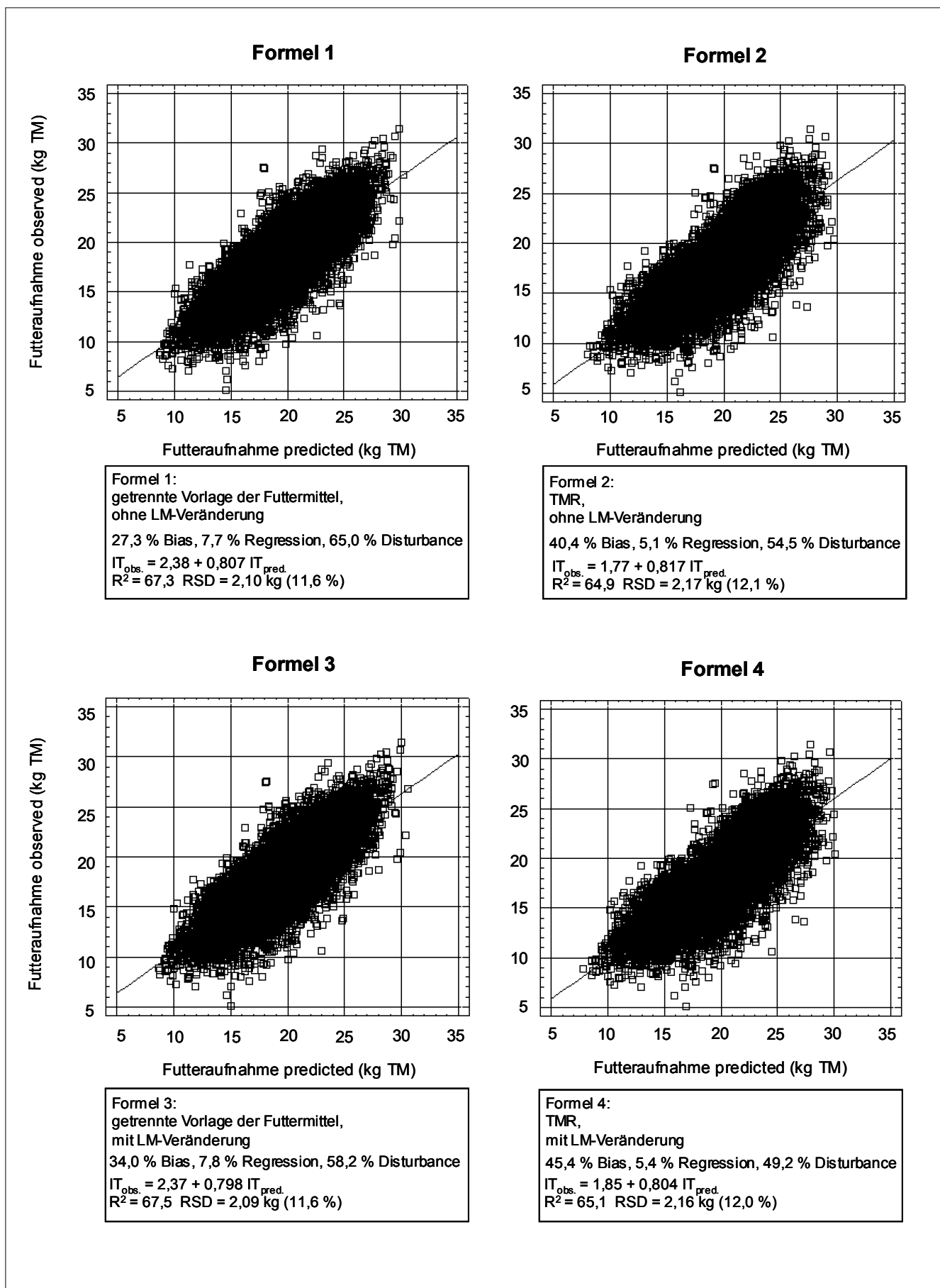


Abbildung 4: Validierung der Schätzformeln

Tabelle 6: Validierung der Schätzformeln

	Formel 1	Formel 2	Formel 3	Formel 4
Intercept (a)	2,38	1,77	2,37	1,85
Regressionskoeffizient (b)	0,807	0,817	0,798	0,804
R ² (%)	67,3	64,9	67,5	65,1
RSD (kg TM)	2,10	2,17	2,09	2,16
CV (%)	11,6	12,1	11,6	12,0
Bias (%)	27,3	40,4	34,0	45,4
Regression (%)	7,7	5,1	7,8	5,4
Disturbance (%)	65,0	54,5	58,2	49,2

bzw. von 11,6 bis 12,1 % (auf Basis der Validierung) besagt, dass ein gewisser Teil der Futtermittelaufnahme durch nicht im Modell erfasste Faktoren mitbestimmt wird. Allerdings ist auf Grund individueller Unterschiede in jedem Fall mit einer biologisch bedingten „natürlichen“ Streuung (im Ausmaß von etwa 10 %) zu rechnen. Auch die Validierung des NEL-Systems (Gegenüberstellung von NEL-Bedarf und NEL-Aufnahme) ergab eine Variation von 16,3 % (nicht dargestellt).

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass aus den sehr umfangreichen und heterogenen Daten doch wesentliche, grundlegende Gesetzmäßigkeiten der Futtermittelaufnahme herausgearbeitet werden konnten. Als entscheidende Einflussfaktoren haben sich Laktationszahl und vor allem Laktationsstadium erwiesen. Von den tierbedingten Parametern sind weiters noch Lebendmasse und Milchleistung wesentlich bestimmend für die Futtermittelaufnahme. Als grundlegende nutritive Faktoren sind Grundfutterqualität und besonders Kraftfutterniveau zu nennen. Über die Gewichtung der Einflussfaktoren entscheidet die aktuelle Energiebilanz der Kuh. Ist diese positiv, überwiegen eher physiologische Parameter (Milchleistung), während bei energetischer Unterversorgung die Futtermittelaufnahme vorwiegend von der Pansenfüllung bestimmt wird, also eher nutritive Komponenten (Grundfutterqualität) die Futtermittelaufnahme determinieren. Da sich die Energiebilanz einer Kuh während der Laktation drastisch von negativ zu positiv entwickelt, verändert sich auch die Bedeutung und Gewichtung der die Futtermittelaufnahme bestimmenden Parameter während der Laktation. Dem wurde Rechnung getragen, indem vom Laktationsstadium abhängige Regressionskoeffizienten geschätzt wurden.

Danksagung

Es ist dem Erstautor ein Bedürfnis, allen an der Kooperation beteiligten Kollegen und Instituten für die zur Verfügung gestellten Daten und die jederzeit gewährte, freundschaftliche Hilfestellung bei der Datenaufbereitung herzlich zu danken. Dank geht auch an die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft für die finanzielle Unterstützung des Projektes. Dr. Roswitha Baumung und Univ.-Prof. Dr. Johann Sölkner (Institut für Nutztierwissenschaften der Universität für Bodenkultur) sei für die Unterstützung in statistischen Fragen herzlich gedankt.

Literatur

- ARC (Agricultural Research Council), 1980: The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. 2. Feed Intake. CAB, Farnham Royal, England, 59-72.
- AFRC (Agricultural and Food Research Council), 1991: Technical Committee on Responses to Nutrients. Report No. 8, Voluntary intake of cattle. Nutrition Abstracts and Reviews Series B 61, No. 11, 815-823.
- ASTON, K., W.J. FISHER, A.B. McALLAN, M.S. DHANOA und R.J. DEWHURST, 1998: Supplementation of grass silage-based diets with small quantities of concentrates: strategies for allocating concentrate crude protein. *Anim. Sci.* 67, 17-28.
- BAUMAN, D.E. und W.B. CURRIE, 1980: Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* 63, 1514-1529.
- BERGMAN, E.N., 1971: Hyperketonemia-ketogenesis and ketone body metabolism. *J. Dairy Sci.* 54, 936-948.
- BIBBY, J. und H. TOUTENBURG, 1977: Prediction and Improved Estimation in Linear Models. John WILEY und SONS, 188 S.
- BIRKENMAIER, F., F.J. SCHWARZ, H.L. MÜLLER und M. KIRCHGESSNER, 1996: Futtermittelaufnahme und Leistung von Milchkühen bei Verfütterung von Futterrüben in Ergänzung zu Grassilage. *Arch. Anim. Nutr.* 49, 335-347.
- BROWN, C.A., P.T. CHANDLER und B. HOLTER, 1977: Development of predictive equations for milk yield and dry matter intake in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 60, 1739-1754.

- 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.
- DAENICKE, R., K. JOCHMANN, D. GÄDEKEN und G. FLACHOWSKY, 1999: Zum Einfluss einer Beimpfung von Maissilagen mit Milchsäurebakterien (MSB) auf die Verdaulichkeit der Rohrnährstoffe sowie auf Futtermittelaufnahme und Leistung von Milchkühen. *Landbauforschung Völknerode* 49, 64-69.
- DAENICKE, R., 2000: Fütterungsversuche zum Einsatz verschiedener Stärkequellen bei Milchkühen. *Landbauforschung Völknerode, Sonderheft 217* (Tagungsband: Zum Futterwert von Silomais), 60-70.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1986: Grundfutteraufnahme und Grundfutterverdrängung bei Milchkühen. DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung, DLG-Information 2/86, 8 S.
- DROCHNER, W., S. MACK, H. STEINGASS, G.U. LANG und A. SUSENBETH, 2000: Extensivierung der Grundfüttererzeugung und Variation des Kraftfutterangebotes: Faktoren der Futtermittelaufnahme, Gewichtsentwicklung und Leistung bei Jungkühen der Rasse Deutsche Holsteins. *Züchtungskde.* 72, 274-289.
- EDMONSON, A.J., I.J. LEAN, L.D. WEAVER, T. FARVER und G. WEBSTER, 1989: A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72, 68-78.
- EKERN, A., 1972: Feeding of high yielding dairy cows. III: Roughage intake in high yielding dairy cows when fed grass silage *ad libitum*. *Meld. Norg. Landbrukshøgskole* 51, No. 32, 30 S.
- ENGELHARD, T., L. HELM, E. RIEMANN, G. FRANKE, G. ANDERT und B. FISCHER, 1999: Vergleich der TMR-Fütterung mit und ohne Futtergruppenbildung im Laktationsverlauf. *Versuchsbericht LVA Iden*, 45 S.
- ETTLE, T., F.J. SCHWARZ, P. LEBZIEN und G. FLACHOWSKY, 2002: Futterwert von Silagen aus unterschiedlichen Maishybriden und ihr Einfluss auf Leistungskriterien von Milchkühen. *Landbauforschung Völknerode* 52, 157-165.
- ETTLE, T. und F.J. SCHWARZ, 2002a: Auswirkungen einer gestaffelten Versorgung mit nutzbarem Rohprotein auf Leistungskriterien in der Milchviehfütterung bei unterschiedlichen Grundfutterarten, 1. Mitteilung: Frisches Grünfütter. *Züchtungskde.* 74, 157-168.
- ETTLE, T. und F.J. SCHWARZ, 2002b: Auswirkungen einer gestaffelten Versorgung mit nutzbarem Rohprotein auf Leistungskriterien in der Milchviehfütterung bei unterschiedlichen Grundfutterarten, 2. Mitteilung: Gras- und Maissilage. *Züchtungskde.* 74, 266-275.
- 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.
- FISCHER, B., T. ENGELHARD, E. RIEMANN und G. FRANKE, 1997: Bericht über den Vergleich zwischen der Fütterung mit TMR (Total

- ler Mischration) und Abrufautomat auf ausgewählte Leistungen und Rationskosten bei schwarzbunten Kühen. 1. Durchgang. Bericht LVA Iden, 47 S.
- FISCHER, B., T. ENGELHARD, E. RIEMANN, G. FRANKE und G. ANDERT, 1999: Bericht über den Vergleich zwischen der Fütterung mit TMR (Totaler Mischration) und Abrufautomat bei schwarzbunten Milchkühen. 2. Durchgang. Bericht LVA Iden, 73 S.
- FLATT, W.P. und P.W. MOE, 1971: Partition of nutrients between lactation and body weight gain in dairy cattle. In: Lactation, Proc. 17th Easter School in Agric. Sci., University of Nottingham, (ed. I.R. Falconer), London, Butterworths, 341-347.
- FORBES, J.M., 1995: Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. CABI, UK, 532 p.
- FOX, D.G., M.E. VAN AMBURGH und T.P. TY-LUTKI, 1999: Predicting requirements for growth, maturity and body reserves of dairy cattle. J. Dairy Sci. 82, 1968-1977.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere ; Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag Frankfurt/Main, 135 S.
- GIERUS, M., F.J. SCHWARZ und M. KIRCHGESSNER, 2001: Einfluss von Selenzulagen unter Berücksichtigung der nativen Selengehalte der Futtermittel auf Leistungsparameter von Milchkühen in der Sommer- und Winterfütterung. Das wirtschaftseig. Futter (in Druck).
- GRUBER, L. und R. STEINWENDER, 1986: Einfluss von Futterrüben auf die Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen im Vergleich zu Maissilage. Das wirtschaftseig. Futter 32, 233-252.
- GRUBER, L., R. STEINWENDER, K. KRIMBERGER und J. SÖLKNER, 1991a: Roughage intake of Simmental, Brown Swiss and Holstein Friesian cows fed rations with 0, 25 and 50 % concentrates. Livest. Prod. Sci. 27, 123-136.
- GRUBER, L., R. STEINWENDER und A. SCHAUER, 1991b: Milk yield and nitrogen balance in dairy cows at different protein levels and constant energy supply. 6th Int. Symp. Protein Metabolism and Nutrition, Herring, Dänemark, EAAP Publ. 59, 315-317.
- GRUBER, L., R. STEINWENDER, J. HÄUSLER und B. KRAUTZER, 1992: Erzeugung und Verwertung von Rübenmischsilagen im Alpenraum. 2. Mitteilung: Verwertung von Rübenmischsilagen in der Milchviehfütterung. Das wirtschaftseig. Futter 38, 155-178.
- GRUBER, L., R. STEINWENDER und W. BAUMGARTNER, 1995: Einfluss von Grundfutterqualität und Kraffutterniveau auf Leistung, Stoffwechsel und Wirtschaftlichkeit von Kühen der Rasse Fleckvieh und Holstein Friesian. Bericht 22. Tierzuchttagung, BAL Gumpenstein, 9.-10. Mai 1995, 1-49.
- GRUBER, L., R. STÖGERER, A. STEINWIDDER und F. LETTNER, 1997a: Konservierung von Presstrebern sowie deren Einsatz in der Rinderfütterung. 2. Mitteilung: Einsatz von gepressten silierten oder getrockneten Biertrebern in der Milchviehfütterung. Die Bodenkultur 48, 173-188.
- GRUBER, L., A. STEINWIDDER, A. SCHAUER, T. GUGGENBERGER und F. ZETTELBAUER, 1997b: Einfluss von Silierzusätzen auf Verdaulichkeit, Futteraufnahme und Milchleistung. Bericht 24. Tierzuchttagung, BAL Gumpenstein, 6.-7. Mai 1997, 65-85.
- GRUBER, L., A. STEINWIDDER, 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. und B. SCHWAIGER, 2000: Forage intake and milk yield of Pinzgauer dairy cows. International Pinzgauer Cattle Breeders Association, Report No. 3, March 2000, 4-5.
- GRUBER, L., R. STEINWENDER, T. GUGGENBERGER, J. HÄUSLER und A. SCHAUER, 2001a: Vergleich zwischen biologischer und konventioneller Wirtschaftsweise im Grünlandbetrieb. 2. Mitteilung: Futteraufnahme, Milchleistung, Gesundheit und Fruchtbarkeit. Die Bodenkultur 52, 55-70.
- GRUBER, L., T. GUGGENBERGER, A. STEINWIDDER, J. HÄUSLER, A. SCHAUER, R. STEINWENDER, W. WENZL und B. STEINER, 2001b: Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen auf Basis der Fütterungsversuche der BAL Gumpenstein. Bericht 28. Viehwirtschaftliche Fachtagung der BAL Gumpenstein, Irdring, 2.-3. Mai 2001, 11-36.
- HÄFFNER, J., F.J. SCHWARZ und M. KIRCHGESSNER, 1993: Einfluss von melassierten Trockenschnitzeln, Körnermais oder einem getreidereichen Milchleistungsfutter auf Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen bei Fütterung von Grassilage. Das wirtschaftseig. Futter 39, 201-214.
- HEINTGES, C., H. SPIEKERS, M. BERNTSEN und M. RODEHUTSCORD, 1999: Einfluss des nXP-Gehaltes im Milchleistungsfutter bei gras- und maissilagebetonten Rationen. VDLUFA-Kongress, Kongressband 1998, VDLUFA-Schriftenreihe 52, 305-309.
- HEINZL, W.E., F.J. SCHWARZ und M. KIRCHGESSNER, 1989: Futterwert von Gersten- und Weizen-Ganzpflanzensilagen für Milchkühe bei unterschiedlichem Erntezeitpunkt. 2. Mitteilung: Futteraufnahme und Milchleistungskriterien. Das wirtschaftseig. Futter 35, 187-200.
- HOLTER, J.B., J.W. WEST und M.L. MCGILLIARD, 1997: Predicting *ad libitum* dry matter intake and yield of Holstein cows. J. Dairy Sci. 80, 2188-2199.
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), 1989: Ruminant Nutrition, Recommended Allowances and Feed Tables (Feed intake: the Fill Unit systems, Dairy cows, Measurement of the nutritive value of feeds, Tables of feeds used in France), 389 S.
- JANS, F. und A. MÜNGER, 1995: Einsatz von Fett in der Milchviehfütterung. Agrarforschung 2, 145-148.
- JILG, T., 1996a: TMR-Fütterung mit 3 Leistungsgruppen beim Fleckvieh. Staatl. Lehr- und Versuchsanstalt Aulendorf, Versuchsbericht 6/1996, 1-7.
- JILG, T., 1996b: TMR-Fütterung mit Fleckviehkühen mit 2 Leistungsgruppen. Staatl. Lehr- und Versuchsanstalt Aulendorf, Versuchsbericht 7/1996, 1-12.
- JILG, T., 1999a: Einfluss der ruminalen Stickstoffbilanz (RNB) auf Milchleistung und Milchhaltsstoffe bei Fleckviehkühen. Staatl. Lehr- und Versuchsanstalt Aulendorf, Versuchsbericht 1/1999, 1-9.
- JILG, T., 1999b: Wirkung unterschiedlicher Stärkekomponenten in der Milchviehfütterung. Staatl. Lehr- und Versuchsanstalt Aulendorf, Versuchsbericht 4/1999, 1-8.
- JILG, T., 2002: Strukturwert und strukturierte Rohfaser in Milchviehrationen – Vergleich der Beurteilungssysteme. Staatl. Lehr- und Versuchsanstalt Aulendorf, Versuchsbericht 3/2002, 1-12.
- 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.
- KAMPF, D., 2001: Untersuchungen zum Futterwert von Crambekuchen und –extraktionsschrot und zur Eignung in der Fütterung von Schweinen und Wiederkäuern – 96 NR 052. Abschlussbericht Institut für Tierernährung, FAL Braunschweig, 40 S.
- 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.
- KELLER, S., 1999: Vergleich von zwei Mischrationen (TMR) mit Variation des Grundfutter/Kraffutter-Anteils; zugleich ein Beitrag zur Methodik der kontinuierlichen Messung des ruminalen pH-Wertes und der Temperatur. Diplomarbeit Universität Hohenheim, 122 S.
- KIRCHGESSNER, M. und F.J. SCHWARZ, 1984: Einflussfaktoren auf die Grundfutteraufnahme bei Milchkühen. Übers. Tierernähr. 12, 187-214.
- KIRCHGESSNER, M., W.E. HEINZL und F.J. SCHWARZ, 1989: Futterwert von Gersten- und Weizen-Ganzpflanzensilagen für Milchkühe bei unterschiedlichem Erntezeitpunkt. 1. Mitteilung: Inhaltsstoffe, Verdaulichkeiten und Energiegehalte. Das wirtschaftseig. Futter 35, 171-186.
- KIRCHGESSNER, M., R. MAIERHOFER, F.J. SCHWARZ und U. EIDELSBURGER, 1993: Einfluss von geschütztem Arginin auf Futteraufnahme, Milchleistungsparameter sowie Wachstumshormonspiegel und Aminosäuren im Blutplasma von Kühen bei der Sommerfütterung mit Gras. Arch. Anim. Nutr. 45, 57-69.
- KIRCHGESSNER, M., 1997: Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. Verlagsunion Agrar, 10. Auflage, 582 S.
- KLEINMANS, J. und V. POTTHAST, 1984: Zur „Verdrängung“ von Grundfutter durch Kraffutter in der Milchviehfütterung. Übers. Tierernähr. 12, 165-186.
- KRISTENSEN, V.F., 1995: Forudsigelse af foderoptagelsen hos malkekoer. Intern Rapport Nr. 61. Landbrugs- og Fiskeriministeriet, Statens Husdyrbrugsforsøg, 28 S.

- KRÖBER, T.F., H. STEINGASS, R. FUNK und W. DROCHNER, 1999: Einflüsse unterschiedlicher Rohproteingehalte in der Ration auf Grundfutteraufnahme, Verdaulichkeit, N-Ausscheidungen und Leistungen von Milchkühen über den Zeitraum einer Laktation. *Züchtungskde.* 71, 182-195.
- KRONFELD, D.S., 1971: Hypoglycemia in ketotic cows. *J. Dairy Sci.* 54, 949-961.
- LANG, G.U., 1995: Das Futteraufnahmevermögen von Milchkühen. Diss. Universität Hohenheim, Institut für Tierernährung, 145 S.
- LEBZIEN, P., K. ROHR und H.J. OSLAGE, 1981: Untersuchungen über die Abhängigkeit der Fettsäureproduktion im Pansen von der Rationszusammensetzung. *Arch. Tierernährg.* 31, 685-696.
- LINDNER, H.P., M. KIRCHGESSNER und F.J. SCHWARZ, 1981: Zur Futteraufnahme von Kühen in Abhängigkeit von der Milchleistung. *Züchtungskde.* 53, 99-112.
- LINS, M., L. GRUBER und W. OBRITZHAUSER, 2003: Zum Einfluss der Energieversorgung vor der Abkalbung auf Futteraufnahme, Körpermasse und Körperkondition sowie Milchleistung und Stoffwechsel von Milchkühen. *Übers. Tierernährg.* 31, 75-120.
- MAIERHOFER, R., A. OBERMAIER und M. MOOSMEYER, 2000: Vergleichender Einsatz von Cobs und Heissluftheu in der Fütterung von Milchkühen. *Gruber INFO 3/2000*, 25-32.
- MAIERHOFER, R. und A. OBERMAIER, 2002: Vergleichender Einsatz von Maissilage verschiedener Maissorten in der Fütterung von Milchkühen. *Gruber INFO 2/2002*, 42-49.
- MANUSCH, P., F.J. SCHWARZ und M. KIRCHGESSNER, 1993: Vergleichende Untersuchungen zur Nährstoffversorgung von Milchkühen bei Weidegang oder Grasfütterung im Stall. 1. Mitteilung: Versuchsplan, Futterqualität und Futteraufnahme. *Das wirtschaftseig. Futter* 39, 87-100.
- MARTIN, O. und D. SAUVANT, 2002: Metaanalysis of input/output kinetics in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85, 3363-3381.
- MENKE, K.H., 1987: Rinderfütterung – Milchvieh (praktische Fütterungshinweise). In: *Tierernährung und Futtermittelkunde*, K.H. MENKE und W. HUSS, UTB Ulmer, S. 128.
- 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.
- MEYER, U., R. DAENICKE und D. GÄDEKEN, 2001: Untersuchungen zum Einsatz von Carverseifen Fetten in der Milchkuhfütterung. *Züchtungskde.* 73, 139-148.
- MÜNGER, A., 1996: Rapsextraktionsschrot in der Milchviehfütterung. *Agrarforschung* 3, 211-214.
- MÜNGER, A. und F. JANS, 1997: Silierte Biertreber, eine Proteinkomponente für Milchkühe. *Agrarforschung* 4, 117-119.
- MÜNGER, A., 1998: Rapspresskuchen in der Milchviehration. *Agrarforschung* 5, 105-108.
- MÜNGER, A., 1999: Versorgung erstlaktierender Kühe vor dem Abkalben. *Agrarforschung* 6, 301-304.
- NRC (National Research Council), 1987: Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals. 5. Dairy cattle. National Academy Press, 48-55.
- NRC (National Research Council), 1989: Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 6th Edition, National Academy Press, S. 78.
- NRC (National Research Council), 2001: Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Edition, National Academy Press, S. 51.
- OLDHAM, J. und T. SMITH, 1980: Protein-energy interrelationships for growing and for lactating cattle. In: E.L. MILLER, I.H. PIKE und A.J.H. VAN ES (eds). *Protein Contribution of Feedstuffs for Ruminants: Application to Feed Formulation*. Butterworth Scientific, London, 103-130.
- ORSKOV, E.R., 1982: Protein Nutrition in Ruminants. Academic Press, 160 S.
- ORSKOV, E.R., 1986: Starch digestion and utilization in ruminants. *J. Anim. Sci.* 63, 1624-1633.
- PIATKOWSKI, B., H. GÜRTLER und J. VOIGT, 1990: Grundzüge der Wiederkäuer-Ernährung. 5. Kapitel: Futteraufnahme beim Wiederkäuer, Gustav Fischer Verlag Jena, 133-155.
- PREISSINGER, W., F.J. SCHWARZ und M. KIRCHGESSNER, 1997a: Zum Einfluss der Häcksellänge von Grassilage auf Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen. *Das wirtschaftseig. Futter* 43, 65-82.
- PREISSINGER, W., F.J. SCHWARZ und M. KIRCHGESSNER, 1997b: Futteraufnahme und Milchleistung bei Verfütterung von Vollfett-Sojabohnen an Milchkühe. *Arch. Anim. Nutr.* 50, 347-359.
- PREISSINGER, W., F.J. SCHWARZ und M. KIRCHGESSNER, 1998: Zum Einfluss der Zerkleinerung von Maissilage auf Futteraufnahme, Milchleistung und Milchzusammensetzung von Kühen. *Arch. Anim. Nutr.* 51, 327-339.
- RAP (Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere), 1999: In: *Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer*, 7. Fütterungsempfehlungen für die Milchkuh - Schätzung des Futtermittelverzehrs, 83-112.
- RÄTZER, H., 1998: Wirtschaftlichkeit verschiedener Rindertypen: Vergleich von Milch- und Zweinutzungsrasen. Diss. ETH Zürich Nr. 12624, 123 S.
- REIST, M., 2001: Characterisation of high yielding dairy cows with regard to stability of metabolism and reproduction. Diss. ETH Zürich Nr. 14344, 172 S.
- ROOK, A.J., M. GILL, R.D. WILLINK und S.J. LISTER, 1991: Prediction of voluntary intake of grass silages by lactating cows offered concentrates at a flat rate. *Anim. Prod.* 52, 407-420.
- ROSELER, D.K., D.G. FOX, L.A. CHASE, A.N. PELL und W.C. STONE, 1997: Development and evaluation of equations for prediction of feed intake for lactating Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 878-893.
- RUIZ, R., L.O. TEDESCHI, J.C. MARINI, D.G. FOX, A.N. PELL, G. JARVIS und J.B. RUSSELL, 2002: The effect of a ruminal nitrogen (N) deficiency in dairy cows: Evaluation of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System ruminal N deficiency adjustment. *J. Dairy Sci.* 85, 2986-2999.
- RUSSEL, J.B., J.D. O'CONNOR, D.G. FOX, P.J. VAN SOEST und C.J. SNIFFEN, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: 1. Ruminant fermentation. *J. Anim. Sci.* 70, 3551-3561.
- SAS Institute Inc., 1999: SAS/STAT® Users's Guide, Version 8, Cary, NC: SAS Institute Inc. (1999), 3884 S.
- SATTER, L.D. und R.E. ROFFLER, 1975: Nitrogen requirement and utilisation in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 58, 1219-1237.
- SCHEIDEMANN, C., 2001: Vergleichende Untersuchungen zur Fütterung von Totalen Mischrationen (TMR) bei Milchkühen. Dissertation Universität Hohenheim, 207 S.
- SCHEUNERT, A. und A. TRAUTMANN, 1987: *Lehrbuch der Veterinär-Physiologie* (Hrg. G. Wittke), Paul Parey, Berlin und Hamburg, 7. Aufl., 721 S.
- SCHWAGER-SUTER, R., 1999: Efficiency of dairy cows differing in body size when feed quality is varied. Diss. ETH Zürich Nr. 13368, 114 S.
- SCHWARZ, F.J. und M. KIRCHGESSNER, 1985: Grundfutteraufnahme von Milchkühen in Abhängigkeit von Lebendgewicht, Zahl der Laktationen, Kraftfutterzufuhr und Grundfutterqualität. *Züchtungskde.* 57, 267-277.
- SCHWARZ, F.J., W.E. HEINZL und M. KIRCHGESSNER, 1989: Verfütterung von Gersten- und Weizen-Ganzpflanzensilagen im Vergleich zu Maissilage bei Milchkühen. *Landwirtsch. Forschung* 42, 216-227.
- SCHWARZ, F.J., P. MANUSCH und M. KIRCHGESSNER, 1993: Vergleichende Untersuchungen zur Nährstoffversorgung von Milchkühen bei Weidegang oder Grasfütterung im Stall. 2. Mitteilung: Energie- und Proteinaufnahme sowie Milchleistung. *Das wirtschaftseig. Futter* 39, 146-156.
- SCHWARZ, F.J., J. HÄFFNER und M. KIRCHGESSNER, 1995a: Supplementation of zero-grazed dairy cows with molassed sugar beet pulp, maize or a cereal-rich concentrate. *Anim. Feed Sci. Technol.* 54, 237-248.
- SCHWARZ, F.J., T.G. BAUER, U. EIDELSBURGER und M. KIRCHGESSNER, 1995b: Zur Futteraufnahme und Milchleistung von Kühen zu Laktationsbeginn nach unterschiedlicher Energieversorgung in der Hochträchtigkeit. *Das wirtschaftseig. Futter* 41, 275-292.
- SCHWARZ, F.J., U. HEINDL und M. KIRCHGESSNER, 1996: Zur Schätzung der Grundfutteraufnahme von Milchkühen. *Züchtungskde.* 68, 65-76.
- SCHWARZ, F.J. und L. GRUBER, 1999: Futteraufnahme – Einflussfaktoren und Abschätzung. In: *Arbeiten der DLG/Band 196, „Fütterung der 10.000-Liter-Kuh“*. Herausgeber: Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, DLG-Verlag, 171-191.
- SCHWARZ, F.J., W. PREISSINGER und M. KIRCHGESSNER, 2001: Maiskolbenschrot-silagen (CCM und LKS) in Milchviehrationen – Verdaulichkeit, Futteraufnahme, Milchleistung. *Das wirtschaftseig. Futter* (in Druck).
- SPIEKERS, H., K. HARDEBUSCH und E. PFEFFER, 1998: Vergleich der Proteinbewertungs-

- systeme DVE und nXP in Milchleistungsfutter bei konstantem Rohproteingehalt je MJ NEL. VDLUFA-Kongress, Kongressband 1998, VDLUFA-Schriftenreihe 49, 441-445.
- SPOOLDERS, M., U. MEYER, G. FLACHOWSKY und M. COENEN, 2003: Effekte eines automatischen Systems des Milchentzugs („Melkroboter“) auf Milchleistung und -inhaltsstoffe bei Hochleistungskühen im Vergleich zum herkömmlichen Melksystem. *Landbauforschung Völknerode* 53, 27-32.
- STATGRAPHICS® Plus for Windows®, 1996: *Magnusticsâ Working as one. User Manual and Advanced Regression.*
- STEINGASS, H., S. MACK, G.U. LANG, M. TAJAJ, A. SUSENBETH und W. DROCHNER, 2002: Extensivierung der Grundfuttererzeugung und Variation des Kraftfutterangebotes: Faktoren der Futteraufnahme, Lebendmasseentwicklung und Leistung bei Kühen der Rasse Deutsche Holsteins. 2. Mitteilung: Kühe mit mehreren Abkalbungen. *Züchtungskde.* 74, 169-182.
- STEINWENDER, R., L. GRUBER, K. BUCHGRABER und J. HÄUSLER, 1992: Futterwert von Silagen aus Rundballen und Flachsilos verschiedenen Anwelkgrades bei Milchkühen. *Die Bodenkultur* 43, 265-274.
- STEINWIDDER, A., F. HISSEK, L. GRUBER und F. LETTNER, 1997: Einfluss der Rationsgestaltung und des Schnittzeitpunktes auf die Grünfutteraufnahme und Nährstoffversorgung von Milchkühen. *Das wirtschaftseig. Futter* 43, 181-204.
- STEINWIDDER, A., P. SCHWEIGER, L. GRUBER, F. LETTNER und W. SCHMID, 1998: Einfluss des Fütterungszeitpunktes sowie der Protein- und Energieversorgung auf den Milchharnstoffgehalt. *Agribiol. Res.* 51, 341-355.
- STEINWIDDER, A., E. ZEILER, M. EHM-BLACH, L. GRUBER und F. LETTNER, 2001: Einfluss von Weide- oder Stallhaltung auf die Grünfutteraufnahme von Milchkühen. *Züchtungskde.* 73, 215-232.
- STEMME, K., 2002: Untersuchungen zur Kobalt-Versorgung von Milchkühen. Dissertation Tierärztliche Hochschule Hannover/FAL Braunschweig, 161 S.
- STOLL, W. und F. JANS, 2000: Unterschiedliche Anwelkgrade von Grassilagen beim Milchvieh. *Agrarforschung* 7, 176-180.
- STOLL, W., H. SOLLBERGER und W. SCHAE-REN, 2001: Rapssamen in der Milchviehfütterung. *Agrarforschung* 8, 426-431.
- STOLL, W., H. SOLLBERGER und W. SCHAE-REN, 2002: Raps- und Leinsamen in der Milchviehfütterung. *Agrarforschung* 9, 518-520.
- SUTTON, J.D., K. ASTON, D.E. BEEVER und M.S. DHANOA, 1996: Milk production from grass silage diets: effects of high-protein concentrates for lactating heifers and cows on intake, milk production and milk nitrogen fractions. *Anim. Sci.* 62, 207-215.
- SWAN, H., 1979: Physiology of lactation and reproduction. In: *Feeding strategy for the high yielding dairy cow* (eds. W.H. BROSTER und H. SWAN). EAAP Publ. No. 25, Granada Publishing, 49-67.
- THAYSEN, J., 2001: Einfluss von Milchsäurebakterien (*Lactobacillus plantarum*) und Melasse auf die Qualität von Grassilagen und die Leistung von Milchkühen. Dissertation Universität Kiel, 150 S.
- VAN HOUTERT, M.F.J., 1993: The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 43, 189-225.
- VAN SOEST, P.J., 1994: *Nutritional Ecology of the Ruminant.* Cornell University Press, 2nd ed., 476 S.
- VADIVELLOO, J. und W. HOLMES, 1979: The prediction of the voluntary feed intake of dairy cows. *Agric. Sci. (Camb.)* 93, 553-562.
- VERNON, R.G., 1988: The partition of nutrients during the lactation cycle. In: *Nutrition and lactation in the dairy cow* (ed. P.C. Garnsworthy), Proc. 46th University of Nottingham Easter School in Agricultural Science, Butterworths, 32-52.
- VON EUW, D., 2001: Charakterisierung der effizienten Milchkuh. Diss. ETH Zürich Nr. 14432, 119 S.
- WANGSNES, P.J. und L.D. MULLER, 1981: Maximum forage for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 64, 1-13.
- WIRTZ, N., 2004: Vergleich zwischen automatischem und konventionellem Melken im Hinblick auf Milchleistung und Futteraufwand. Diss. Universität Bonn, 155 S.
- WÜEST-LÜCHINGER, A., 1995: Aufwand- und Ertragsverhältnisse von Holstein, Jersey und Simmentaler Fleckvieh. Diss. ETH Zürich Nr. 11133, 123 S.