

Regulation und Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen

Dr. L. Gruber

*Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irdning
Institut für Viehwirtschaft*

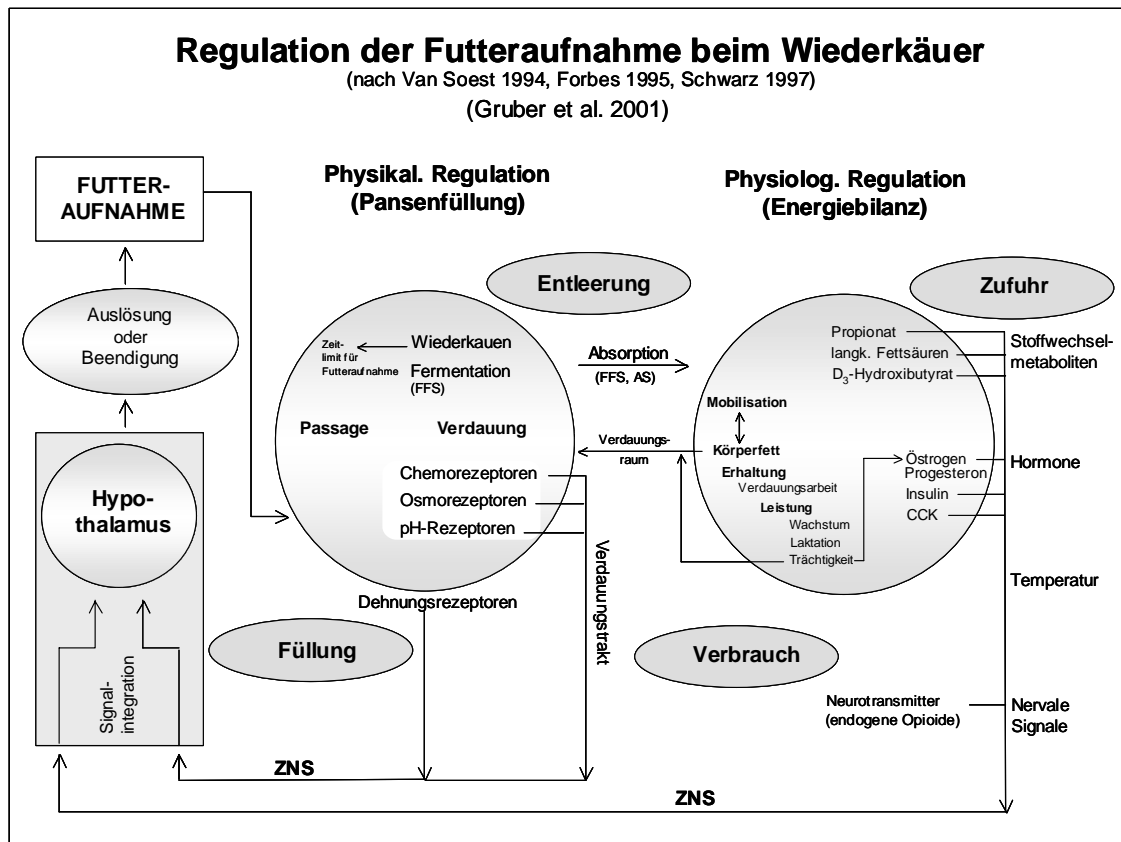
1 Regulation der Futteraufnahme bei Wiederkäuern

Eine möglichst genaue Abschätzung der Futteraufnahme ist Voraussetzung für die physiologisch und ökonomisch optimale Rationsgestaltung. 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 komplexe Vorgänge gesteuert (Abb. 1).

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 & 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). 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 Fermentation und andererseits durch die sog. Passage des Futters bestimmt. Der mikrobielle Abbau des Futters wird stark von der Futterqualität (Abbaurate, 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 Fermentation zurück. Allerdings verringert eine hohe Wiederkauzeit auch die für die Futteraufnahme zur Verfügung stehende Zeit (VAN SOEST 1994). 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).

Abbildung 1: Steuerung der Futteraufnahme durch physiologische und physikalische Faktoren (nach LANGHANS 1989, VAN SOEST 1994, FORBES 1995, FORBES 1996, SCHWARZ 1997)



2 Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen

2.1 Beschreibung von einigen Modellen zur Vorhersage der Futteraufnahme

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 (BROWN et al. 1977, ARC 1980, SCHWARZ & KIRCHGESSNER 1985, DLG 1986, MENKE 1987, NRC 1987, INRA 1989, GRUBER et al. 1990, PIATKOWSKI et al. 1990, MERTENS 1994, KRISTENSEN 1995, SCHWARZ et al. 1996, HOLTER et al. 1997, ROSELER et al. 1997, RAP 1999).

FORBES (1995) unterscheidet zwei Methoden, die Futteraufnahme von Nutztieren abzuschätzen: (1) die Regressionsanalyse und (2) mathematische Modellierung. Bei der Regressionsmethode wird die Futteraufnahme gemeinsam mit mehreren tier- und futterbedingten Einflussfaktoren gemessen und jenes statistische Modell ausgewählt, das sich am besten an die Daten anpasst. Die mathematische Modellierung unterstellt dagegen grundlegende biologische Prinzipien und Funktionen, welche die Beziehungen zwischen den Faktoren beschreiben, die zu einer bestimmten Futteraufnahme führen. Diese

Methode ist wahrscheinlich weniger genau in der Vorhersage, jedoch allgemeiner in der Anwendung. Dagegen gelten die mit Regressionsanalyse erarbeiteten Futteraufnahme-Schätzformeln streng genommen nur für die Bedingungen, unter denen sie entwickelt wurden (FORBES 1995).

Tabelle 1: Beschreibung von einigen Modellen zur Vorhersage der Futteraufnahme

BROWN et al. (1977):

$$IT = \exp(0.5198 + \text{Saison} + 0.000675 W - 0.000827 \text{Laktag} + 0.14807 \ln(\text{Laktag}) + 0.33922 \ln(\text{Milch}) + 0.099266 \text{Fettkg} + 0.018 \text{XF} - 0.000557 \text{XF}^2)$$

Saison = 0.0418, -0.0041, -0.0376 für Herbst/Winter, Frühling, Sommer

ARC (1980):

$$IT = [0.135 W^x + 0.2 (\text{Milch} - (21.4 \text{Lakwoche}^{0.2} e^{-0.04 \text{Lakwoche}}))] * (1 - ((0.55 - q)/3) * \text{Lakmonat}$$

Lakmonat = 0.81, 0.98, 1.07, 1.08, 1.09, 1.08, 1.01, 0.99, 0.97, 0.93
für Lakmonat 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

SCHWARZ & KIRCHGESSNER (1985):

$$GF = -10.9 + 0.014 W + 2.30 \text{NEL} (1. \text{Laktation})$$

$$GF = -1.3 + 0.0000464 W^2 - 0.026 \text{KF}^2 + 2.15 \text{NEL} (\geq 2. \text{Laktation})$$

DLG (1986):

$$GF = 0.006 W + 0.19 \text{NEL}^{2.16} - 0.026 \text{KF}^2$$

MENKE (1987):

$$IT = (13.7 \text{ME} - 0.194 T + 29.8 \ln(T) + 1.15 \text{FZ} + 26.9 \ln(\text{FCM} + 3) - 1.56 \text{Lakwoche} + 31.6 \ln(\text{Lakwoche} + 3) - 278) 0.005\sqrt{W}$$

NRC (1987):

$$IT = (1.896 W^{0.593} \text{FCM}^{0.33} \exp(0.16 \Delta W))/DE \text{ (physiologische Regulation)}$$

$$IT = 5.4 W/(5 * (100 - dT)) \text{ (physikalische Regulation)}$$

INRA (1989):

$$IC = 22 + 0.01 (W - 600) - 8.25 \exp(-0.02 \text{FCM})$$

Fill value des GF in Futterwert-Tabellen
Verdrängung durch KF: $V_{KF} = 1.2 \text{FCM}^{-0.69} \exp(1.46 \text{UFL/LFU})$

GRUBER et al. (1990):

$$IT = -17.48 + 0.0102 W + 0.275 \text{ECM} - 0.619 \text{Lakzahl} + 1.744 \ln(\text{Lakzahl}) - 0.0075 \text{Laktag} + 2.099 \ln(\text{Laktag}) + 1.288 \text{ME}$$

PIATKOWSKI et al. (1990):

$$GF = \text{IXF}/\text{XF} * W/100$$

$$\text{IXF} = 1165.7 - 3.76 \text{XF} + 0.00514 \text{XF}^2$$

Verdrängung durch KF: $V_{KF} = 0.96 - 0.0031 \text{XF} + 0.0405 \text{KF}$, (XF in g)

MERTENS (1994):

$$IT = (NEL\text{-Bedarf})/NEL \text{ (physiologische Regulation)}$$

$$IT = 12.5 W/NDF \text{ (physikalische Regulation), (NDF in g)}$$

KRISTENSEN (1995):

$$IC = 7.08 + 0.006 (W - 575) - 2.95 \exp(-0.047 \text{ Laktag}) - 0.0033 \text{ Laktag} + 0.0003 (\text{Stall } \emptyset_{\text{Herde}} - 6500)$$

Fill value des GF aus div. Formeln

SCHWARZ et al. (1996):

$$GF = 0.009 W + 2.21 NEL^{0.67} - 0.07 KF^{1.63}$$

HOLTER et al. (1997):

$$IT = 2.16 - 0.02 \text{ Laktag} + 0.0000218 \text{ Laktag}^2 + 2.763 \ln(\text{Laktag}) + 0.009 W + 0.082 \text{ FCM} + 0.00177 \text{ FCM}^2 + 9.8 \text{ Proteinkg} - 2.053 \text{ Proteinkg}^2 + 0.108 \text{ XP} - 0.142 \text{ XF} - 0.515 \text{ NDF} + 0.006 \text{ NDF}^2 + 0.0664 \text{ KF\%} - 0.000941 \text{ KF\%}^2$$

fixer Effekt Lakzahl: +0.48 (wenn Lakzahl ≥ 2)
fixer Effekt bST: -2.59 (wenn bST-Anwendung)

ROSELER et al. (1997):

$$IT = 0.6 + 0.005 W + 0.11 \Delta W * 7 + 10.4 \text{ Proteinkg} - 0.013 \text{ Trächttag} - 0.17 \text{ Lakwoche} + 4.59 \ln(\text{Lakwoche})$$

lag-Funktion zu Laktationsbeginn (≤ 16 Lakwoche):
1- $\exp(- (0.564 - 0.124 * 2) * (\text{Lakwoche} + 2.36))$

RAP (1999):

$$IT = 6.0 + 0.33 \text{ ECM} + 0.29 \text{ Lakwoche} - 0.0047 \text{ Lakwoche}^2 \text{ (1. Laktation)}$$

$$IT = 8.8 + 0.33 \text{ ECM} + 0.17 \text{ Lakwoche} - 0.0025 \text{ Lakwoche}^2 \text{ (}\geq 2. \text{ Laktation)}$$

IT, GF, KF = Aufnahme an Gesamtfutter, Grundfutter, Kraftfutter (kg T pro Tag)
W, W^x, ΔW = Lebendmasse, metabolische Lebendmasse (kg), Änderung der Lebendmasse (kg/Tag)
Laktag, Lakwoche, Lakmonat = Laktationstage, Laktationswochen, Laktationsmonate
Lakzahl = Laktationszahl
Trächttag = Trächtigkeitstag
Milch, FCM, ECM = Milchleistung aktuell, fettkorrigiert, energiekorrigiert (kg pro Tag)
Fettkg, Proteinkg = Milchleistung als Fettmenge, Proteinmenge (kg pro Tag)
T = Gehalt an Trockenmasse (%)
XP, XL, XF = Rohprotein, Rohfett, Rohfaser (% der T) [wenn in den Formeln nicht als g/kg T angeführt]
NDF = Neutrale Detergenzienfaser (% der T) [wenn in den Formeln nicht als g/kg T angeführt]
dT = Verdaulichkeit der T (%)
q = Umsetzbarkeit (ME/GE)
DE, ME, NEL = verdauliche Energie, umsetzbare Energie, Nettoenergie Laktation (MJ/kg T)
IC = intake capacity (LFU)
LFU = Lactation Fill Unit (Fill value eines Futtermittels relativ zu Standardgras)
UFL = Unite Fourragere Lait (NEL(MJ)/1.7/4.184), nach INRA (1989)
ln, exp = Logarithmus naturalis, Exponent zur Basis e
FZ = Fütterungszeit (Stunden); Standard ist 12 h (MENKE 1987)

Aus den Schätzformeln bzw. Vorhersagemodellen kommt klar zum Ausdruck, dass einerseits der Energiebedarf der Kuh und andererseits die Futterqualität die maßgeblichen Einflussgrößen auf die Futteraufnahme darstellen. Welcher der beiden Einflusskomplexe stärker zum Tragen kommt, hängt von der spezifischen Tier/Futter-Konstellation ab (NRC 1987, MERTENS 1994). Neben diesem, von den theoretischen

Überlegungen her, sehr plausiblen Ansatz der Futteraufnahmeregulation durch Pansenfüllung/Energiebedarf wurden von vielen Arbeitsgruppen (mehr oder weniger komplexe) multiple Regressionsgleichungen entwickelt. Diese beinhalten letztlich ebenfalls nutritive Parameter (Futterqualität wie XF, NDF, dOM, ME, NEL etc.) und physiologische Komponenten (Bedarf [Milchleistung], Lebendmasse [Indikator für Pansenvolumen und Erhaltungsbedarf], Lebendmasse-Änderung, Laktationsstadium etc.). Bei einigen Modellen überwiegen nutritive Komponenten (SCHWARZ & KIRCHGESSNER 1985, DLG 1986, PIATKOWSKI et al. 1990, SCHWARZ et al. 1996), während andere vorwiegend physiologische Parameter beinhalten (ARC 1980, ROSELER et al. 1997, RAP 1999). Dies ist sehr wahrscheinlich durch die jeweilige Datenbasis bedingt. Wird die Futteraufnahme vorwiegend über physikalische Faktoren bedingt ($IT_{NDF} < IT_{NEL}$), erhalten die nutritiven Faktoren eine größere Bedeutung. Wird dagegen bei Rationen mit hoher Energiekonzentration die Futteraufnahme nicht so sehr von der Futterqualität sondern vom Bedarf der Kuh bestimmt ($IT_{NEL} < IT_{NDF}$), treten physiologische Faktoren in den Vordergrund. Für eine robuste Schätzung, die nutritive and physiologische Einflussfaktoren der Futteraufnahme gleichermaßen berücksichtigt, ist daher ein weiter Streuungsbereich in den entscheidenden tier- und futterbedingten Parametern (LM, Milch, Laktationsstadium, Futterwert, Kraftfutterniveau etc.) unerlässlich. Eine Sonderstellung nimmt das Fill Unit-System von INRA (1989) und Dänemark (KRISTENSEN 1995) ein. Einzelnen Futtermitteln (nicht Rationen) wird eine bestimmte Füllwirkung – relativ zu einem Standardfutter (Weidegras) - zugeordnet. Dem steht die Futteraufnahmekapazität der Tiere gegenüber, die ebenfalls in Fill units ausgedrückt wird.

2.2 Validierung von einigen Modellen zur Vorhersage der Futteraufnahme

SCHWARZ & GRUBER (1999) haben die Vorhersagegenauigkeit der oben beschriebenen Futteraufnahmeformeln an einem umfangreichen Datenmaterial getestet. Das Datenmaterial weist in den zur Diskussion stehenden Parametern eine große Streubreite auf und deckt einen weiten Bereich in den tierspezifischen Faktoren (450 – 800 kg LM, 2 – 46 kg ECM, 2 – 437 Laktationstage) und den Futterparametern (Verdaulichkeit des Grundfutters 57 – 79 % dO, Kraftfutteranteil 0 – 67 % der IT) ab. Die Grundfutter- und Gesamtfutteraufnahme hat einen Bereich von 6,5 – 17,6 kg IT bzw. 7,2 – 24,9 kg IT. Zur Beurteilung der Schätzgenauigkeit wurden die tatsächlichen Futteraufnahmen den mit den Gleichungen vorausgesagten gegenübergestellt (observed – predicted). Daraus wurde die mittlere quadrierte Abweichung (MSPE) errechnet und nach der von BIBBY & TOUTENBURG (1977) beschriebenen Weise auf die drei Komponenten „Bias“ (systematische Abweichung), Abweichung des Regressionskoeffizienten von 1 und der verbleibenden Zufallsabweichung aufgeteilt (Tab. 2). Der absolute Vorhersagefehler (APE) errechnet sich aus der Wurzel des MSPE und der relative Vorhersagefehler (RPE) stellt den APE relativ zum Mittel der beobachteten Futteraufnahme dar.

Der relative Vorhersagefehler für die Grundfutteraufnahme liegt zwischen 12 % (GRUBER et al. 1990) und 29 % (AFRC 1991). Relativ genau arbeiten die Formeln von SCHWARZ & KIRCHGESSNER (1985) und SCHWARZ et al. (1996). Dabei bestehen kaum systematische Abweichungen, sondern sind zu 83 bzw. 88 % zufällig bedingt. Die DLG-Schätzformel (1986) weist einen ziemlich hohen relativen Vorhersagefehler von 20 % auf, der darüber hinaus eine systematische Abweichung im Ausmaß von 46 % aufweist. Die Schätzfehler für die Gesamtfutteraufnahme liegen in einer ähnlichen Größenordnung. Neben der Formel von MENKE (1987) weisen die amerikanischen Schätzgleichungen von BROWN et al. (1977) und MERTENS (1994) mit 11 – 14 % die relativ höchste Vorhersagegenauigkeit der Gesamtfutteraufnahme auf, wobei kaum systematische Abweichungen auftreten (Anteil der zufallsbedingten Streuung 76 – 84 %). Trotz der anerkannten theoretischen Grundlage liegt das Fill Unit-System (INRA 1989) mit 16 % Vorhersagefehler nur im mittleren Bereich, wobei fast die Hälfte der Streuung auf systematische Abweichungen zurückzuführen ist. Die zuletzt publizierten amerikanischen Formeln (HOLTER et al. 1997, ROSELER et al. 1997), sowie NRC (1989) und VADIVELLO & HOLMES (1979) erwiesen sich als für das vorliegende Datenmaterial am wenigsten anwendbar. Die Beziehungen zwischen tatsächlicher und geschätzter Futteraufnahme von sechs Futteraufnahmeformeln sind in Abb. 2 dargestellt.

2.3 Ableitung einer Futteraufnahme-Schätzformel aus den Fütterungsversuchen der BAL Gumpenstein

GRUBER et al. (2001) haben auf der Grundlage aller 23 Fütterungsversuche an der BAL Gumpenstein (1983 – 2000) Formeln zur Schätzung der Futteraufnahme von Milchkühen abgeleitet (4.555 Datensätze von 421 unterschiedlichen Kühen). Langfristige Versuche wurden in 4-Wochen-Abschnitte unterteilt, um den Einfluss des Laktationsstadiums berücksichtigen zu können. Die Daten sind – bedingt durch sehr unterschiedliche Fragestellungen der einzelnen Versuche und durch stark unterschiedliche Fütterung in den Gruppen innerhalb eines Versuches – durch eine sehr große Streubreite charakterisiert. Dadurch ist es – mit geeigneten statistischen Methoden – möglich, die Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme herauszuarbeiten und für die Voraussage zu verwenden.

Die wesentlichen, in den Formeln verwendeten, tier- und futterbedingten Parameter des Datenmaterials sind in Tab. 3 angeführt. Aus den Extremwerten kann auch der Bereich abgelesen werden, für den die Anwendung der Formeln Gültigkeit hat. Die Untersuchungen wurden mit den drei Rassen Fleckvieh, Brown Swiss und Holstein Friesian durchgeführt. Unter Fleckvieh sind kombinierte Tiere (Milch und Fleisch) ohne Einkreuzung zu verstehen. Die Daten decken einen sehr weiten Bereich an Milchleistung, Laktationsstadium und Lebendmasse ab (Tab. 3). Für die Anwendbarkeit und Vorhersagegenauigkeit der Futteraufnahme-Schätzformeln ist das sehr breite Spektrum der Grundfutterqualität (4,1 – 6,8 MJ NEL) und des Kraftfutterniveaus (0 – 67 % der T-Aufnahme) von entscheidender Bedeutung.

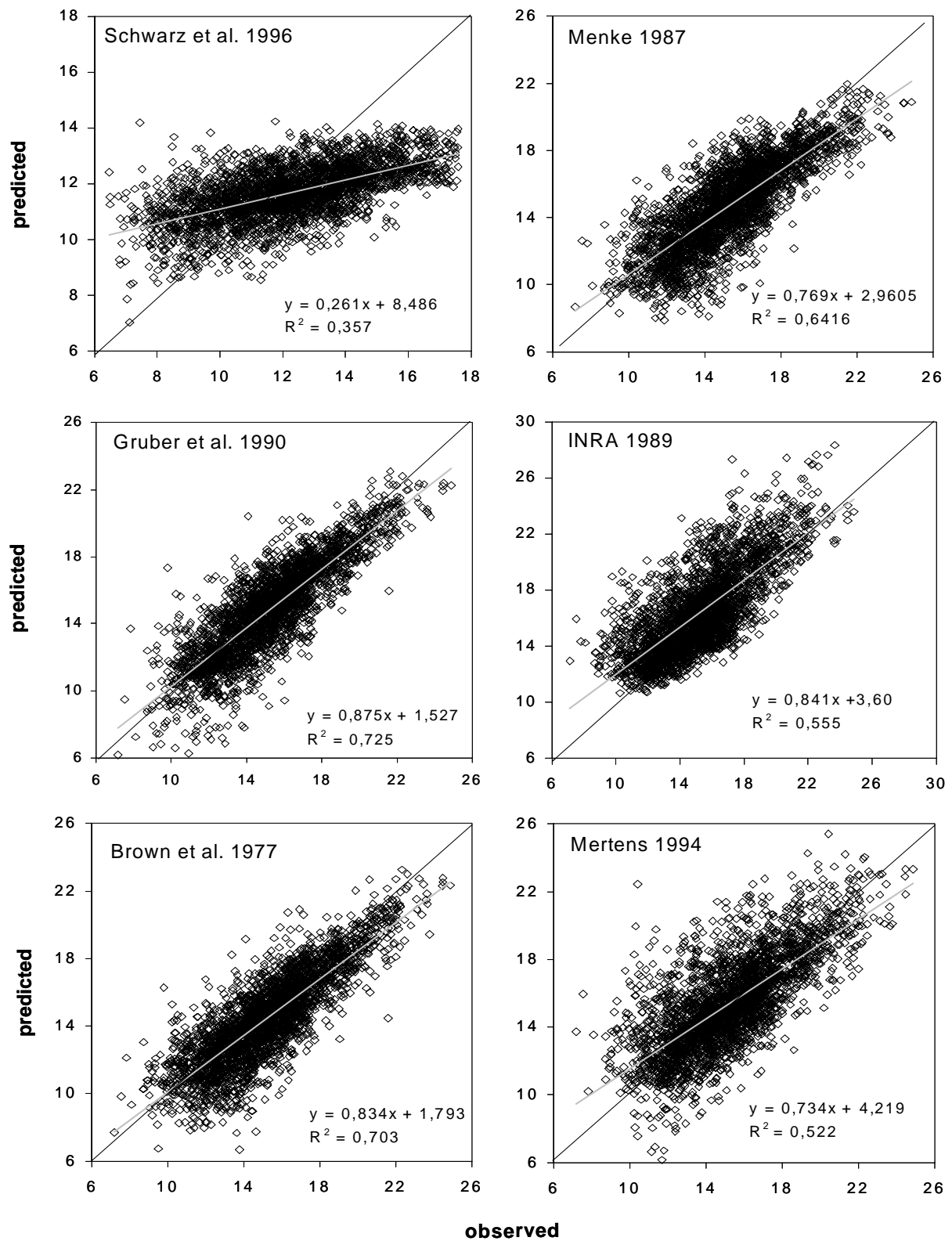
Tabelle 2: Mittlerer quadrierter (MSPE), absoluter (APE) und relativer Vorhersagefehler (RPE) von Futteraufnahme-Schätzformeln und Anteile von Bias (systematische Abweichung), Regression und Zufallsabweichung am MSPE (in %) (SCHWARZ & GRUBER 1999)

		MSPE	APE	RPE	Varianz bedingt durch		
					Bias	Regr.	Zufall
SCHWARZ & KIRCHGESSNER 85	GF	3,8	2,0	16,0	16,6	0,3	83,1
SCHWARZ et al. 1996	GF	3,7	1,9	15,7	8,2	3,5	88,3
DLG 1986	GF	6,3	2,5	20,5	46,2	0,2	53,6
MENKE 1987	GES	3,2	1,8	11,7	9,7	6,0	84,4
GRUBER et al. 1990	GF	2,1	1,4	11,7	2,7	2,3	95,0
GRUBER et al. 1990	GES	2,4	1,6	10,2	5,8	9,5	84,6
JANS & KESSLER 1994	GF	9,5	3,1	25,2	59,2	1,4	39,4
JANS & KESSLER 1994	GES	5,7	2,4	15,7	55,1	0,9	44,0
INRA 1989	GES	5,8	2,4	15,9	24,0	19,0	57,0
AFRC 1991	GF	12,1	3,5	28,9	79,1	0,3	20,6
VADIVELLO & HOLMES 1979	GES	16,4	4,1	26,6	55,1	21,0	23,8
BROWN et al. 1977	GES	2,9	1,7	11,3	18,1	6,3	75,7
NRC 1989	GES	19,5	4,4	29,0	75,8	5,6	18,6
MERTENS 1994	GES	4,2	2,1	13,5	0,7	15,1	84,2
HOLTER et al. 1997	GES	8,2	2,9	18,8	73,6	0,3	26,1
ROSELER et al. 1997	GES	8,7	2,9	19,3	50,6	11,5	37,9

Tabelle 3: Beschreibung der Datengrundlage zur Ableitung der Futteraufnahme-Schätzformel (GRUBER et al. 2001)

Parameter	Abkürzung (siehe Formel)	Einheiten	Mittelwert	± s	min	max
Tierfaktoren						
Laktationszahl	LAKZAHL		3,3	1,9	1	12
Laktationsstadium	LAKTAG	Tage	118	77	1	532
Lebendmasse	LM	kg	613	71	396	871
LM-Veränderung	LMV	kg/Tag	-0,08	0,95	-5,59	6,39
Milchleistung	MILCH	kg	19,4	6,5	1,7	41,1
Trächtigkeitstage	TRÄCHT	Tage	34	54	0	259
Futterfaktoren						
Kraftfutteraufnahme	KF _{IT}	kg T	3,2	3,2	0,0	15,0
Kraftfutteranteil	KF _{PRO}	% der IT	18,5	16,9	0,0	67,0
NEL-Gehalt Grundfutter	NEL _{GF}	MJ/kg T	5,43	0,49	4,08	6,83
NEL-Gehalt Kraftfutter	NEL _{KF}	MJ/kg T	7,77	0,29	5,83	8,62
Grünfütteranteil	GrünPro	% des GF (T)	7,5	24,3	0,0	100,0
T-Gehalt Grassilage	GrassilTM	g/kg T	350	84	202	662
Grassilageanteil	GrassilPro	% des GF (T)	28,4	21,6	0,0	100,0
Anteil Wiesenfutter	WiesfutterPro	% des GF (T)	80,6	14,7	18,8	100,0
Anteil 1. Aufwuchs	ErstAufwPro	% d. Wiesf.	74,6	32,5	0,0	100,0
Protein/Energie-Verh.	XP/NEL	g/MJ	21,9	3,1	12,5	42,3
Futteraufnahme						
Grundfutteraufnahme	IT _{GF}	kg T	12,4	2,5	4,9	22,2
Gesamtfutteraufnahme	IT _{GES}	kg I	15,6	3,0	7,0	28,2

Abbildung 2: Beziehung zwischen tatsächlicher und geschätzter Futteraufnahme von 6 Futteraufnahmeformeln (aus SCHWARZ & GRUBER 1999)



Mit dem für die Ableitung der Formeln gewählten statistischen Modell (Model 7 nach HARVEY 1987) können über 90 % der Varianz der Futteraufnahme ($R^2 = 91,1$ bzw. $89,4$ %) bei einem Schätzfehler von $0,89$ bzw. $0,97$ kg T (bzw. $5,7$ und $6,2$ %) erklärt werden. Der Bereich der Grund- und Gesamtfutteraufnahme lag zwischen 5 und 22 bzw. 7 und 28 kg IT.

Die Futteraufnahme-Schätzformeln berücksichtigen sowohl die fixen Effekte von Rasse, Laktationszahl und Laktationsmonat als auch Regressionsvariable wie Lebendmasse, Milchleistung, Trächtigkeitstage, Energiekonzentration des Grundfutters und Kraftfutterniveau (Menge bzw. Anteil) sowie Anteil und T-Gehalt der Grassilage, Anteil des Grünfutters, Anteil des 1. Aufwuchses und das Protein/Energie-Verhältnis (XP/NEL).

Eine Analyse der Varianzkomponenten zeigt, dass durch LM, MILCH und TRÄCHT $18,31$ bzw. 4 % der Streuung erklärt werden und durch NEL_{GF} incl. Parameter zur Rationsbeschreibung (Grünfutteranteil, Anteil und T-Gehalt der Grassilage, Anteil des Wiesenfutters, Anteil des 1. Aufwuchses, XP/NEL-Verhältnis der Gesamtration) und KF 19 bzw. 29 %. Tier- und futterbedingte Faktoren beeinflussen also die Futteraufnahme zu 53 bzw. 47 %. Milchleistung und Kraftfutter sind die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Gesamtfutteraufnahme, gefolgt von Lebendmasse und Futterqualität. Die Auswertungen haben ergeben, dass die Einflüsse von Lebendmasse, Milchleistung, NEL-Gehalt des Grundfutters und Kraftfutter keine gleichbleibende Größe sind, sondern sich in Abhängigkeit von Laktationszahl und Laktationsmonat ändern. Als ganz wesentlicher Schritt ist die Differenzierung der Regressionskoeffizienten für MILCH, NEL_{GF} und KF innerhalb Laktationsmonat zu sehen, da sich die Werte dieser Regressionskoeffizienten in Folge hormoneller Umstellungen und daher Nährstoffaufteilung der Kuh während der Laktation ändern. Die Anwendung der Futteraufnahme-Schätzformel zeigt, dass Milchleistung, Laktationsstadium und Grundfutterqualität die Futteraufnahme und den erforderlichen Kraftfutteranteil in der Ration wesentlich steuern.

Bei der Anwendung der Formeln sind vorerst die sog. fixen Effekte von Rasse, Laktationszahl und Laktationsmonat nach den jeweiligen Bedingungen des Betriebes bzw. der Kuh einzusetzen. Es ist nicht sinnvoll, Durchschnittswerte einer ganzen Herde zu verwenden, wenn die Abschätzung der Futteraufnahme und in der Folge eine exakte Rationsberechnung der einzelnen Kühe das Ziel ist.

In weiterer Folge werden die Einflüsse von Lebendmasse, Milchleistung, Trächtigkeitstag und Energiegehalt des Grundfutters sowie die weiteren Parameter zur Rationsbeschreibung berücksichtigt. Eine wesentliche Bedeutung für die Futteraufnahme zeigt auch das Kraftfutter. Für herkömmliche Fütterungssysteme (getrennte Vorlage) wird die Kraftfutter-Aufnahme (KF, kg IT/Tag) herangezogen. Für die Situation bei TMR ist die Kraftfutteraufnahme nicht bekannt, sehr wohl jedoch der Kraftfutter-Anteil (KF, % der IT) aus der Befüllung des Mischwagens. Die Grundfutteraufnahme (kg IT/Tag) errechnet sich aus Gesamtfutter- (GES, kg IT/Tag) minus Kraftfutteraufnahme bzw. Gesamtfutteraufnahme * $(1 - \text{Kraftfutteranteil}/100)$.

Tabelle 4a: Formeln zur Schätzung der Futteraufnahme (GRUBER et al. 2001)

Formel (1a) – bei herkömmlicher, getrennter Vorlage der Einzelfuttermittel:

$$\begin{aligned}
 IT = & 15.987 + \text{RASSE} + \text{LAKZAHL} + \text{LAKMONAT} \\
 & + b_{LM} (LM - 613) + b_{MILCH} (MILCH - 19.44) - 0.0037 (\text{TRÄCHT} - 34) \\
 & + b_{NELgf} (NEL_{GF} - 5.40) + b_{KFit} (KF_{IT} - 3.17) \\
 & + 0.0120 (\text{GrünPro} - 7.48) + 0.00002314 (\text{GrassilTM*GrassilPro} - 9944) \\
 & - 0.00006048 (\text{ErstAufwPro*WiesfutterPro} - 5828) \\
 & + 0.107 (XP/NEL - 21.9) - 0.00376 (XP/NEL - 21.9)^2
 \end{aligned}$$

RASSE = -0.25, -0.09, +0.34 für Rasse = FV, BS, HF

LAKZAHL = -0.33, +0.26, +0.06, +0.01 für Laktationszahl = 1, 2, 3+4, ≥5

LAKMONAT = -2.11, -0.89, -0.29, +0.01, +0.42, +0.67, +0.81, +0.63, +0.37, +0.39
für Laktationsmonat = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ≥10

oder empirische Gleichung: LAKMONAT = -2.5978 + 0.04095 DIM - 0.0001621 DIM² +
0.0000001940 DIM³, R² = 98.4 %

$b_{LM} = 0.0111 + b_{LM}(\text{LAKZAHL})$

$b_{LM}(\text{LAKZAHL}) = +0.0135, -0.0012, -0.0036, -0.0088$ für Lakt.zahl = 1, 2, 3+4, ≥5

$b_{MILCH} = 0.155 + b_{MILCH}(\text{LAKMONAT})$

$b_{MILCH}(\text{LAKMONAT}) = -0.060, -0.063, +0.000, +0.020, +0.060, +0.091, +0.058,$
 $-0.001, -0.058, -0.048$
für Laktationsmonat = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ≥10

oder empirische Gleichung: $b_{MILCH} = 0.04198 + 0.002090 \text{ DIM} - 0.000006660 \text{ DIM}^2 +$
 $0.0000000003585 \text{ DIM}^3$, R² = 76.8 %; (b_{MILCH} nicht ≤ 0.075!)

$b_{NELgf} = 1.177 + b_{NELgf}(\text{LAKMONAT})$

$b_{NELgf}(\text{LAKMONAT}) = +0.262, +0.754, +0.333, +0.365, +0.085, -0.238, -0.276,$
 $-0.487, -0.156, -0.641$
für Laktationsmonat = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ≥10

oder empirische Gleichung: $b_{NELgf} = (1.3657 - 0.001936 \text{ DIM})^2$, R² = 79.4 %

$b_{KFit} = 0.419 + b_{KFit}(\text{LAKMONAT})$

$b_{KFit}(\text{LAKMONAT}) = +0.219, +0.124, +0.010, -0.013, -0.081, -0.132, -0.056, -0.025,$
 $-0.024, -0.023$
für Laktationsmonat = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ≥10

oder empirische Gleichung: $b_{KFit} = 0.7303 - 0.005654 \text{ DIM} + 0.00002576 \text{ DIM}^2 -$
 $0.00000003499 \text{ DIM}^3$, R² = 94.1 %

R² = 91.1 %, RSD = 0.89 kg TM (5.7 %)

DIM = days in milk, d.h. Laktationstage

Tabelle 4b: Formeln zur Schätzung der Futteraufnahme (GRUBER et al. 2001)

Formel (1b) – bei TMR-Fütterung:

$$\begin{aligned}
 IT = & 15.996 + \text{RASSE} + \text{LAKZAHL} + \text{LAKMONAT} \\
 & + b_{LM} (LM - 613) + b_{MILCH} (MILCH - 19.44) - 0.0039 (\text{TRÄCHT} - 34) \\
 & + b_{NELgf} (NEL_{GF} - 5.40) + b_{KFpro} (KF_{PRO} - 18.549) \\
 & + 0.0112 (\text{GrünPro} - 7.48) + 0.00002612 (\text{GrassilTM} * \text{GrassilPro} - 9944) \\
 & - 0.00006906 (\text{ErstAufwPro} * \text{WiesfutterPro} - 5828) \\
 & + 0.104 (XP/NEL - 21.9) - 0.00382 (XP/NEL - 21.9)^2
 \end{aligned}$$

$$\text{RASSE} = -0.22, -0.04, +0.26 \text{ für Rasse} = \text{FV, BS, HF}$$

$$\text{LAKZAHL} = -0.37, +0.30, +0.04, +0.03 \text{ für Laktationszahl} = 1, 2, 3+4, \geq 5$$

$$\text{LAKMONAT} = -2.59, -1.15, -0.38, +0.02, +0.49, +0.78, +0.98, +0.82, +0.51, +0.52$$

für Laktationsmonat = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ≥ 10

$$\text{oder empirische Gleichung: LAKMONAT} = -3.1824 + 0.04920 \text{ DIM} - 0.0001911 \text{ DIM}^2 + 0.0000002257 \text{ DIM}^3, R^2 = 98.8 \%$$

$$b_{LM} = 0.0116 + b_{LM}(\text{LAKZAHL})$$

$$b_{LM}(\text{LAKZAHL}) = +0.0132, -0.0008, -0.0034, -0.0090 \text{ für Lakt.zahl} = 1, 2, 3+4, \geq 5$$

$$b_{MILCH} = 0.214 + b_{MILCH}(\text{LAKMONAT})$$

$$b_{MILCH}(\text{LAKMONAT}) = -0.026, -0.035, +0.012, +0.027, +0.053, +0.083, +0.049, -0.010, -0.078, -0.076$$

für Laktationsmonat = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ≥ 10

$$\text{oder empirische Gleichung: } b_{MILCH} = 0.1395 + 0.001727 \text{ DIM} - 0.000006050 \text{ DIM}^2, R^2 = 77.6 \%; (b_{MILCH} \text{ nicht } \leq 0.10!)$$

$$b_{NELgf} = 1.118 + b_{NELgf}(\text{LAKMONAT})$$

$$b_{NELgf}(\text{LAKMONAT}) = +0.373, +0.837, +0.301, +0.339, +0.058, -0.317, -0.306, -0.540, -0.136, -0.608 \text{ für Laktationsmonat} = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, \geq 10$$

$$\text{oder empirische Gleichung: } b_{NELgf} = (1.3579 - 0.002090 \text{ DIM})^2, R^2 = 78.9 \%$$

$$b_{KFpro} = 0.0574 + b_{KFpro}(\text{LAKMONAT})$$

$$b_{KFpro}(\text{LAKMONAT}) = +0.0290, +0.0173, +0.0027, -0.0011, -0.0107, -0.0211, -0.0064, -0.0028, -0.0047, -0.0020$$

für Laktationsmonat = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ≥ 10

$$\text{oder empirische Gleichung: } b_{KFpro} = 0.09862 - 0.0007187 \text{ DIM} + 0.000003079 \text{ DIM}^2 - 0.00000003818 \text{ DIM}^3; R^2 = 90.3 \%$$

$$R^2 = 89.4 \%, \text{ RSD} = 0.97 \text{ kg TM (6.2 \%)}$$

DIM = days in milk, d.h. Laktationstage

2.4 Ableitung von Futteraufnahme-Schätzformeln aus einer Kooperation von Forschungsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz

Um eine repräsentativere Datenbasis zu erhalten, hat sich eine Arbeitsgruppe – bestehend aus 11 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz – mit dem Ziel gebildet, Futteraufnahmeschätzformeln für Milchkühe zu entwickeln. Die Mitglieder dieser Arbeitsgruppe steuern umfangreiche Daten aus ihren Fütterungsversuchen bei. Damit ist eine sehr breite Datenbasis gegeben, welche die Produktionsbedingungen dieser Länder abdeckt und somit eine weite Anwendung sowie Akzeptanz der Ergebnisse verspricht.

Zum Zeitpunkt März 2002 (GRUBER et al. 2002) lagen auswertbare Daten ($n=17.011$) von 5 Instituten vor (BAL Gumpenstein ($n=4.555$), TUM Weihenstephan ($n=1.032$), LVVG Aulendorf ($n=3.283$), LWK Bonn (Riswick) ($n=3.748$), FAL Braunschweig ($n=4.393$)). Die Daten stellen großteils Wochenmittelwerte dar (Ausnahme Weihenstephan: 4–6 Wochen). Die Daten BAL Gumpenstein (zur Zeit 4-Wochen-Mittelwerte) werden bis zur endgültigen Auswertung auf Wochenmittelwerte umgestellt.

Hinsichtlich der für die Futteraufnahme wesentlichen tier- und futterbedingten Parameter ergaben sich gegenüber dem Datenmaterial Gumpenstein, wie erwartet, zum Teil deutliche Veränderungen. Die Laktationszahl in diesem Datensatz reicht von 1 bis 12 (3.0 ± 1.9). In Gumpenstein und Aulendorf waren die Tiere älter. Der Anteil erstlaktierender Kühe beträgt 23.4 %. Alle Laktationsstadien (früh, mittel, spät) sind abgedeckt, wenn auch die Laktationsmitte wesentlich häufiger vorkommt (38%, 46%, 16 %). Die Lebendmassen erstrecken sich von 400 bis 900 kg (643 ± 77 kg). Die Lebendmassen werden mit Polynomen höheren Grades nach Laktationsverlauf geglättet, woraus auch die Lebendmasse-Änderungen über die 1. Ableitung berechnet werden. Es gibt auch deutliche Unterschiede im Milchleistungsniveau, was auf Einflüsse von Rasse, Grundfutterqualität, Kraftfutterniveau sowie genetisches Potential zurückzuführen ist (20.2, 22.5, 21.5, 28.5, 27.9 kg ECM in BAL, WEI, AUL, RIS und FAL; 24.5 ± 7.5 kg ECM).

Der Kraftfutteranteil bewegt sich von 0 bis 68 % der IT (30 ± 15 %). Die Energiekonzentration im Grundfutter liegt bei 5.9 ± 0.5 MJ NEL ($4.1 - 7.3$ MJ NEL). Wie sich schon bei den einzelnen Futtermitteln abzeichnete, liegen deutliche Institutsunterschiede vor ($5.4, 6.1, 5.9, 6.2, 6.2$ MJ NEL_{GF} in BAL, WEI, AUL, RIS und FAL). 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 dem Einsatz von Futterfett – ebenfalls ein großer Streuungsbereich festzustellen ist ($6.1 - 9.5$ MJ NEL; 8.0 ± 0.5 MJ NEL).

Die Gesamtration wies einen Streuungsbereich von $4.1 - 7.6$ MJ NEL auf (6.5 ± 0.6 MJ NEL). Sowohl die Grundfutterqualität als auch der Kraftfutteranteil führten zu signifikanten Unterschieden zwischen den Instituten ($5.8, 6.8, 6.5, 6.8, 7.0$ MJ NEL_{GES} in BAL, WEI, AUL, RIS und FAL). Auch im Gehalt an Rohprotein (152 ± 22 g XP, $75 - 235$ g XP), nutzbarem Rohprotein (148 ± 15 g nXP, $104 - 225$ g nXP) und der ruminalen N-Bilanz (0.5 ± 2.2 g RNB, $-8 - 14$ g RNB) ist das Datenmaterial durch eine große Streuung

gekennzeichnet und lagen ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den Instituten vor (128, 157, 151, 166, 163 g XP in BAL, WEI, AUL, RIS und FAL).

Bedingt durch unterschiedliche Produktionsbedingungen und Fragestellungen in den Versuchen liegt auch ein großes Spektrum sehr verschiedener Rationstypen (Anteile von Heu, Grassilage, Maissilage, Grünfütter, Getreide-GPS etc.) und Fütterungstechnik vor (konventionelle getrennte Fütterung von GF und KF, Grundfütter-Mischung, aufgewertete GF-Mischung bis zu TMR).

Da es sich nur um eine Zwischenauswertung handelt, wird keine neue, weitere Version einer Futteraufnahme-Schätzformel angegeben. Im folgenden werden vielmehr nur einige Koeffizienten wesentlicher die Futteraufnahme beeinflussender Parameter angeführt und den Werten der Schätzformel aus dem Gumpensteiner Datenmaterial (GRUBER et al. 2001) gegenübergestellt (gleiches statistisches Modell). Der LS-Mittelwert für die Gesamtfutteraufnahme liegt nun bei 17.75 kg IT. Die Schätzwerte für die fixen Effekte von Rasse, Laktationszahl und Laktationsmonat entsprechen weitgehend den von GRUBER et al. (2001) aus dem Datenmaterial BAL Gumpenstein abgeleiteten Werten (Tab. 5). Auch die gepoolten Regressionskoeffizienten für Lebendmasse, Milchleistung, NEL_{GF} -Gehalt und Kraftfutter liegen in ähnlichem Bereich, wie von GRUBER et al. (2001) ermittelt wurde ($b_{LM}=1.11$ bzw. 0.87 kg IT-Anstieg pro 100 kg LM, $b_{MILCH}=0.15$ bzw. 0.16 kg IT-Anstieg pro kg Milch, $b_{NEL_{GF}}=1.20$ bzw. 1.02 kg IT-Anstieg pro MJ NEL_{GF} , $b_{KF}=0.45$ bzw. 0.50 kg IT-Anstieg pro kg T KF). Leichte Unterschiede ergeben sich nun allerdings bei den individuellen Regressionskoeffizienten innerhalb der fixen Effekte. So nimmt nun im großen Datenmaterial aus den 5 angeführten Instituten der Einfluss der Lebendmasse mit der Laktationszahl nicht im gleichen Ausmaß ab wie im Gumpensteiner Datensatz (1.12, 0.93, 0.69, 0.74 kg IT-Anstieg pro 100 kg LM in Laktationszahl 1, 2+3, 4, ≥ 5).

Auch im nun vorliegenden umfangreichen Datenmaterial stellt sich heraus, dass sich die Regressionskoeffizienten für Milch, NEL_{GF} und Kraftfutter während der Laktation ändern, d.h. sich deren Bedeutung im Laufe der Laktation verschiebt, was im wesentlichen mit der Energiebilanz zu erklären ist (physiologische Steuerung der Futteraufnahme). Der engste Zusammenhang zwischen Milchleistung und Futteraufnahme tritt zur Laktationsmitte auf, während zu Laktationsbeginn die Mobilisation und zu Laktationsende die Wiederauffüllung der Körperreserven die Beziehung Futteraufnahme – Milchleistung überlagert. Im Unterschied zum Datenmaterial BAL Gumpenstein gehen die Regressionskoeffizienten für Milchleistung im letzten Laktationsdrittel allerdings nicht im gleichen Ausmaß zurück, was sich mit dem höheren Leistungsniveau erklärt (höherer Nährstoffbedarf auch im letzten Laktationsdrittel und daher geringere Wiederauffüllung der Körperreserven). Auch die Änderung der Regressionskoeffizienten für NEL_{GF} -Gehalt und Kraftfüttermenge sind physiologisch zu begründen. Zu Laktationsbeginn – beim höchsten Energiebedarf – wirken Grundfütterqualität und Kraftfutter in größerem Ausmaß auf die Futteraufnahme als im weiteren Laktationsverlauf, in welchem die physiologische Steuerung der Futteraufnahme einer weiteren Energieaufnahme entgegenwirkt.

Tabelle 5: Koeffizienten der Parameter für die Gesamtfutteraufnahme aus dem Datenmaterial BAL Gumpenstein (GRUBER et al. 2001) und „Fulda 2002“ (GRUBER et al. 2002)

Effekt RASSE	Fleckvieh			Brown Swiss			Holstein Friesian		
Gruber et al. 2001	-0,3			-0,1			0,4		
Gruber et al. 2002	-0,2			-0,3			0,5		

Effekt LAKT.ZAHL	1	2+3		4	≥5	
Gruber et al. 2001	-0,2	0,3		0,0	-0,1	
Gruber et al. 2002	-0,4	0,3		0,2	-0,1	

Effekt LAKT.MONAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gruber et al. 2001	-2,1	-0,9	-0,3	0,0	0,4	0,6	0,8	0,6	0,4	0,4
Gruber et al. 2002	-1,8	-1,0	-0,3	0,0	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,4

b _{LM} (Lakt.Zahl)	x	1	2+3		4	≥5	
Gruber et al. 2001	1,11	2,39	1,08		0,74	0,24	
Gruber et al. 2002	0,87	1,12	0,93		0,69	0,74	

b _{Milch} (Lakt.Monat)	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gruber et al. 2001	0,15	0,09	0,10	0,15	0,17	0,20	0,24	0,21	0,15	0,09	0,11
Gruber et al. 2002	0,16	0,09	0,14	0,15	0,17	0,17	0,18	0,17	0,18	0,20	0,15

b _{NELGrundf.} (Lakt.Monat)	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gruber et al. 2001	1,20	1,57	2,05	1,67	1,49	1,20	0,85	0,85	0,77	1,13	0,45
Gruber et al. 2002	1,02	1,31	1,39	1,20	1,23	1,19	1,09	0,71	0,61	0,50	0,97

b _{Kraftfutter} (Lakt.Monat)	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gruber et al. 2001	0,45	0,67	0,56	0,45	0,43	0,37	0,31	0,39	0,43	0,42	0,43
Gruber et al. 2002	0,50	0,60	0,47	0,48	0,49	0,50	0,47	0,54	0,52	0,47	0,49

Tabelle 6: Beschreibung der Datengrundlage zur Ableitung der Futteraufnahme-Schätzformel aus dem Gesamtdatenmaterial der Kooperation von 10 Instituten (GRUBER et al., vorläufige Ergebnisse)

		BAL	WEI	AUL	RIS	FAL	HOH	GRU	RAP	IDE	ETH	x	± s	min	max
Anzahl	n	4555	1657	3477	3729	4578	4208	834	3220	7270	14990	48518			
Lakzahl	n	3,3	2,6	3,5	2,9	2,6	2,5	2,5	3,0	2,1	2,3	2,6	1,6	1,0	12,0
Laktage	d	118	133	142	125	143	161	152	102	144	-	136	76	1	532
LM	kg	613	633	701	637	643	630	670	678	614	593	625	86	350	899
Milch	kg	19,4	23,6	21,3	28,2	25,9	26,6	23,5	27,8	27,5	22,1	24,3	7,9	1,7	62,1
Fett	%	4,37	3,92	4,15	4,11	4,35	3,91	3,98	4,38	4,62	4,52	4,35	0,67	1,74	8,51
Eiweiß	%	3,13	3,43	3,61	3,30	3,54	3,29	3,50	3,36	3,62	3,42	3,43	0,40	0,88	6,27
IT _{GF}	kg	12,4	11,7	11,9	12,2	12,2	11,5	13,0	14,7	13,0	16,0	13,6	3,2	4,9	32,4
IT _{KF}	kg	3,2	5,6	5,2	6,5	8,2	7,1	6,3	6,2	5,9	2,1	4,8	3,5	0,0	17,6
IT _{GES}	kg	15,6	17,3	17,2	18,7	20,4	18,6	19,4	21,1	19,1	18,1	18,4	3,5	5,7	32,6
KF _{PRO}	% IT	18,5	31,7	28,8	34,3	39,7	37,2	30,1	29,2	30,5	10,6	24,8	16,4	0,0	68,0
XP _{GF}	g/kg T	120	109	115	138	121	109	130	139	121	-	122	26	52	220
XP _{GES}	g/kg T	128	156	152	166	161	145	148	147	163	146	151	21	75	255
XF _{GF}	g/kg T	282	225	259	232	277	244	219	213	205	239	240	39	136	383
XF _{GES}	g/kg T	241	177	207	188	194	179	173	163	163	219	198	39	101	381
NEL _{GF}	MJ/kgT	5,40	6,45	5,95	6,16	6,21	5,66	6,39	5,88	6,45	5,93	6,00	0,45	4,05	7,39
NEL _{GES}	MJ/kgT	5,84	6,97	6,56	6,78	6,93	6,55	6,44	6,17	6,92	6,17	6,46	0,52	4,07	8,09

BAL = BAL Gumpenstein, WEI = TUM Weihenstephan, AUL = LVVG Aulendorf, RIS = LWK Bonn (Riswick), FAL = FAL Braunschweig, HOH = Universität Hohenheim, GRU = BLT Grub, RAP = RAP Posieux, IDE = LVA Iden, ETH = ETH Zürich (Chamau)

Abschließend werden in Tab. 6 die wichtigsten Kenndaten des gesamten Datenmaterials aus der Kooperation von 10 Instituten angeführt (n = 48.518; GRUBER et al., vorläufige Ergebnisse).

Die Laktationszahl beträgt 2.6 ± 1.6 ; Bereich 1 – 12). Deutlich älter waren die Kühe in Gumpenstein, Aulendorf und Posieux, die niedrigsten Laktationszahlen lagen in Iden und der ETH Zürich vor. Die mittleren Laktationstage betragen 136 ± 76 ; Bereich 1 – 532). Somit ist jedes Laktationsstadium ausreichend abgedeckt. Zwischen den Instituten sind die Unterschiede im Laktationsstadium nicht wesentlich. Die mittlere Lebendmasse beträgt 625 ± 86 ; Bereich 350 – 899 kg), wobei zwischen den Instituten signifikante Unterschiede auftreten. Dies ist vorwiegend durch unterschiedliche Rassen und auch durch das Ernährungsniveau zu erklären. Daraus folgen auch deutliche Unterschiede in der Milchleistung (24.3 ± 7.9 ; Bereich 1.7 – 62.1 kg). Relativ niedrige Milchleistungen liegen in Gumpenstein, Aulendorf und Zürich vor (Fleckvieh, Jersey, Grundfutterqualität, Kraftfutterniveau), die höchsten Milchleistungen wurden dagegen in Riswick, Hohenheim, Posieux und Iden ermittelt.

Die mittlere Grundfutteraufnahme liegt bei 13.6 ± 3.2 ; Bereich 4.9 – 32.4 kg T und Gesamtfutteraufnahme bei 18.4 ± 3.5 ; Bereich 5.7 – 32.6 kg T. Die deutlichen Institutsdifferenzen sind vor allem auf die Unterschiede im Milchleistungspotential der Tiere, in der Grundfutterqualität (6.00 ± 0.45 ; Bereich 4.05 – 7.39 MJ NEL/kg T) und im Kraftfutterniveau (4.8 ± 3.5 ; Bereich 0.0 – 17.6 kg T) zurückzuführen.

Somit ist das nun vorliegende große Datenmaterial durch eine große Streubreite in den für die Futteraufnahme entscheidenden tier- und futterbedingten Kriterien (LM, Milchleistung, Grundfutterqualität, Kraftfutterniveau) gekennzeichnet, was eine wichtige Voraussetzung für die Ableitung von Schätzgleichungen über geeignete statistische Modelle ist.

3 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.
- BIBBY, J. und H. TOUTENBURG, 1977: Prediction and improvement of estimation in linear models. John Willey and Sons, London, UK, 186 S.
- 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.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1986: Grundfutteraufnahme und Grundfutterverdrängung bei Milchkühen. DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung, DLG-Information 2/86, 8 S.
- FORBES, J.M., 1995: Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. CABI, UK, 532 S.
- FORBES, J.M., 1996: Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. J. Anim. Sci. 74, 3029-3035.
- GRUBER, L., K. KRIMBERGER, R. STEINWENDER und A. SCHAUER, 1990: Forage intake of dairy cows depending on physiological and nutritional factors. International Symposium "New systems of energy and nitrogen evaluation for ruminants", Prague, CZ, 6-7 June 1990, 155-165.
- GRUBER, L., T. GUGGENBERGER, A. STEINWIDDER, J. HÄUSLER, A. SCHAUER, R. STEINWENDER, B. STEINER, 2001: Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen auf Basis der Fütterungs-

- versuche der BAL Gumpenstein. Bericht 28. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, 2.-3. Mai 2001, 11-36.
- GRUBER, L., F.J. SCHWARZ, B. FISCHER, U. MEYER, A. CHASSOT, H. STEINGASS, H. SPIEKERS, T. JILG, H. RÄTZER, R. MAIERHOFER, T. GUGGENBERGER, 2002: Ableitung von Futteraufnahme-Schätzformeln für Milchkühe aus einer Kooperation von Forschungsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz (Zwischenergebnisse). Forum Angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung. Tagungsunterlage, Fulda (BRD), 20.-21. März 2002, 49-53.
- HARVEY, W.R., 1987: User's Guide for LSMLMW PC-1 Version. Mixed model least-squares and maximum likelihood computer program, Ohio State University, 59 pp.
- 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 J. KESSLER, 1994: In: Fütterungsempfehlungen für die Milchkuh - Schätzung des Futterverzehr. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer, Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion, Posieux, Schweiz (Hrsg.), 100-104.
- KIRCHGESSNER, M., 1997: Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. Verlagsunion Agrar, 10. Auflage, 582 S.
- KRISTENSEN, V.F., 1995: Forudsigelse af foderoptagelsen hos malkekoer. Intern Rapport Nr. 61. Landbrugs- og Fiskeriministeriet, Statens Husdyrbrugsforsøg, 28 S.
- LANGHANS, W., 1989: Die Regulation der Futteraufnahme beim Wiederkäuer. Schweiz. Arch. Tierheilkde. 131, 117-126.
- MENKE, K.H., 1987: Rinderfütterung - Milchvieh (praktische Fütterungshinweise). In: Tierernährung und Futtermittelkunde, K.H. Menke und W. Huss, UTB Ulmer, 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.
- NRC (National Research Council), 1987: Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals. 5. Dairy cattle. National Academy Press, 48-55.
- PIATKOWSKI, B., H. GÜRTLER und J. VOIGT, 1990: Grundzüge der Wiederkäuer-Ernährung. 5. Kapitel: Futteraufnahme beim Wiederkäuer, Gustav Fischer Verlag Jena, 133-155.
- RAP (Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere), 1999: In: Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer, 7. Fütterungsempfehlungen für die Milchkuh - Schätzung des Futterverzehr, 83-112.
- 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.
- 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., U. HEINDL und M. KIRCHGESSNER, 1996: Zur Schätzung der Grundfutteraufnahme von Milchkühen. Züchtungskde. 68, 65-76.
- SCHWARZ, F.J., 1997: Zur Futteraufnahme der Milchkuh. Internationale Vortragstagung "Verdauungsphysiologie und Stoffumsatz beim Wiederkäuer". Rostock 21. Februar 1997. J. Voigt und H. Hagemeyer (Hrsg.). Schriftenreihe des Forschungsinstitutes für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere, Heft Nr. 10, 14-26.
- 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.
- Van SOEST, P.J., 1994: Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, 2. Aufl., 476 S.
- VADIVELLOO, J. und W. HOLMES, 1979: The prediction of the voluntary feed intake of dairy cows. Agric. Sci. (Camb.) 93, 553-562.
- WANGSNESS, P.J. und L.D. MULLER, 1981: Maximum forage for dairy cows. J. Dairy Sci. 64, 1-13.