

Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen

Futteraufnahmeschätzformel – Grundlagen und praktische Anwendung in der Rationsberechnung

Doz. Dr. Leonhard GRUBER¹⁾, Dr. Hubert SPIEKERS²⁾, Mag. Thomas GUGGENBERGER³⁾ und Prof. Dr. Frieder-J. SCHWARZ³⁾

Die Leistungen unserer Nutztiere hängen von ihrem genetischen Potenzial und der Aufnahme an Nährstoffen ab. Für eine bedarfsgerechte Rationsberechnung ist die Futteraufnahme neben dem Nährstoffgehalt der Futtermittel die entscheidende Größe. Im folgenden Beitrag wird die Schätzung der Futteraufnahme von Milchkühen und deren Anwendung in der Praxis dargestellt. Diese Futteraufnahme-Schätzformel beruht auf langjährigen Forschungsergebnissen in Deutschland, Österreich und der Schweiz und wird von der DLG zur Anwendung in der Praxis empfohlen.



1) LFZ Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, A-8952 Irnding

2) LfL Grub, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, D-85586 Poing-Grub

3) TUM Freising-Weihenstephan, Department für Tierwissenschaften, D-85350 Freising-Weihenstephan

So steuert die Kuh das Fressen

Die Futtermittelaufnahme hängt von tier- und von fütterbedingten Faktoren ab, zusätzlich spielen Fütterungstechnik, Management, Umweltfaktoren und Kuhkomfort eine wesentliche Rolle. Grundsätzlich wird die Futtermittelaufnahme über viele, sehr komplizierte und komplexe Vorgänge gesteuert. Die Wirkung der wichtigsten Faktoren zeigt Abbildung 1, sie wurden bereits in der ÖAG-Sonderbeilage 4/2001 beschrieben.

Das Ziel der Futtermittelaufnahme bei den Wiederkäuern ist die Aufrechterhaltung einer ausgeglichenen Energiebilanz (physiologische Steuerung). Der Organismus verbraucht Energie für Erhaltung und verschiedene Leistungskomponenten (Milch, Wachstum, Trächtigkeit, Körperreserven). Dies verursacht den Impuls, die verbrauchten Nährstoffe durch Futtermittelaufnahme 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, Leptin). Die Signale werden über das zentrale Nervensystem (ZNS) in das Gehirn geleitet und dort verarbeitet.

Die Futtermittelaufnahme wird entscheidend auch von der Füllung des Pansens (physikalisch-mechanische Steuerung) bestimmt. Je schneller der Panseninhalt abnimmt, desto höher ist

die Futtermittelaufnahme. Die Füllung des Pansens wird einerseits durch die Fermentation der Pansenmikroben und andererseits durch die Passage des Futters aus dem Pansen bestimmt. Der mikrobielle Abbau des Futters wird stark von der Futterqualität (Abbaubarkeit, Verdaulichkeit) beeinflusst, die Passagegeschwindigkeit hängt vom Zerkleinerungsgrad und der Futterstruktur ab. Die Futterstruktur wirkt über ihren Einfluss auf die Speichelproduktion wieder auf die mikrobielle Verdauung zurück. Allerdings verringert eine hohe Wiederkauzeit auch die für die Futtermittelaufnahme zur Verfügung stehende Zeit. Die von der Pansenfüllung ausgehenden Signale werden durch Dehnungsrezeptoren ebenfalls über das Nervensystem an das Gehirn weitergeleitet und dort mit den von der physiologischen Steuerung kommenden Impulsen verarbeitet. Der Stand der Energiebilanz und der Pansenfüllung bestimmt, ob die Kuh mit dem Fressen beginnt – oder aufhört.

Datenbasis für die Schätzformel

In die Datenbasis sind die Ergebnisse vieler Fütterungsversuche von 10 Forschungs- und Universitätsinstituten Deutschlands, Österreichs und der Schweiz eingegangen. Nähere Anga-

Parameter	Minimum	Maximum	
Laktationstage	1	350	
Lebendmasse	kg	450	900
Milchleistung	kg/Tag	5	55
NEL-Gehalt Grundfutter	MJ/kg TM	4,5	7,0
NEL-Gehalt Krafftutter	MJ/kg TM	7,0	8,5
Krafftutter-Menge	kg/Tag	0	15
Krafftutter-Anteil	% der TM	0	65

ben zur Futtermittelaufnahme, Rationsgestaltung, Nährstoffgehalt und Milchleistung der Versuchstiere finden Sie unter www.futtermittel.net.

Die mitunter großen Unterschiede sowohl zwischen den Instituten als auch bei den Einzeltieren haben ihre Ursachen v.a. in der Grundfutterqualität, dem Krafftutteranteil, dem genetischen Potenzial der Kühe, der Laktationszahl, dem Laktationsstadium sowie der Lebendmasse der Kühe.

Die Grundfütterationen waren wegen unterschiedlicher Produktionsbedingungen und Fragestellungen in den Versuchen sehr unterschiedlich zusammengesetzt, die Anteile an Heu, Gras und Maissilage sowie Grünfütter variieren daher stark.

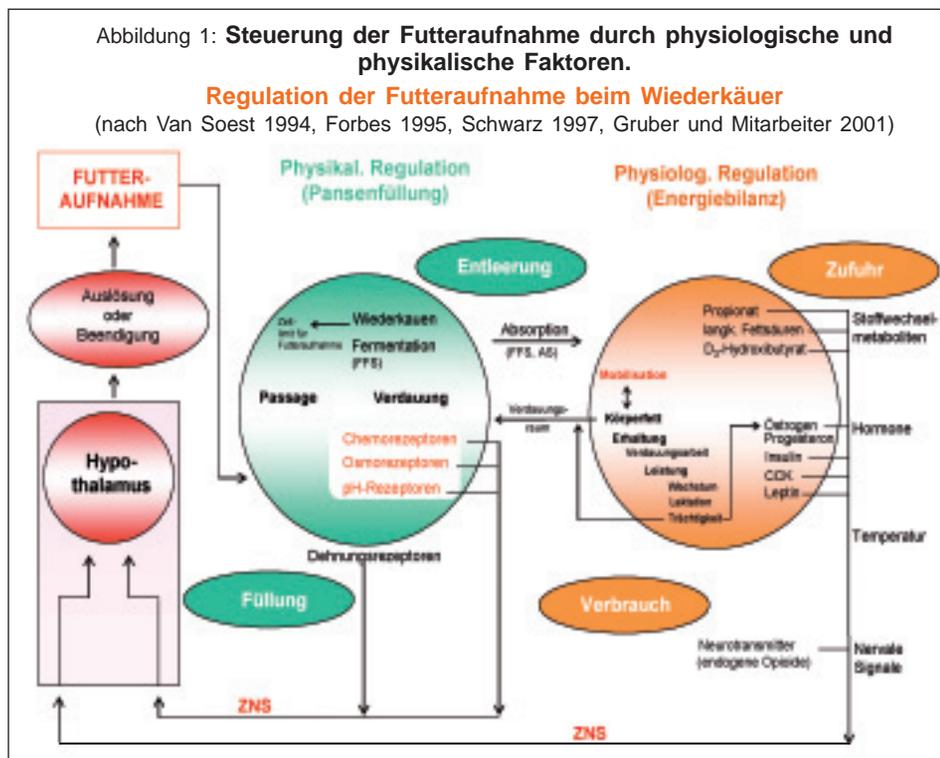
Die Nährstoffgehalte decken den in der Praxis üblichen Qualitätsbereich ab. Die Futtermittelaufnahme-Schätzformel darf nur innerhalb des Datenbereiches erfolgen, aus dem sie abgeleitet ist, der dadurch mögliche Anwendungsbereich ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

Beschreibung der Futtermittelaufnahme-Schätzformel

Die Ergebnisse der Auswertungen sind in Tabelle 2 angeführt und auch graphisch dargestellt. Die Anwendung dieser Formeln ist für EDV-unterstützte Rationsprogramme (zB Super-Ration) und nicht für das „Handrechnen“ mit dem Taschenrechner gedacht. Die Formeln 1 und 2 sind bei getrennter Futtermittelaufnahme anzuwenden, die Formeln 3 und 4 für Totale Mischration (TMR).

Die Schätzgleichungen berücksichtigen die in den Versuchen und in der Fütterungspraxis verfügbaren und für die Futtermittelaufnahme wesentlichen Einflussfaktoren. Für die Mehrzahl der Faktoren erfolgt die Abschätzung des Effekts in Abhängigkeit vom Laktationstag. Für die Anwendung der Schätzgleichungen sind folgende Daten erforderlich:

1. Tierbedingte Faktoren:
 - Rasse (Fleckvieh, Brown Swiss, Holstein-Friesian)
 - Laktationsnummer (1, 2 und 3, ≥ 4)



- Laktationstag
- Lebendmasse (kg)
- Milchleistung (kg Milch je Tag)
- 2. Futterbedingte Faktoren:
 - Kraftfutter: Verzehr (kg TM je Tag) oder Anteil in der Ration (% der TM)
 - Energiegehalt im Grundfutter (MJ NEL je kg TM)
 - Anteile an Heu, Maissilage und Grünfutter (% der Grundfutters in der TM)
 - Verhältnis von Rohprotein zu Energie in der Gesamtration (g RP/MJ NEL)
- 3. Betriebsbedingte Faktoren:
 - Region (Deutschland/Österreich, Schweiz)
 - Managementniveau (mittel, hoch)
 - Fütterungssystem (getrennte Futtermittel, Mischration)

Die Anwendung der Formeln geht in 3 bzw. 4 Schritten vor sich:

1. Berücksichtigung sog. fixer Effekte: Land, Rasse, Management, Laktationszahl, Laktationsstadium
2. Berücksichtigung der tierbedingten Faktoren: Lebendmasse, Milchleistung
3. Berücksichtigung der futterbedingten Faktoren: Kraftfuttermenge (Formel 1 und 2) bzw. Kraftfutteranteil (Formel 3 und 4), NEL-Gehalt des Grundfutters
4. Berücksichtigung weiterer futterbedingter Faktoren (nur Formel 2 und 4): Anteil von Heu, Maissilage und Grünfutter sowie RP/NEL-Verhältnis der Gesamtration

Fixe Effekte

Land, Rasse und Management

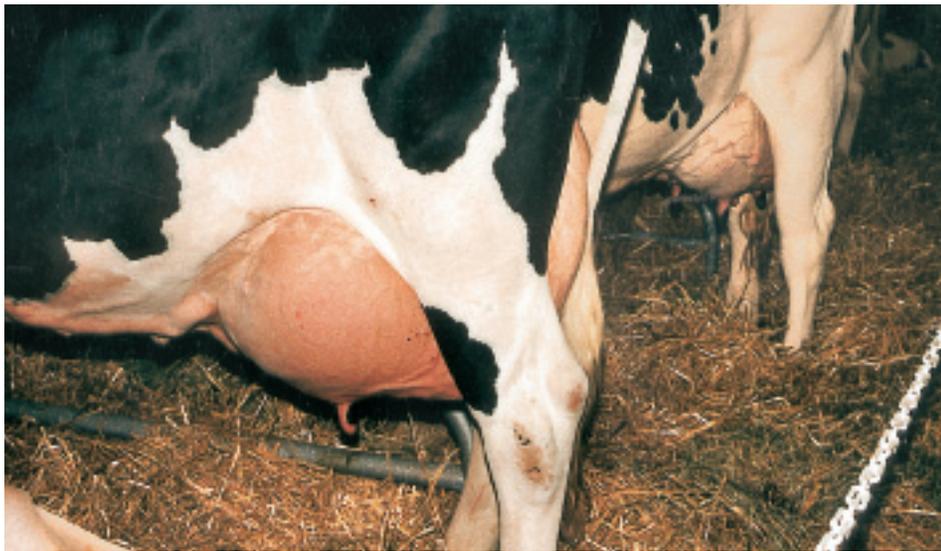
Für Fleckvieh ergibt sich im Vergleich zu Holstein bei gleicher Lebendmasse insgesamt eine um etwa 0,4 kg TM geringere Aufnahme je Tag. Beim Braun-

vieh zeigen sich sehr unterschiedliche Ergebnisse. In den Schweizer Daten liegt das Braunvieh niedriger als das Fleckvieh. Bei den Daten aus Deutschland und Österreich ist es umgekehrt. Es könnte sein, dass in der Schweiz erfolgreicher auf hohe Grundfutteraufnahme gezüchtet wurde und das Grundfutter aufgrund eines höheren Kräuteranteils besser gefressen wird. Die leicht höhere Futteraufnahme milchbetonter Kühe ist die Folge eines etwas höheren Erhaltungsbedarfs auf Grund einer höheren Stoffwechselrate und des hormonellen Status bei höherer Leistung. Nur bei Holstein war die Datenbasis ausreichend, um hinsichtlich des Managements in hoch und mittel zu unterscheiden. Die Effekte von Land und Rasse sowie Management sind in Abbildung 2 dargestellt.

Das einzelbetriebliche Futter- und Tiermanagement hat großen Einfluss auf die mögliche Futteraufnahme. Wich-

Tabelle 2: Futteraufnahme-Schätzgleichungen für getrennte Futtermittel und TMR

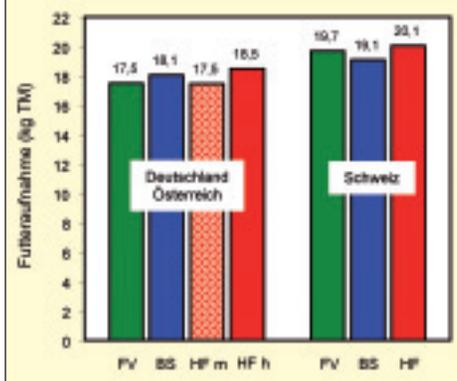
Anwendungsbereich			getrennte Futtermittel		TMR	
Futtersituation			Standard	Heu, Maissil., Grünfutter RP/NEL-Verh.	Standard	Heu, Maissil., Grünfutter RP/NEL-Verh.
Parameter	Einheit	Formel	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4
Ausgangswert		3,878	-0,557	2,274	-1,669	
Effekt Land x Rasse	Deutschland / Österreich	Fleckvieh	-2,631	-2,570	-2,169	-2,195
		Brown Swiss	-1,826	-2,006	-1,391	-1,562
	mittleres Managementniveau	Holstein m M	-2,720	-2,604	-1,999	-2,052
		hohes Managementniveau	Holstein h M	-1,667	-1,573	-0,898
	Schweiz	Fleckvieh	-0,275	-0,371	-0,315	-0,338
		Brown Swiss	-0,882	-0,959	-0,593	-0,692
Holstein		0,000	0,000	0,000	0,000	
Effekt der Laktationszahl	n	1	-0,728	-0,767	-0,658	-0,701
		2-3	0,218	0,261	0,236	0,270
		≥4	0,000	0,000	0,000	0,000
Effekt des Laktationstages	Tag	a	-4,287	-4,224	-5,445	-5,408
		b	4,153	4,088	5,298	5,274
		c	0,01486	0,01583	0,01838	0,01928
Regressionskoeffizient für Lebendmasse	kg	a	0,0148	0,0142	0,0173	0,0166
		b ₁	-0,0000474	-0,0000431	-0,0000514	-0,0000460
		b ₂	0,000000904	0,000000763	0,000000999	0,000000826
Regressionskoeffizient für Milchleistung	kg	a	0,0825	0,0723	0,2010	0,1895
		b ₁	0,0008098	0,0008151	0,0008080	0,0008201
		b ₂	-0,000000966	-0,000001065	-0,000001299	-0,000001385
Regressionskoeffizient für Kraftfutter-Menge	kg TM	a	0,6962	0,6856	-	-
		b ₁	-0,0023289	-0,0021353	-	-
		b ₂	0,0000040634	0,0000038023	-	-
Regressionskoeffizient für Kraftfutter-Anteil	% TM	a	-	-	0,0631	0,0613
		b ₁	-	-	-0,0002096	-0,0001743
		b ₂	-	-	0,0000001213	0,0000000748
Regressionskoeffizient für NEL _{GF}	MJ/kg TM	-	0,8580	0,9830	0,6090	0,6606
Regressionskoeffizient für Heu	% GF	-	-	0,01154	-	0,00848
Regressionskoeffizient für Maissilage	% GF	-	-	0,00699	-	0,00961
Regressionskoeffizient für Grünfutter	% GF	-	-	0,00558	-	0,00324
Regressionskoeffizient für RP/NEL-Verhältnis	g/MJ	RP/NEL	-	0,2053	-	0,2126
		(RP/NEL) ²	-	-0,002266	-	-0,002404
Bestimmtheitsmaß (R ²)	%	-	86,7	87,0	83,5	83,8
Reststreuung (RSD)	kg TM	-	1,32	1,30	1,46	1,45
Variationskoeffizient (VK)	%	-	7,1	7,0	7,9	7,8
Korrekturfaktor	TM _{korrigiert} = a + b × TM _{Formel}	0,47+0,930×TM _F	0,38+0,932×TM _F	0,71+0,920×TM _F	0,67+0,918×TM _F	



Milchbetonte Kühe haben auf Grund ihrer Milchleistung eine höhere Futteraufnahme.

tig sind die Futtervorlage und das gesamte Silo- und Futtertischmanagement. Hinsichtlich der Tiere sind die gezielte Vorbereitung auf die Laktation und der Gesundheitsstatus (Klauen, Stoffwechsel usw.) entscheidend, um das Futteraufnahmevermögen voll auszuschöpfen. Die unten folgenden Einflussfaktoren beim Tier und beim Futter wir-

Abbildung 2: Einfluss von Land und Rasse auf die Futteraufnahme.

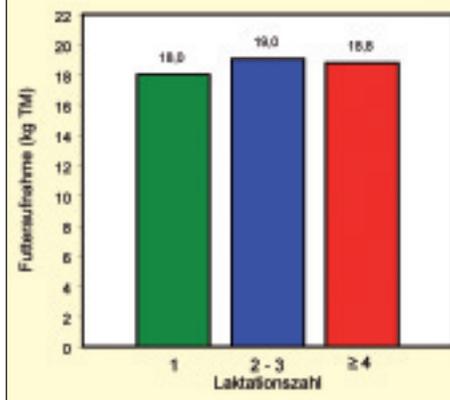


ken bei unterschiedlichem Betriebsmanagement in gleicher Weise. Für die Rationsplanung sind daher in Abhängigkeit vom Managementniveau Zu- und Abschläge empfehlenswert. Dies können je nach Gegebenheiten im Betrieb 0,5 bis 1,5 kg TM je Kuh und Tag mehr oder weniger sein.

Laktationszahl

Die Futteraufnahme erstlaktierender Kühe ist um etwa 1,0 kg TM niedriger als von Kühen der 2. und 3. Laktation. Dies ist mit dem noch nicht voll abgeschlossenen Wachstum und dem folglich kleineren Verdauungsraum dieser Tiere zu erklären. Ab der 4. Laktation wurde eine etwas geringere (0,2 kg TM)

Abbildung 3: Einfluss der Laktationszahl auf die Futteraufnahme.

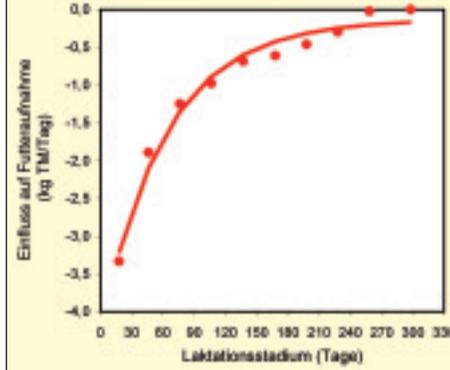


Futteraufnahme festgestellt. Mögliche Gründe dafür sind Stoffwechselerkrankungen, Klauenprobleme, Mastitis usw., die sich negativ auf die Futteraufnahme auswirken. Der Einfluss der Laktationszahl ist in Abbildung 3 dargestellt.

Laktationsstadium

Das Laktationsstadium hat eine überragende Bedeutung für die Futteraufnahme. Abbildung 4 zeigt: Bei gleicher Rationsgestaltung und Leistung wäre die Futteraufnahme zu Beginn der Laktation erheblich niedriger als am Ende. Der Effekt liegt im ersten Laktations-

Abbildung 4: Einfluss des Laktationsstadiums auf die Futteraufnahme.



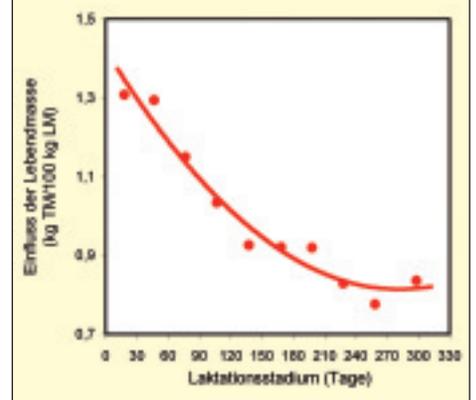
monat bei -3,5 kg TM je Kuh und Tag. Auf Grund des dominierenden Einflusses des Laktationsstadiums sind viele Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme in Abhängigkeit vom Laktationsstadium zu sehen.

Tierbedingte Faktoren

Lebendmasse

Mit steigender Lebendmasse erhöht sich die Futteraufnahme, da auch der Erhaltungsbedarf und das Pansenvolumen steigen. Im Mittel erhöht sich die Futteraufnahme um 1,0 kg TM je Tag bei Anstieg der Lebendmasse um 100 kg. Dieser Effekt ist zu Beginn der Laktation größer als am Ende der Laktation (Abbildung 5). Hier ist zu beach-

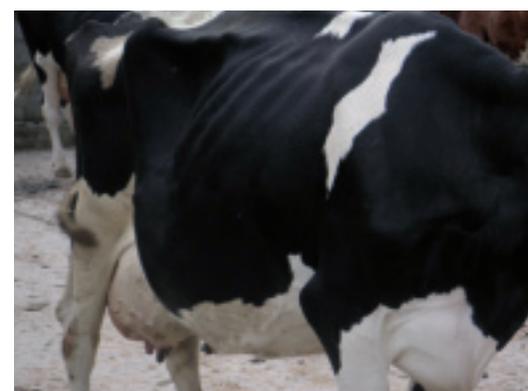
Abbildung 5: Einfluss der Lebendmasse auf die Futteraufnahme.



ten, dass mehr Körpermasse durch verstärkten Fettansatz am Ende der Laktation die Futteraufnahme nicht erhöht. Fett übt sogar eine negative Wirkung auf die Futteraufnahme aus (Abbildung 1). Entscheidend ist nicht ausschließlich die Lebendmasse, sondern offensichtlich das Pansenvolumen.

Milchleistung

Mit der Milchleistung steigt auch die Futteraufnahme, und zwar im Durch-



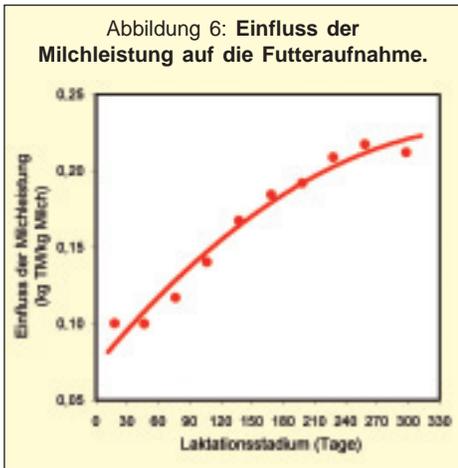
Besonders hochleistende Kühe mobilisieren zu Beginn der Laktation ihre Körperreserven in starkem Ausmaß, wenn sie nicht ausreichend Kraftfutter und Grundfutter höchster Qualität erhalten.

schnitt um 0,17 kg TM pro kg Milch. Auf diesem Zusammenhang zwischen Milchleistung und Futterraufnahme beruht die physiologische Steuerung der Futterraufnahme, die besagt, dass die Tiere die über die Leistung verbrauch-



Die Milchleistung ist der entscheidende tierbedingte Einflussfaktor auf die Futterraufnahme, da im Organismus eine ausgeglichene Energiebilanz angestrebt wird.

ten Nährstoffe ihrem Organismus über die Futterraufnahme wieder zuführen müssen, um eine ausgeglichene Energiebilanz zu erreichen (Abbildung 1). Eine ausreichende Futterraufnahme ist somit Voraussetzung für eine entsprechende Milchleistung. Auch dieser Effekt ist stark abhängig vom Laktationsstadium. Zu Beginn der Laktation ist der Effekt erheblich geringer als zu Ende der Laktation (Abbildung 6). Die physiologische Erklärung dafür liegt darin, dass Kühe zu Laktationsbeginn einen Teil der für die Milchleistung erforderlichen Nährstoffe aus der Mobilisation von Körperfettreserven beziehen, was die Beziehung zwischen Futterraufnahme und Milchleistung überlagert (d.h. abschwächt). Dies bedeutet, dass gerade zu Beginn der Laktation – bei hoher Milchleistung – die Gestaltung der Fütterung wichtig ist, um

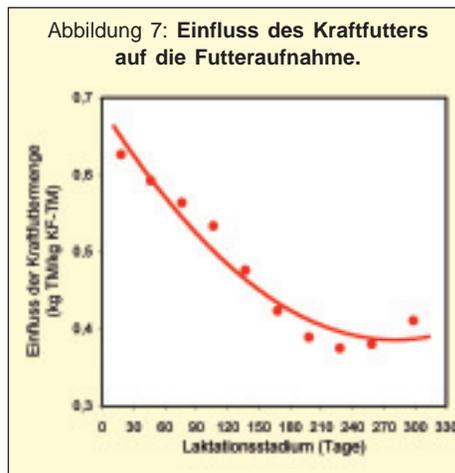


eine ausreichende Futterraufnahme sicher zu stellen. Ein Bezug auf ECM statt Milchmenge erbringt keine Verbesserung in der Schätzung der Futterraufnahme. Dies lässt sich damit erklären, dass die zu Laktationsbeginn bei Energiemangel erhöhten Gehalte an Milchfett (und folglich höheren ECM-Werte) aus der Mobilisation stammen und die statistische Beziehung zwischen Futterraufnahme und Milchleistung eher abschwächen.

Futterbedingte Faktoren

Kraftfutter

Durch die Fütterung von Kraftfutter erhöht sich die Gesamtfutterraufnahme, allerdings geht die Grundfutterraufnahme zurück (Grundfuttermitteldrängung). Im Mittel erhöht sich die Gesamtfutterraufnahme um 0,47 kg TM, wenn die Kraftfuttermenge um 1,0 kg TM gesteigert wird. Dies entspricht einer Grundfuttermitteldrängung von 0,53 kg TM pro kg TM-Kraftfutter. Auch der Einfluss des Kraftfutters auf die Gesamtfutterraufnahme ist stark laktationsabhängig und nimmt während der Laktation signifikant von 0,64 auf 0,40 ab (Abbildung 7). Umgekehrt aus-



gedrückt, nimmt die Grundfuttermitteldrängung von 0,36 auf 0,60 im Laufe der Laktation zu. Dies kann ebenfalls aus dem Blickwinkel der physiologischen Regulation der Futterraufnahme erklärt werden. Die Aufrechterhaltung einer ausgeglichenen Energiebilanz ist das übergeordnete Wirkungsprinzip bei der physiologischen Regulation der Futterraufnahme. So ist es verständlich, wenn die Kühe zu Laktationsbeginn – also in Situationen eines mehr oder weniger starken Energiedefizits – auf Kraftfutter besonders deutlich mit einer Erhöhung der Futterraufnahme reagieren, da sie einen hohen Bedarf an Energie haben. Da die Energiebilanz während der Laktation mehr und mehr

positiv wird, reagiert die Kuh auf Kraftfutter zunehmend geringer mit einer Erhöhung der Futterraufnahme, weil dadurch ein zu großer Energieüberschuss entstünde.

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 verminderte Abpufferung der Säuren infolge reduzierter Wiederkautätigkeit und somit Speichelbildung. Dieser zu tiefe pH-Wert hemmt die Aktivität gerade der die Gerüstsubstanzen abbauenden Pansenmikroben und verlangsamt somit den Abbau des Grundfutters in den Vormägen und in der Folge dessen Aufnahme. (2) Das Ausmaß der Grundfuttermitteldrängung hängt vor allem vom Stand der Energiebilanz der Kuh ab, d.h. die Grundfuttermitteldrängung lässt sich hauptsächlich über die physiologische Steuerung der Futterraufnahme erklären. Bei hohen Energieüberschüssen werden hohe Verdrängungsraten ermittelt und umgekehrt.

NEL-Gehalt des Grundfutters

Die Grundfütterqualität ist neben dem Kraftfutter der zweite entscheidende futterbedingte Einflussfaktor auf die Futterraufnahme. Unter der Voraussetzung, dass hygienisch einwandfreies Futter eingesetzt wird, haben der Umfang und die Geschwindigkeit des Abbaus in den Vormägen und die Passage durch den Verdauungstrakt den größten Einfluss auf die Futterraufnahme. Für die Praxis bieten sich die Verdaulichkeit oder der NEL-Gehalt als Maßstab an. Als Parameter zur Beschreibung der Grundfütterqualität wurde der Energiegehalt (MJ NEL/kg TM) gewählt, weil dieser Wert auch für die Energieversorgung verwendet wird und somit Grundlage jeder Rationsberechnung ist. Der Regressionskoeffizient für den NEL-Gehalt ist in den 4 angeführten Formeln unterschiedlich (Tabelle 4). Er beträgt knapp 1,0 in Formel 1 und 2 (in diesen Formeln wird Kraftfutter als Menge berücksichtigt) und etwa 0,6 in Formel 3 und 4 (Kraftfutter als Rationsanteil). Der Regressionskoeffizient bedeutet, dass die Futterraufnahme pro MJ NEL des Grundfutters um 0,6–1,0 kg TM ansteigt.

Zusammensetzung des Grundfutters

Neben der Energiekonzentration wirkt sich die Art des Grundfutters selbst auf die Futterraufnahme aus, wie aus Abbildung 8 ersichtlich ist. Im Vergleich zu Grassilage ist bei gleichem



Energiegehalt die Futteraufnahme bei Heu, Maissilage und Grünfütter höher. Höhere Futteraufnahmen zeigen sich auch bei Luzernesilage. Bei den Silagen sind die Gärqualität und ein möglicher Abbau von Protein im Hinblick auf die Futteraufnahme zu beachten. Hier gilt es, durch

Stickstoff-Bedarf der Mikroben nicht gedeckt und deren Vermehrung somit herabgesetzt ist, werden Verdaulichkeit und Futteraufnahme reduziert. Diese Zusammenhänge werden eindeutig aus der Beziehung zwischen Proteingehalt und Futteraufnahme in Abbildung 9 sichtbar. Außerdem treten noch indirekte Effekte des Proteins auf: Mit steigender Eiweißversorgung erhöhten sich die Milchleistung und dadurch der Nährstoffbedarf und somit als Folge die Futteraufnahme.

In Abbildung 10 sind die Aussagen zu den in den einzelnen Abschnitten dis-

kutierten Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme von Milchkühen zusammengefasst. Etwa je die Hälfte der im Datenmaterial vorliegenden Streuung der Futteraufnahme (Mittelwert und Streuung von $18,5 \pm 3,5$ kg TM, Spannweite 5,4–31,6 kg TM) sind auf tier- und fütterspezifische Einflüsse (51 und 49 %) zurückzuführen. Von den tierbedingten Komponenten spielt die Milchleistung (35 %) gegenüber der Lebendmasse (16 %) etwa eine doppelt so große Rolle, bei den fütterbedingten Einflussfaktoren ebenso das Kraftfutter (32 %) gegenüber der Grundfutterqualität (17 %).

Bewertung der Futteraufnahme-Schätzformeln

Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, können mit dem den Schätzformeln zu Grunde liegenden statistischen Modell etwa 84–87 % der Streuung der Futteraufnahme erklärt werden (Zeile R²). Der Restfehler beträgt 1,3–1,5 kg TM bzw. 7–8 % der Futteraufnahme. Der Vergleich der Formeln 1 und 2 gegenüber den Formeln 3 und 4 zeigt, dass mit der Kraftfuttermenge die Futteraufnahme besser geschätzt werden kann als mit dem Kraftfutteranteil. Bei Anwendung der Formeln ist mit einem Schätzfehler von 1,8–1,9 kg TM bzw. etwa 10 % der Futteraufnahme zu rechnen. Die Gründe dafür sind individuelle Unterschiede zwischen den Tieren und weitere aus dem Zahlenmaterial nicht fassbare Faktoren (vor allem Management und Futterqualität).

Anwendung der Formel in der Rationsberechnung

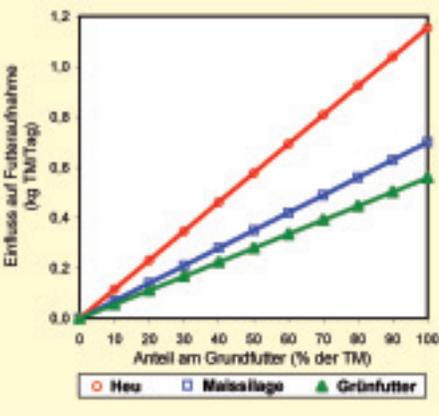
Im folgenden Abschnitt wird die Anwendung der Futteraufnahme-Schätzformeln an einem Beispiel erläutert und anschließend die Futteraufnahme sowie Energiebilanz im Laufe der Laktation auf Basis dieser Formel dargestellt (s. auch DLG-Information 1/2006).

Berechnungsbeispiel

Folgende Annahmen zu den tier- und fütterbedingten Faktoren werden getroffen und die Formel 2 verwendet: Beispiel: Rasse HF, Land Deutschland / Österreich, hohes Managementniveau 3. Laktation, 140. Laktationstag 635 kg Lebendmasse, 25 kg Milch 5 kg TM-Kraftfutter 5,9 MJ NEL_{GF}/kg TM Grundfütterzusammensetzung 10 % Heu, 35 % Maissilage, 0 % Grünfütter (TM), 23 g RP/MJ NEL

In einem ersten Schritt werden nach dem Ausgangswert (-0,56) die fixen Ein-

Abbildung 8: Einfluss der Grundfütterzusammensetzung auf die Futteraufnahme.



eine möglichst gute Konservierung den unerwünschten Stoffab- und -umbau möglichst gering zu halten.

Protein/Energie-Verhältnis der Gesamtration

Weiters wirkt sich auch die Rohproteinversorgung auf die Höhe der Futteraufnahme aus. Rationen mit geringen Rohproteingehalten und damit entsprechend negativer RNB können die Futteraufnahme merklich senken. Die Einstellung einer ausreichenden nXP-Versorgung bei ausgeglichener RNB ist daher auch im Hinblick auf die Futteraufnahme von Vorteil.

Dies ist mit dem Eiweiß-Stoffwechsel im Pansen zu erklären. Die Pansenmikroben benötigen für ihr Wachstum Stickstoff-Komponenten (Ammoniak, teilweise echte Eiweißbausteine), und zwar im Ausmaß der von den Mikroben produzierten Eiweißmenge. Dieser Stickstoff kommt aus dem abgebauten

Abbildung 9: Einfluss des Protein/Energie-Verhältnisses der Gesamtration auf die Futteraufnahme.

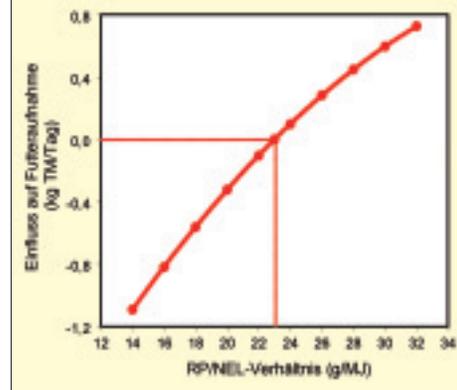


Abbildung 10: Einfluss der tier- und fütterbedingten Faktoren auf die Futteraufnahme von Milchkühen.

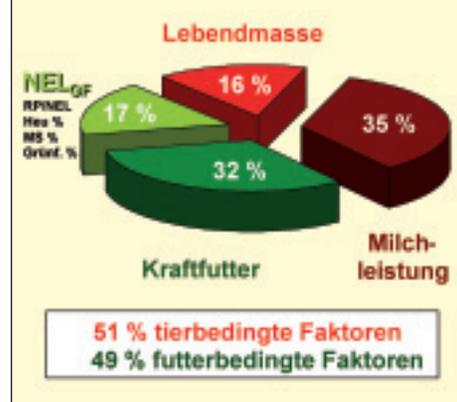


Tabelle 3: Beispiel zur Berechnung der Futteraufnahme (kg TM je Tag), siehe Tabelle 2: Futteraufnahme-Schätzgleichungen

Parameter	Regressionskoeffizient	Produkt	Wert
Ausgangswert	—	—	-0,557
[Land × Rasse]	—	—	-1,573
Laktationszahl	—	—	+0,261
Laktationstag (L)	—	$-4,224 + 4,088 \times (1 - \exp(-0,01583 \times 140)) = -0,582$	-0,582
Lebendmasse	$0,0142 - 0,0000431 \times L + 0,0000000763 \times L^2 = 0,0097$	$0,0097 \times 635 = 6,160$	+6,160
Milchleistung	$0,0723 + 0,0008151 \times L - 0,000001065 \times L^2 = 0,1655$	$0,1655 \times 25 = 4,138$	+4,138
Krafftutter	$0,6856 - 0,0021353 \times L + 0,0000038023 \times L^2 = 0,4612$	$0,4612 \times 5 = 2,306$	+2,306
NEL Grundfutter	0,9830	$0,9830 \times 5,9 = 5,800$	+5,800
Anteil Heu	0,01154	$0,01154 \times 10 = 0,115$	+0,115
Anteil Maissilage	0,00699	$0,00699 \times 35 = 0,245$	+0,245
Anteil Grünfutter	0,00558	$0,00558 \times 0 = 0,000$	+0,000
RP/NEL-Verh.	0,2053 (linear) und -0,002266 (quadratisch)	$0,2053 \times 23 - 0,002266 \times 23^2 = 3,523$	+3,523
TM_{Formel}		Summe:	19,84
Futteraufnahme Grundfutteraufn.	Korrektur: $0,38 + 0,932 \times TM_{Formel}$ Gesamtfutteraufnahme – Krafftutter	$0,38 + 0,932 \times 19,838 = 18,869$ $18,869 - 5,0 = 13,869$	18,87 13,87

flüsse von Rasse und Land (-1,57) sowie von Laktationszahl (+0,26) und Laktationsstadium (-0,58) berücksichtigt. Alle Einflüsse werden aufsummiert. Wie schon in Abbildung 10 gezeigt, wirken sich die tierbedingten Faktoren sehr stark auf die Futteraufnahme aus (Lebendmasse +6,16 und Milchleistung +4,14). Auch die futterbedingten Faktoren tragen wesentlich zur Futteraufnahme bei (Krafftutter +2,31, NEL_{GF} +5,80). Die Zusammensetzung der Grundfütterration übt nur einen geringen Einfluss auf die Futteraufnahme aus (Anteil Heu +0,12; Anteil Maissilage +0,25). Das Verhältnis Rohprotein/Energie wirkt mit einem Beitrag von 3,52. Alle diese Faktoren zusammen ergeben eine geschätzte Futteraufnahme von 19,84 kg TM. Da die Formel zu einer leichten systematischen

Abweichung von der tatsächlichen Futteraufnahme führt, wird dieser Wert abschließend auf 18,87 kg TM korrigiert. Durch Abzug des Krafftutters (5,0 kg TM) errechnet sich die Grundfutteraufnahme (13,87 kg TM).

Anwendung in Fütterungspraxis

In den Tabellen 4 und 5 sind Rationsbeispiele für die praktische Fütterung unter Verwendung von Formel 1 (getrennte Futtermischung) bzw. Formel 3 (TMR) angeführt. Folgende Bedingungen werden angenommen:
Rasse: Fleckvieh
Region: Deutschland/Österreich
Energiekonzentration des Grundfutters: 6,1 MJ NEL/kg TM

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Kühe in der ersten und den höheren Lak-

tationen nicht nur in der Milchleistung unterscheiden, sondern wesentlich auch in der Futteraufnahme. In den ersten Laktationsmonaten kommt es zur Mobilisation von Fettreserven und damit zur Abnahme an Lebendmasse. Um eine Pansenübersäuerung durch zu hohe Krafftuttermengen zu vermeiden, kann ein gewisses Energiedefizit toleriert werden. Nach 2–3 Monaten wird die Energiebilanz positiv, und gegen Laktationsende werden die Körperreserven wieder aufgefüllt. Zeitpunkt sowie Ausmaß von Abbau und Anlage der Körperreserven werden durch die Höhe der Krafftuttermengen (und auch die Zusammensetzung und Qualität des Grundfutters) im Laufe der Laktation gesteuert.

Im Gegensatz zur Milchleistung, die schon nach 1–3 Monaten wieder zurückgeht, nimmt die Futteraufnahme über einen längeren Zeitraum zu (um die Energiebilanz wieder auszugleichen). Wie aus den Abbildungen 4 und 7 hervorgeht, wirken sich das Laktationsstadium und das Krafftutterniveau entscheidend auf die Futteraufnahme aus. Da die Krafftuttermenge entsprechend der abnehmenden Milchleistung zurückgeht, nimmt die Gesamtfutteraufnahme in der zweiten Laktationshälfte ab, die Grundfutteraufnahme jedoch deutlich zu.

In Abbildung 11 sind diese Zusammenhänge zwischen Milchleistung und Futteraufnahme und deren Auswirkung auf die erforderliche Rationsgestaltung (Krafftutteranteil) so-

Tabelle 4: Beispiel zur Schätzung der Futteraufnahme und Kalkulation der Energiebilanz Getrennte Futtermischung (Formel 1), Fleckvieh (Deutschland/Österreich) 6,1 MJ NEL_{GF}

Lakt.-Tag	1. Laktation						3. Laktation					
	Lebendmasse	Milchleistung	Grundfutter	Krafftutter	Gesamtfutter	NEL-Bilanz	Lebendmasse	Milchleistung	Grundfutter	Krafftutter	Gesamtfutter	NEL-Bilanz
	kg	kg	kg TM	kg TM	kg TM	MJ/Tag	kg	kg	kg TM	kg TM	kg TM	MJ/Tag
20	620	24	11,4	4,5	15,9	-8	680	30	13,1	6,0	19,1	-8
70	610	29	11,5	7,0	18,5	-4	675	36	12,6	10,0	22,6	-1
120	615	29	11,8	7,0	18,8	-2	685	36	13,3	9,0	22,3	+2
170	625	25	11,8	6,0	17,8	+3	695	31	13,8	7,0	20,8	+2
220	635	21	12,5	4,0	16,5	+5	705	27	14,5	5,0	19,5	+3
270	645	18	13,5	2,0	15,5	+6	715	23	15,4	3,0	18,4	+5
320	655	14	14,1	—	14,1	+6	725	16	16,4	—	16,4	+6

Tabelle 5: Beispiel zur Schätzung der Futteraufnahme und Kalkulation der Energiebilanz Totale Mischung (Formel 3), Fleckvieh (Deutschland/Österreich) 6,1 MJ NEL_{GF}

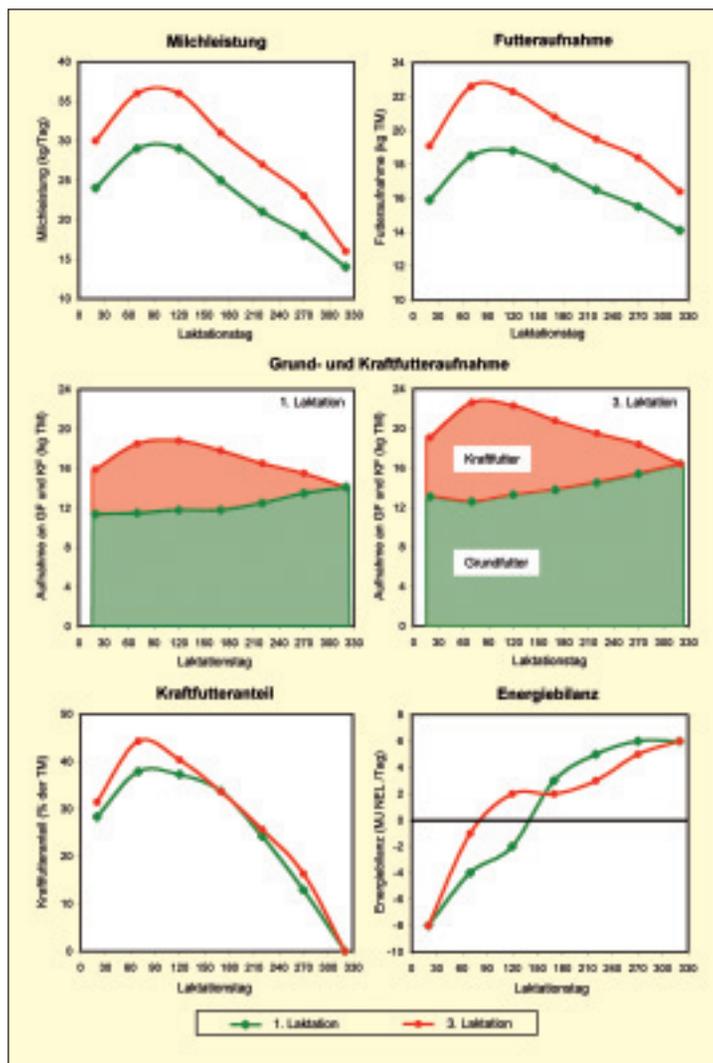
Lakt.-Tag	1. Laktation						3. Laktation					
	Lebendmasse	Milchleistung	Grundfutter	Krafftutter	Gesamtfutter	NEL-Bilanz	Lebendmasse	Milchleistung	Grundfutter	Krafftutter	Gesamtfutter	NEL-Bilanz
	kg	kg	kg TM	% TM	kg TM	MJ/Tag	kg	kg	kg TM	% TM	kg TM	MJ/Tag
20	620	24	10,0	40	16,7	-1	680	30	11,7	40	19,5	-3
70	610	29	11,3	40	18,8	-2	675	36	13,3	40	22,1	-6
120	615	29	11,5	40	19,1	0	685	36	13,6	40	22,6	0
170	625	25	10,9	40	18,1	0	695	31	12,8	40	21,3	+6
220	635	21	13,1	20	16,4	+4	705	27	15,8	20	19,7	+1
270	645	18	12,5	20	15,6	+7	715	23	14,9	20	18,6	+7
320	655	14	11,8	20	14,7	+13	725	16	13,4	20	16,8	+12

Abbildung 11: Futtermittelaufnahme, Milchleistung, Kraftfutteranteil und Energiebilanz während der Laktation – Anwendung der Futtermittelaufnahme-Schätzformel.

wie die Energiebilanz dargestellt.

In Tabelle 5 sind die Verhältnisse angeführt, wenn unter den sonst gleichen Bedingungen wie in Tabelle 4 (Rasse, Milchleistung, Grundfutterqualität) anstatt der getrennten Futtermittelvorlage eine TMR (Totale Mischration) angewendet wird (Formel 3).

Es werden 2 Leistungsgruppen unterstellt, nämlich bis zum 190. Laktationstag eine Gruppe mit 40 % Kraftfutter und anschließend eine Gruppe mit 20 % Kraftfutter (TM-Basis). Selbstverständlich ist damit eine Anpassung an den tatsächlichen Nährstoffbedarf nicht im gleichen Ausmaß möglich wie bei getrennter Futtermittelvorlage. Als Vorteile der TMR sind jedoch



die konstanten Fütterungsbedingungen, die Vermeidung einer starken Pansenübersäuerung durch extreme Kraftfuttermittelgaben und vor allem arbeitswirtschaftliche Vereinfachungen zu nennen. Zahlreiche Versuche behandeln die Vor- und Nachteile von TMR gegenüber getrennter Futtermittelvorlage. Es ergibt sich ein durchschnittlich höherer Kraftfuttermittelanteil (32 % in TMR gegenüber 26 % bei getrennter Futtermittelvorlage) und damit auch eine etwas höhere Gesamtfuttermittelaufnahme (20,1 und 19,9 kg TM), jedoch eine geringere Grundfuttermittelaufnahme (13,6 und 14,2 kg TM). Dadurch ist auch die Energiebilanz nicht im gleichen Ausmaß negativ. Daraus folgt, dass eine frühere Umstellung auf die zweite Leistungsgruppe und ein etwas geringerer Kraftfuttermittelanteil in der zweiten Leistungsgruppe den Bedarf der Tiere besser getroffen hätte. ■

(Das Literaturverzeichnis und weitere Angaben zu den statistischen Rohdaten können von der Redaktion bzw. bei den Autoren angefordert werden).

Das Wichtigste in Kürze

Rasse und Produktionsgebiet beeinflussen die Futtermittelaufnahme von Milchkühen. Als entscheidende Einflussfaktoren haben sich Laktationszahl und vor allem Laktationsstadium erwiesen. Von den tierbedingten Parametern sind weiters Lebendmasse und Milchleistung wesentlich bestimmend für die Futtermittelaufnahme. Die grundlegenden fütterbedingten Faktoren sind Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau. Über die Gewichtung der Einflussfaktoren entscheidet die aktuelle Energiebilanz der Kuh. Ist diese positiv, überwiegen eher physiologische Parameter (Milchleistung), während bei energetischer Unterversorgung die Futtermittel-

aufnahme vorwiegend von der Pansenfüllung bestimmt wird, also eher fütterbedingte Komponenten (Grundfutterqualität, Kraftfutter) die Futtermittelaufnahme bestimmen. 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 in der Schätzgleichung Rechnung getragen, indem vom Laktationsstadium abhängige Regressionskoeffizienten ermittelt wurden. Die Anwendung der Formeln ist nicht für das „Handrechnen“ mit einem Taschenrechner gedacht, sondern für EDV-

unterstützte Rationsprogramme (zB Super-Ration) bzw. Tabellenkalkulationsprogramme (zB Excel). Sie berücksichtigen wesentliche Einflussfaktoren der Futtermittelaufnahme, die auf einem landwirtschaftlichen Betrieb üblicherweise vorliegen bzw. erarbeitet werden können. Die Formel ist vom Prinzip her logisch und nachvollziehbar aufgebaut, die praktische Anwendung erfordert jedoch hohe Genauigkeit bzw. den Einsatz von EDV. Mit den vorgestellten Futtermittelaufnahme-Schätzformeln können die Verhältnisse sowohl bei getrennter Futtermittelvorlage als auch unter den Bedingungen der TMR praxisnah abgebildet werden.



Fachgruppe:
Fütterung

Vorsitzender:

Dipl.-Ing. Karl Wurm, Landwirtschaftskammer Steiermark

Kontakt:

Doz. Dr. Leonhard Gruber, LFZ Raumberg-Gumpenstein
8952 Irtding

E-Mail: leonhard.gruber@raumberg-gumpenstein.at

INFO
9/2007