

Die Futteraufnahme von Milchkühen genau abschätzen

Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber, Institut für Nutztierforschung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Die genaue Abschätzung der Futteraufnahme ist Voraussetzung für eine physiologisch und ökonomisch optimale Rationsgestaltung. Darunter verstehen wir die größtmögliche Grundfutteraufnahme in Verbindung mit jenem Kraftfutteranteil, welcher den Energiebedarf der Tiere deckt und wiederkäuergerechte Verdauungsabläufe sicherstellt.

Die Futteraufnahme von Milchkühen hängt – neben dem Management – sowohl von tierbedingten als auch von futterbedingten Faktoren ab. An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurde eine relativ genaue Methode entwickelt, die Futteraufnahme abzuschätzen. Dies ist von großem Nutzen für die bedarfs- und wiederkäuergerechte sowie wirtschaftliche und für die Umwelt optimierte Fütterung. Auch darauf aufbauende Modellrechnungen zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung der Rinderhaltung sind dadurch nahe den tatsächlichen Verhältnissen



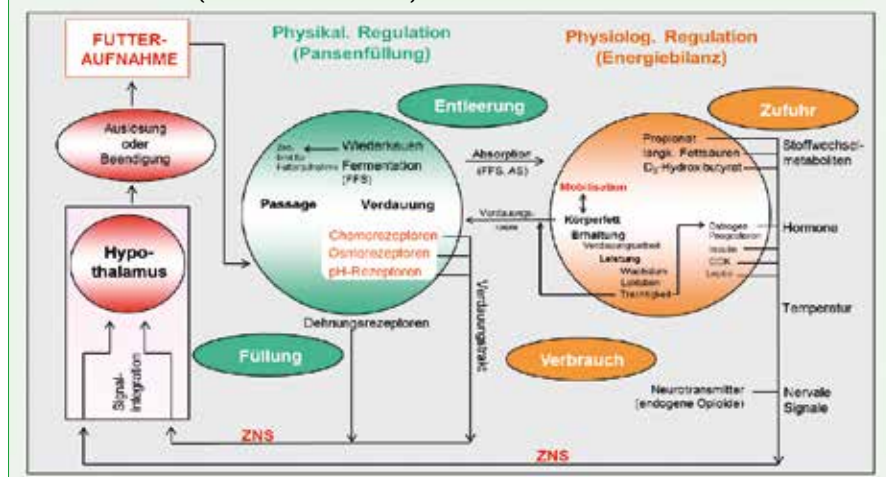
Foto: Fleckvieh Austria

Futteraufnahme-Modelle sind heute die Grundlage von EDV-gestützten Programmen zur Rationsoptimierung und der daraus abgeleiteten Kraftfutterzuteilung. Das Ziel sind hohe Milchleistungen, geordnete Pansenfunktionen, niedrige Futterkosten und eine geringe Umweltbelastung.

Regulation der Futteraufnahme

Die Futteraufnahme hängt entscheidend von tier- und futterbedingten Faktoren ab (Abbildung 1). Der Organismus verbraucht Energie für Erhaltung und verschiedene Leistungsbereiche (Milch, Trächtigkeit usw.). Dadurch entsteht im Tier der Impuls, die verbrauchten Nährstoffe durch Futterauf-

Abb. 1: Steuerung der Futteraufnahme durch physiologische und physikalische Faktoren (Gruber und Ma. 2001)



Die allgemeine Form der Futteraufnahme-Schätzformel lautet:

$$\begin{aligned} \text{Futteraufnahme (kg TM)} &= 3,878 + \text{Rasse} + \text{Laktationszahl} + \text{Laktationstag} \\ &+ b_{LM} \times \text{Lebendmasse (kg)} + b_{MILCH} \times \text{Milchleistung (kg)} \\ &+ b_{KF} \times \text{Kraftfuttermenge (kg TM)} + 0,858 \times \text{NEL}_{\text{Grundfutter}} \text{ (MJ/kg TM)} \\ R^2 &= 86,7 \%, \text{ RSD} = 1,32 \text{ kg bzw. } 7,1 \% \end{aligned}$$

nahme wieder aufzufüllen. Das Ziel des Organismus ist die Aufrechterhaltung einer ausgeglichenen Energiebilanz. Neben dieser physiologischen Steuerung wird die Futteraufnahme ganz wesentlich auch von der Füllung des Pansens über Dehnungsrezeptoren physikalisch reguliert (ÖAG-Info 4/2001). Die maßgeblichen Einflussgrößen auf die Futteraufnahme sind daher einerseits der Energiebedarf der Kühe und andererseits die Futterqualität (Abbaubarkeit im Pansen, Verdaulichkeit). Bei niedrigem Energiebedarf (und hoher Futterqualität) überwiegt die physiologische Steuerung, bei hohem Energiebedarf (und niedriger Futterqualität) wird die Futteraufnahme stärker von der Füllung des Pansens bestimmt, also vorwiegend physikalisch reguliert.

Die Gumpensteiner Futteraufnahme-Schätzformel

Die Futteraufnahme-Schätzformel von Gruber und Ma. (2004) beruht auf umfangreichen Daten aus Versuchen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein sowie weiteren Forschungs- und Universitätsinstituten aus

Deutschland und der Schweiz (70.000 Datensätze). Es wurden die Daten von 2.264 Kühen der Rassen Fleckvieh, Brown Swiss und Holstein gesammelt und zur Schätzung der Futteraufnahme herangezogen. Diese Daten decken ein breites Spektrum an Laktationszahlen und Laktationsstadien ab, ebenso einen weiten Bereich an Lebendmasse und Milchleistung sowie an Zusammensetzung und Qualität des Grundfutters und an Kraftfutterniveau. Dies sind zugleich auch die entscheidenden Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme (Tabelle 1). Es ist daher davon auszugehen, dass die Futteraufnahme für die angegebenen Bereiche der Parameter auch verlässlich vorausgesagt werden kann.

Die Formel besagt, dass die Futteraufnahme von der Rasse, der Laktationszahl und dem Laktationstag abhängt sowie von der Lebendmasse und Milchleistung und auch von der Kraftfuttermenge und dem NEL-Gehalt des Grundfutters (s. Kasten li. oben). Die einzelnen Faktoren sind in Tabelle 2 angeführt bzw. in Abbildung 2 graphisch dargestellt. Es zeigt sich, dass milchbetonte

Tab. 2: Fixe Effekte von Rasse und Laktationszahl auf die Futteraufnahme (kg TM) (Gruber und Ma. 2004)

RASSE:	Fleckvieh	Brown Swiss	Holstein
	-2,631	-1,826	-1,667
LAKTATIONSZAHL:	1	2 - 3	≥ 4
	-0,728	0,128	0,000

Kühe (BS, HF) unter sonst gleichen Bedingungen (z.B. Milchleistung, Kraftfutter, Laktationsstadium usw.) etwas mehr fressen als kombinierte Kühe der Rasse FV (aufgrund eines etwas höheren Erhaltungsbedarfes) sowie auch ältere Kühe gegenüber Erstlingskühen. Die Formel hat einen Schätzfehler von 1,3 kg TM bzw. 7,1 %. Mit den in der Formel enthaltenen Parametern können 86,7 Prozent der Streuung (R²) der Futteraufnahme erklärt werden.

Die Abbildung 2 macht deutlich, dass das Laktationsstadium einerseits die absolute Höhe der Futteraufnahme stark beeinflusst und andererseits auch große Bedeutung für das Ausmaß der weiteren Einflussfaktoren wie Lebendmasse, Milchleistung und Kraftfuttermenge auf die Futteraufnahme hat. Dies kann mit den in der Einleitung diskutierten Regulationsmechanismen der Futteraufnahme erklärt werden, ganz besonders mit dem obersten Prinzip des Organismus einer Kuh, in langfristiger Sicht eine ausgeglichene Energiebilanz zu erreichen. Dies zeigt sich deutlich im Verlauf der sog. Regressionskoeffizienten für Kraftfutter und Milch. Zu Beginn der Laktation hat die Kuh einen hohen Energiebedarf, das Kraftfutter führt in dieser Situation zu einer deutlichen Steigerung der Futteraufnahme (0,6–0,7 kg TM pro kg Kraftfutter, d.h. eine Verdrängung des Grundfutters in einem Ausmaß von nur 0,3–0,4 kg TM). Zu Laktationsende werden 0,6–0,7 kg TM pro kg Kraftfutter verdrängt und nur 0,3–0,4 kg TM zusätzlich gefressen, weil die Kuh bereits in positiver Energiebilanz ist und eine weitere Energieaufnahme über Kraftfutter nur durch eine verstärkte Grundfuttermehrung ausgleichen kann. Der Verlauf des Regressionskoeffizienten für Milch hat ebenso physiologische Gründe. Zu Laktationsbeginn müssen Kühe einen Teil ihres Energiebedarfes über Mobilisation decken, dies führt zu einem niedrigen Regressionskoeffizienten für Milch von nur 0,10 kg TM pro kg Milch. Mit fortschreitender Laktation wird der Zusammenhang zwischen

Tab. 1: Tier- und futterbedingte Kriterien der Milchkühe zur Schätzung der Futteraufnahme (Gruber und Ma. 2004)

Parameter	Einheit	Mittelwert	Streuung ¹⁾	Minimum	Maximum
Tierfaktoren					
Laktationszahl	Anzahl	2,67	1,67	1	12
Laktationsstadium	Tag	138	78	2	459
Lebendmasse	kg	634	75	398	999
Milchleistung	kg ECM	24,3	8,1	2,2	60,6
Energiebilanz	MJ NEL/Tag	0,5	17,4	-114	96
Futterfaktoren					
Kraftfutteranteil	% der TM	28,1	17,2	0,0	80,3
Grundfutterqualität	MJ NEL/kg TM	5,91	0,50	4,07	7,35
Futteraufnahme					
Grundfutter	kg TM	13,0	3,1	3,6	31,3
Kraftfutter	kg TM	5,5	3,7	0,0	16,4
Gesamtfutter	kg TM	18,5	3,5	5,4	31,6

¹⁾ Innerhalb des Streuungsbereiches befinden sich 2/3 des Datenmaterials (z.B. Lebendmasse 634 ± 75 = 559 - 709)

Milchleistung und Futterraufnahme enger und der Regressionskoeffizient für Milch steigt auf 0,20–0,25 kg TM (d.h. 1 kg Milch führt zu einer Mehraufnahme an Futter von 0,25 kg TM).

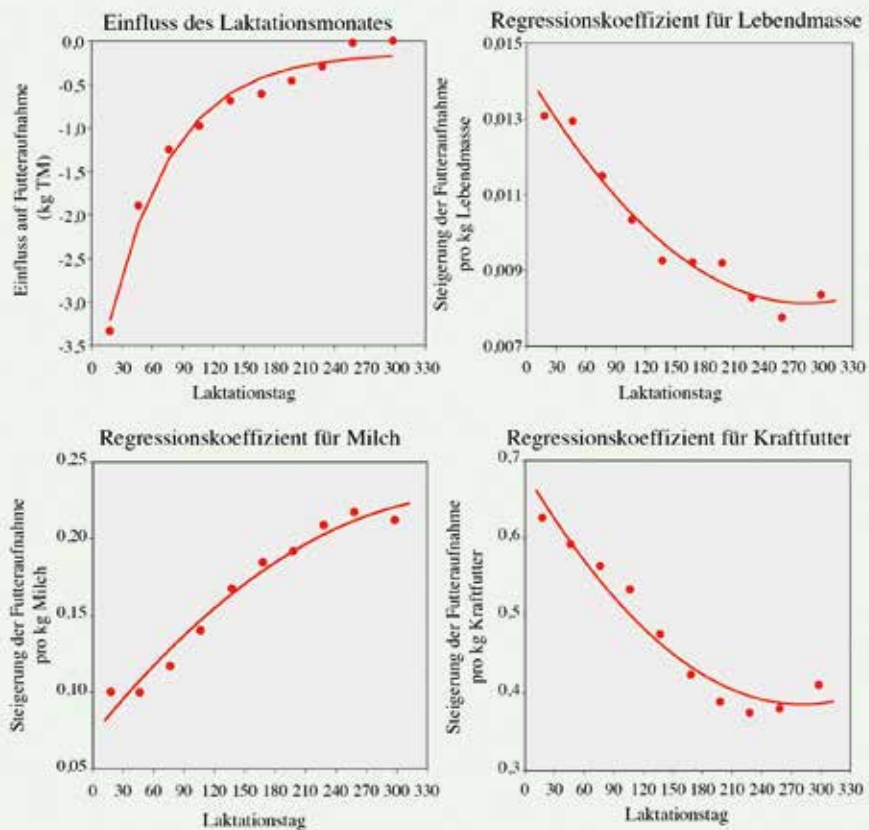
Anwendung der Gumpensteiner Futterraufnahme-Schätzformel

Die Anwendung der Futterraufnahme-Schätzformel hinsichtlich zu erwartender Futterraufnahme und Energiebilanz sowie erforderlichem Kraftfutteranteil ist in Abbildung 3 dargestellt. Als Beispiel wurden Fleckvieh-Kühe der 1. und 3. Laktation herangezogen, Stalldurchschnitt 8.000 kg Milch und Energiekonzentration des Grundfutters 6,1 MJ NEL/kg TM. Entsprechend dem Laktationsverlauf der Milchleistung und den im vorigen Abschnitt diskutierten Einflussfaktoren auf die Höhe der Futterraufnahme ergibt sich der Verlauf der Futterraufnahme während der Laktation, mit einem starken Anstieg zu Beginn und einem kontinuierlichen Rückgang in den weiteren Abschnitten der Laktation. Erstlingskühe geben nicht nur weniger Milch, sie weisen auch eine geringere Futterraufnahme auf. Der Kraftfutteranteil steigt auf etwa 40 Prozent bis zur Laktationsspitze an und fällt gegen Laktationsende auf Null. Ein gewisses Energiedefizit wurde in Kauf genommen. So wurde einerseits „pensenschonend“ gefüttert (d.h. Pensensäuerung vermieden) und Kosten gespart sowie auch die Fähigkeit der Kühe zur Nährstoffmobilisation genutzt, natürlich nur innerhalb eines physiologischen Rahmens (d.h. ohne eine Ketose zu „provizieren“).

2004 entwickelt

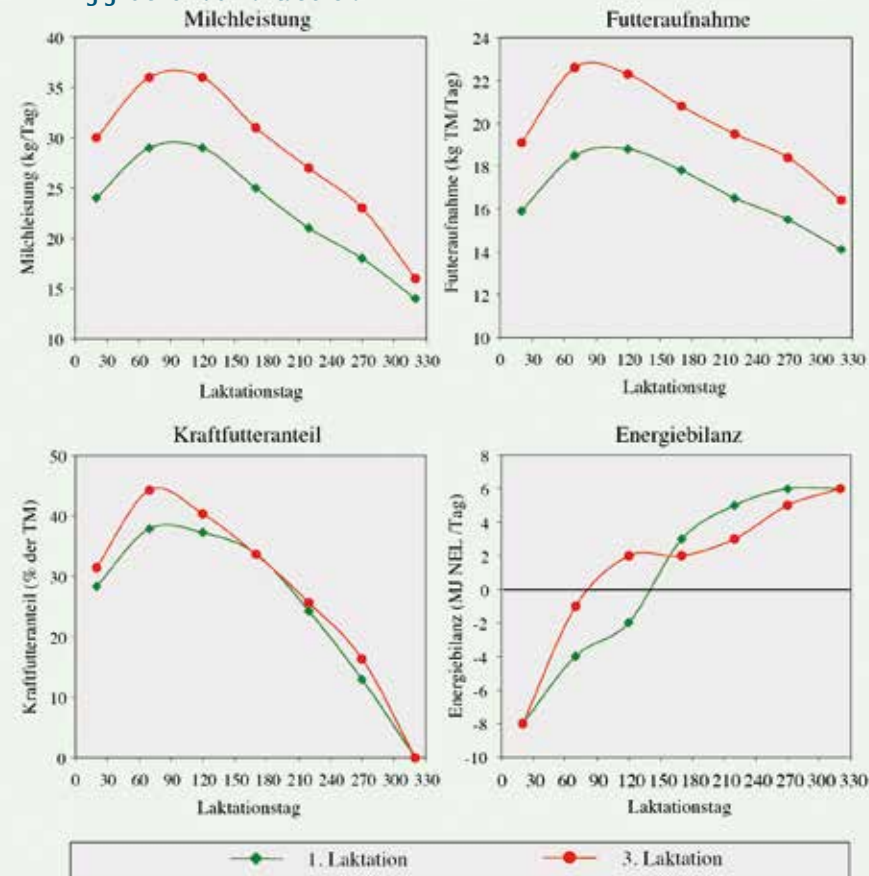
Die Futterraufnahme-Schätzformel wurde im Jahre 2004 von Gruber und Ma. in Gumpenstein entwickelt und wird in Österreich in mehreren Futterrationsprogrammen verwendet (z.B. Superration, LKV Online). Auch in Deutschland wird sie in hohem Maße angewendet und von der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft empfohlen (DLG 2006). Ein weiteres Anwendungsgebiet sind sog. Modellrechnungen zur Abschätzung vor allem der Wirtschaftlichkeit und Umweltwirkung der Rinderhaltung (z.B. Zehetmeier et al. 2012). Nachdem die Futterkosten einen hohen Anteil der Gesamtkosten ausmachen, ist deren genaue Abschätzung eine wichtige Voraussetzung für zutreffende Aussagen.

Abb. 2: Einfluss des Laktationsstadiums auf die Futterraufnahme sowie auf die Regressionskoeffizienten für Lebendmasse, Milchleistung und Kraftfuttermenge



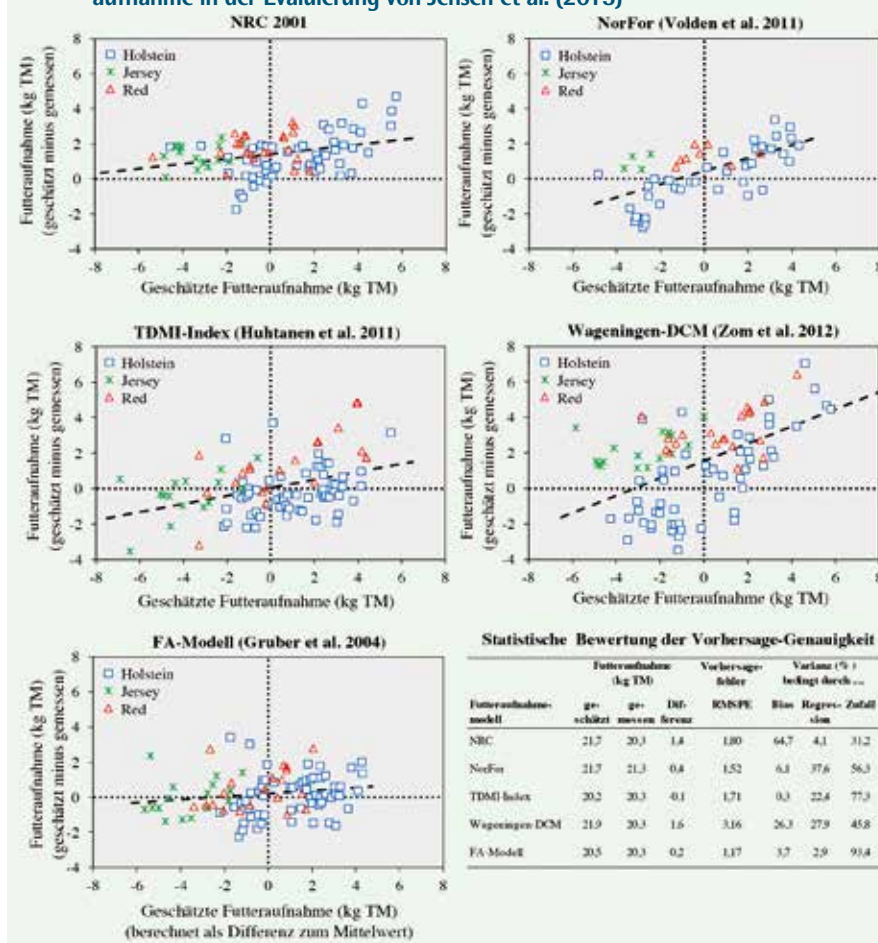
(Gruber und Ma. 2004)

Abb. 3: Anwendung der Futterraufnahme-Schätzformel hinsichtlich zu erwartender Futterraufnahme und Energiebilanz sowie erforderlichem Kraftfutteranteil in Abhängigkeit von der Laktationszahl



(Gruber und Ma. 2004)

Abb. 4: Beziehungen zwischen tatsächlicher Futteraufnahme (geschätzt minus gemessen) und der durch verschiedene Futteraufnahme-Modelle geschätzten Futteraufnahme in der Evaluierung von Jensen et al. (2015)



Schätzformel international bewertet

Im Jahr 2015 erschien eine wissenschaftliche Publikation aus Dänemark, in der fünf internationale Modelle zur Vorhersage der Futteraufnahme bewertet wurden (Jensen et al. 2015). Eine solche Bewertung beruht auf der Gegenüberstellung von tatsächlicher (d.h. gemessener) Futteraufnahme und der mit dem Modell vorausgesagten Futteraufnahme. Die Daten stammen aus 12 Fütterungsversuchen in Skandinavien (v.a. Dänemark), durchgeführt an den Rassen Holstein, Jersey und Danish/Swedish Red mit TMR-Fütterung. In den Versuchen wurden insgesamt 917 Kühe verwendet (unterschiedliche Laktationszahlen und Laktationsstadien sowie Rassen). Als Grundfutter wurden Silagen aus Gras, Klee gras, Luzerne, Getreide-Ganzpflanzen sowie Heu herangezogen. Die durchschnittliche Futteraufnahme betrug $20,3 \pm 2,5$ kg TM und die Milchleistung $31,1 \pm 5,8$ kg ECM, also höher als im Datenmaterial der Gumpensteiner Schätzformel. Auch die Qualität des Grund-

futters (74 % Verdaulichkeit der OM) und der Kraftfutteranteil der Ration (42 % der TM) waren höher als in den eigenen Versuchen. Aus den 12 Experimenten ergaben sich in Summe 94 Mittelwerte unterschiedlicher Versuchsgruppen, also durchschnittlich 7,8 Gruppen pro Versuch (häufig durch Kombination von Grundfutter x Kraftfutter). Es soll betont werden, dass sich diese Versuchsbedingungen deutlich von der Situation der Daten der Gumpensteiner Futteraufnahme-Schätzformel unterscheiden.

Die verschiedenen Modelle

Die fünf untersuchten Futteraufnahme-Modelle stammen aus den USA (NRC 2001), Skandinavien (NorFor, Volden und Ma. 2011), Finnland (TDMI-Index, Huhtanen und Ma. 2011), Holland (Wageningen-DCM, Zom und Ma. 2012) und aus Österreich (FA-Modell, Gruber und Ma. 2004). Während das Modell aus den USA (NRC 2001) sehr einfach ist und nur Milchleistung, Lebendmasse und Laktationsstadium (und nicht den Futterwert des Grundfutters bzw. der

Ration) berücksichtigt, sind die nordischen Futteraufnahme-Modelle (NorFor 2011, TDMI-Index 2011, DCM 2012) sehr aufwändig, was die Berücksichtigung des Futterwertes des Grundfutters (z.B. Gerüstsubstanzen, Silagequalität, Proteinabbaubarkeit) und auch des Kraftfutters (Pansenabbaubarkeit) betrifft. Diesbezüglich ist auch das FA-Modell von Gruber und Ma. (2004) einfacher (weil entsprechende Daten nicht vorlagen), aber aufwändiger in der Berechnung des Einflusses der tierspezifischen Faktoren (Rasse, Laktationszahl, Laktationsstadium) und der Regressionskoeffizienten für Lebendmasse, Milchleistung und Kraftfutter, die – wie in Abbildung 2 angeführt – vom Laktationsstadium abhängig sind.

Die Ergebnisse des internationalen Vergleichs

Die Zusammenhänge zwischen tatsächlicher und geschätzter Futteraufnahme sind für die fünf Modelle in Abbildung 4 in einzelnen Grafiken ersichtlich und in der Tabelle zusammengefasst. Die wichtigste Kennzahl der Bewertung ist der sog. Vorhersagefehler und dieser ist als die durchschnittliche Differenz zwischen tatsächlicher und geschätzter Futteraufnahme zu verstehen. In dieser Hinsicht weist die österreichische Futteraufnahme-Schätzformel den geringsten Vorhersagefehler von 1,17 kg TM auf und das Modell aus Holland den höchsten (3,16 kg TM). Dieses Bild ist auch an der „Streuungswolke“ der Abbildungen zu erkennen.

Systematische Abweichung

Interessant ist nun, aus welchen Komponenten sich die Abweichungen zwischen tatsächlicher und geschätzter Futteraufnahme zusammensetzen. Hier ist als erstes die sog. systematische Abweichung (Bias) zu nennen, die zeigt, ob eine prinzipielle Differenz zwischen tatsächlicher und geschätzter Futteraufnahme besteht, berechnet ganz einfach aus der Differenz beider Mittelwerte (siehe in der Tabelle „geschätzt“ und „berechnet“). In dieser Hinsicht haben das Modell aus Finnland (-0,1 kg TM) und Österreich (+0,2 kg TM) am besten abgeschnitten. Die Werte besagen, dass im Durchschnitt tatsächliche und geschätzte Futteraufnahme gleich hoch sind. In einem solchen Fall geht die sog. Regressionsgerade (nahezu) durch den „Ursprung“, d.h. durch die Kreuzung zwischen x-Achse und y-Achse. Davon ist das Modell von Holland (1,6 kg TM) und auch USA (1,4 kg TM) deutlich entfernt, es muss also mit einer systematischen

Fehleinschätzung in dieser Größenordnung gerechnet werden (in unserem Fall mit einer Überschätzung der Futteraufnahme).

Regressionsbedingte Abweichung

Als zweite Fehlerkomponente ist die sog. regressionsbedingte Abweichung anzuführen, die angibt, wie sich die Abweichungen über den gesamten Bereich der Futteraufnahme darstellen. Das diesbezügliche Verhalten der Futteraufnahme-Modelle zeigt der Verlauf der Regressionsgerade. Ergibt sich kein Anstieg dieser Gerade, bedeutet dies, dass die Differenz zwischen tatsächlicher und geschätzter Futteraufnahme über den gesamten Bereich der Futteraufnahme gleich bleibt, also keine Über- oder Unterschätzung in Abhängigkeit von der Höhe der Futteraufnahme auftritt. Alle nordischen Modelle (NorFor 2011, TDMI-Index 2011, DCM 2012) unterschätzen die Futteraufnahme im niedrigen Bereich und überschätzen sie im hohen Bereich der Futteraufnahme. Das USA-Modell ist im unteren Bereich der Futteraufnahme zutreffend und überschätzt im hohen Bereich. Dagegen ist das österreichische Modell nahezu frei von systematischen Über- oder Unterschätzungen in Abhängigkeit von der Höhe der Futteraufnahme.

Zufallsbedingte Abweichung

Bleibt als dritte und letzte Fehler-Komponente die durch Zufall bedingte Abweichung zwischen tatsächlicher und geschätzter Futteraufnahme. Auch hier schneidet das holländische Modell am ungünstigsten ab (2,1 kg TM), während das USA-Modell den geringsten zufallsbedingten Fehler (1,0 kg TM) aufweist, wie am Bild der Streuungswolke zu erkennen ist. Eine von Zufallsfehlern freie Schätzung der Futteraufnahme ist allerdings nicht hilfreich, wenn sie – wie im Falle des USA-Modells – systematisch die Futteraufnahme überschätzt, und zwar umso mehr, je höher die Futteraufnahme ist.

Fazit

Die österreichische Futteraufnahme-Schätzformel hat sich in einer internationalen Bewertung als die genaueste und robusteste Methode zur Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen erwiesen. Sie ist praktisch frei von systematischen Abweichungen über den gesamten Bereich der Futteraufnahme und die Schätzfehler sind fast ausschließlich durch Zufall bedingt. Es ist außerdem hervorzuheben, dass diese Bewertung an einem Datenmaterial aus Fütterungsversuchen in Skandinavien durchgeführt wurde, also unter Produktionsbedingungen, die den österreichischen Verhältnissen hinsichtlich Rasse und Milchleistungsniveau sowie Qualität und Art des Grundfutters und auch Kraftfutterniveau nicht unbedingt entsprechen. Somit ist diese Bewertung als unabhängig zu verstehen. Die Publikation von Jensen et al. (2015) schließt mit dem Satz: „Das Modell von Gruber et al. (2004) sagt die Futteraufnahme von Milchkühen am genauesten mit dem geringsten Fehler voraus. Dieser Schätzfehler beträgt durchschnittlich 1,17 kg Trockenmasse pro Tag (5,8 Prozent), ist nahezu ausschließlich zufallsbedingt und weist keine systematische Abweichung auf.“ Die Begründung für das vorliegende Ergebnis liegt einerseits im sehr umfangreichen Datenmaterial von hoher Qualität mit entsprechender Streuung der wesentlichen tier- und futterspezifischen Parameter und andererseits in der Wahl eines geeigneten statistischen Modells zur Erarbeitung des Futteraufnahme-Systems. Bei Anwendung dieser Futteraufnahme-Schätzformel kann man also von verlässlichen Ergebnissen ausgehen. ■



EIWEISS- FUTTERMITTEL „MADE IN AUSTRIA“

- Bestgeprüftes Eiweißfuttermittel
- Top Preis-Leistungsverhältnis
- Hohe Futtermittelnutzung
- Sofort verfügbar
- GVO-frei
- Bester Geschmack und ideale Verträglichkeit
- Stabile Inhaltsstoffe von höchster Qualität
- Einfache Handhabung



ActiProt®

EIWEISSFUTTER !

AGRANA.COM
 DER NATÜRLICHE MEHRWERT