

Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen auf Basis der Fütterungsversuche der BAL Gumpenstein

L. GRUBER, T. GUGGENBERGER, A. STEINWIDDER, J. HÄUSLER, A. SCHAUER, R. STEINWENDER, W. WENZL und B. STEINER

1. Einleitung

Eine möglichst genaue Abschätzung der Futteraufnahme ist Voraussetzung für bedarfsgerechte Rationsberechnungen. Die Futteraufnahme hängt von tier- und von futterbedingten Faktoren ab, zusätzlich spielt die Fütterungstechnik eine wesentliche Rolle (PIATKOWSKI et al. 1990). Nach heutigem Kenntnisstand wird die Futteraufnahme über viele, sehr komplizierte und komplexe Vorgänge gesteuert (Abbildung 1).

Grundsätzlich wird die Futteraufnahme der Tiere durch sogenannte physiologische und physikalische Faktoren regu-

liert. 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

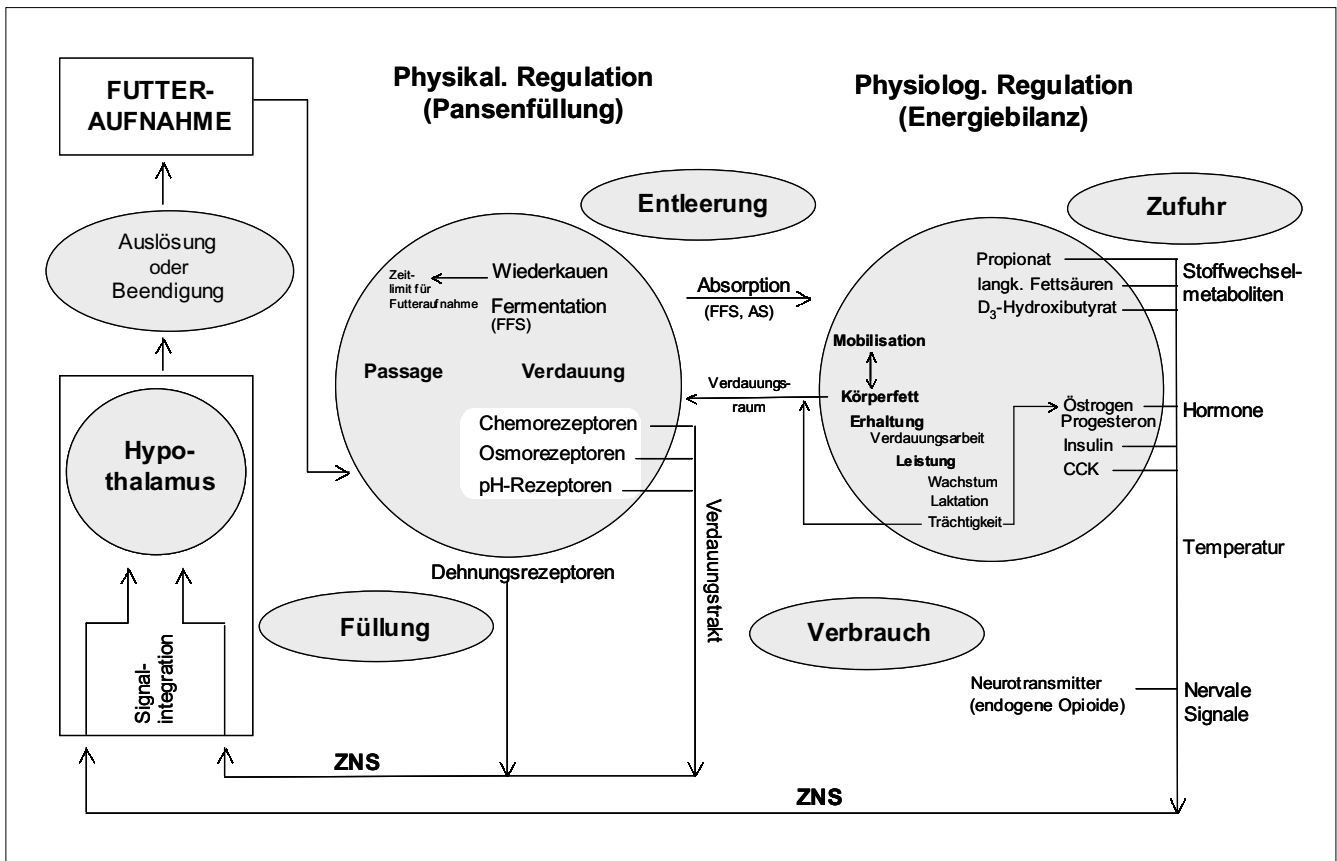


Abbildung 1: Steuerung der Futteraufnahme durch physiologische und physikalische Faktoren (nach LANGHANS 1989, VAN SOEST 1994, FORBES 1995, FORBES 1996, SCHWARZ 1997)

Autoren: Univ.-Doz. Dr. Leonhard GRUBER, Ing. Thomas GUGGENBERGER, Dr. Andreas STEINWIDDER, Johann HÄUSLER, Ing. Anton SCHAUER, Dr. Rudolf STEINWENDER, Dr. Wilfried WENZL und Barbara STEINER, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 IRDNING, email: leonhard.gruber@bal.bmlf.gv.at

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

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

☞ die Regressionsanalyse

- die 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 wahr-

scheinlich 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).

Im folgenden Beitrag werden Futteraufnahme-Schätzformeln für laktierende Kühe dargestellt, die aus einer zusammenfassenden Auswertung der Fütterungsversuche an der BAL Gumpenstein abgeleitet wurden. Das Datenmaterial ist durch eine große Streubreite in den tier- und futterbedingten Einflussfaktoren der Futteraufnahme gekennzeichnet, die eine robuste Vorhersage der Futteraufnahme mit Hilfe der Regressionsmethode erwarten lassen. Da heutzutage die Rationsberechnungen üblicher Weise mit PC-Programmen (Super-Ration, DIE Ration, LBG Milchration, Pro-feed etc.) erstellt werden, muss eine Futteraufnahme-Schätzformel nicht unbedingt „einfach“ sein, d.h. nur wenige Einflussfaktoren enthalten bzw. rechnerisch „mit der Hand“ leicht nachvollziehbar sein. Das Ziel ist vielmehr eine möglichst genaue Abschätzung der tatsächlichen Futteraufnahme, die von vielen Faktoren beeinflusst wird, wie der einleitende Abschnitt gezeigt hat. Auf einer solchen Grundlage können Kühe auch unter Praxisverhältnissen bedarfsgerecht gefüttert werden. Dies hat große Bedeutung in wirtschaftlicher (höchste Nährstoffeffizienz) und auch ökologischer Hinsicht (überschüssige Nährstoffe wie z.B. Eiweiß und Phosphor belasten die Umwelt) und ist auch Voraussetzung für gesunde Kühe.

2. Material und Methoden

2.1 Beschreibung der Datenbasis

Für die Auswertung wurden die Daten aller 23 Fütterungsversuche an der BAL Gumpenstein von 1983 bis 2000 herangezogen (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 bei den Versuchen und durch stark unterschiedliche Fütterung zwischen den

Gruppen innerhalb eines Versuches – durch eine sehr große Streubreite charakterisiert. Wesentliche Kennzahlen und Ergebnisse der einzelnen Versuche sind im Tabellenanhang (*Tabelle 1A*) angeführt. Eine Kurzbeschreibung der Versuche findet sich in *Tabelle 1*.

Die Futteraufnahme wurde täglich individuell durch Ein- und Rückwaage der einzelnen Futtermittel festgestellt. Von den Grundfuttermitteln wurde der T-Gehalt ebenfalls täglich ermittelt (Ein- und Rückwaage), wobei von Silagen und Grünfuttermitteln eine Korrektur des T-Gehaltes nach WEISSBACH & KUH-LA (1995) durchgeführt wurde. Die Fütterungszeit betrug 8 Stunden pro Tag (4.30 - 8.30 und 15.00 - 19.00 Uhr). Ad libitum-Bedingungen wurden erreicht, indem 5 - 10 % Futterreste angestrebt wurden. Die Anpassung der Futtervorlage an die tatsächliche Aufnahme erfolgte mehrmals pro Woche durch versuchsspezifische Rationsprogramme (2 - 3 mal). Die Milchleistung wurde zu jeder Melkung (5.00 und 16.30 Uhr) mit dem Tru-Test von Westfalia erhoben. Dabei wurden jeweils auch Proben zur Analyse der Milchinhaltsstoffe entnommen (Milko-Scan, Fa. Foss Electric). Die Kühe wurden einmal pro Woche um die gleiche Tageszeit (14.00 Uhr) gewogen. Weitere Angaben zur Versuchsdurchführung sind den jeweiligen Publikationen zu entnehmen.

Ein wesentlicher Teil des Datenumfanges ($n = 3.127$) kommt aus Versuchen, die den Einfluss des Vegetationsstadiums von Wiesenfutter auf die Futteraufnahme und Milchleistung zur Fragestellung hatten (GRUBER et al. 1995, GRUBER et al. 2000, GRUBER et al. unveröff. Ergebnisse, *Tabelle 1*). Entsprechend groß sind auch die Unterschiede in der Grundfutteraufnahme zwischen den Gruppen mit unterschiedlicher Grundfutterqualität (12.2 - 14.4 kg T (Versuch 11), 11.6 - 14.3 - 16.8 kg T (Versuch 12) und 11.3 - 13.6 kg T (Versuch 23, siehe *Tabelle 1A*). Die Extremwerte der Grundfutteraufnahme (Minimum, Maximum) reichen in diesen Versuchen von 6.1 bis 22.2 kg T. Die Energiekonzentration betrug in den entsprechenden Versuchen 5.0 - 5.7 MJ NEL, 4.6 - 5.3 - 5.9 MJ NEL und 5.1 - 6.3 MJ NEL, mit Extremwerten von 4.1 bis 6.6 MJ NEL/kg T. Von dieser Gruppe von Versuchen

Tabelle 1: Übersicht über die für die Futteraufnahme-Schätzformel herangezogenen Versuche
(23 Versuche, 1983 – 2000, n = 4.555, 421 verschiedene Kühe)

| Vers. Nr. | Fragestellung und Kurzbeschreibung des Versuches | Datensätze | Quelle |
|---|---|------------|--|
| Grundfutterqualität: 3 Versuche, n = 3.127 | | | |
| 11 | 5,0 – 5,7 MJ NEL, 3 KF-Niveaus, Heu/GS/MS, ganze Laktation, FV/HF | 2.158 | Gruber et al. 1995 |
| 12 | 4,5 – 5,3 – 5,9 MJ NEL, 3 KF-Niveaus, Heu, FV/BS/HF, 100 Tage | 864 | Gruber et al. 2000 |
| 23 | gesamter Vegetationszyklus, 3 Aufwüchse, Grünfütter 5,1 – 6,3 MJ NEL, 3 KF-Niveaus und 2 KF-Typen, FV/BS/HF | 105 | Gruber et al. unveröff. Ergebnisse |
| Kraftfutterniveau: 3 (6) Versuche, n = 384 | | | |
| 6 | 0 – 25 – 50 % KF, Heu/GS/MS, FV/BS/HF, 3 Wochen | 162 | Gruber et al. 1991a |
| 4 | 0 – 2 – 4 – 6 kg T Rübe (plus 2 kg AKF), Heu/GS/MS, FV/BS/HF, 3 Wochen | 64 | Gruber et al. unveröff. E. |
| 13 | 100 – 125 % NEL-Versorgung, Laktationsbeginn, Heu/GS/MS, FV/BS/HF, 15 Wochen | 158 | Gruber et al. unveröff. E. |
| Grünfütter/Weide: 4 (7) Versuche, n = 291 | | | |
| 19 | GF-Ergänzung zu Grünfütter (Heu, MS), 2 KF-Niveaus, FV/BS/HF, 14 Tage | 128 | Steinwider et al. 1997 |
| 9 | biolog. - konvent. Grünlandbewirtschaftung, Sommer/Winter-Rationen Heu/GS bzw. Grünfütter, 0 % MS, KF nach Bedarf, BS/HF, 2 Wochen | 138 | Gruber et al. 2001 |
| 21 | Stallfütterung – Weide, Grünfütter/MS/Heu, FV/BS/HF, 3 Wochen | 16 | Steinwider et al. 2001 |
| 22 | Stallfütterung – Weide, Grünfütter/MS/Heu, FV/BS, 3 Wochen | 9 | Steinwider et al. 2001 |
| Proteinversorgung: 3 Versuche, n = 424 | | | |
| 10 | 3 Proteinniveaus (10,3 - 11,7 - 13,5 % XP), NEL nach Bedarf Heu/GS/MS, Getreide/Sojaextr.schrot, FV/BS/HF, 3 Monate | 324 | Gruber et al. 1991b |
| 8 | Biertreber – Protein-KF, Heu/Maissilage, NEL nach Bedarf, FV/BS/HF, 21 Tage | 36 | Gruber et al. 1997a |
| 20 | 2 Energie- und 2 Proteinniveaus – Milchharnstoff, RNB Grünfütter/MS/Heu, Energie-KF – Protein-KF, FV/BS, 21 Tage | 64 | Steinwider et al. 1998 |
| 100 % Grundfutter: 4 Versuche, n = 99 | | | |
| 14 | Sommer/Winter-Rationen, 0 % KF, 0 % MS, Pinzgauer x HF, 14 Tage, LFS Bruck/Glstr. | 60 | Gruber & Schwaiger 2000 |
| 15 | Belüftungsheu 1. Aufwuchs, 0 % KF, FV x HF, 2 Wochen LFS Grabnerhof | 11 | Gruber & Zettelbauer unveröff. Ergebnisse |
| 16 | Belüftungsheu, 3 Qualitäten, 0 % KF, FV/BS/HF, 11 Tage | 18 | Gruber et al. unveröff. E. |
| 17 | Belüftungsheu 1. Aufwuchs, 0 % KF, BS/HF, 2 Wochen, HBLA Raumberg | 10 | Gruber & Goll unveröff. E. |
| Futterrüben: 3 (4) Versuche, n = 85 | | | |
| 1 | 3 kg T Rübe, Vergleich zu MS, GS ad lib., KF nach Bedarf, HF/BS, 13 Wochen | 22 | Gruber et al. 1986 |
| 2 | 4 kg T Rübe, Vergleich zu MS, GS ad lib., KF nach Bedarf, HF/BS, 45 Tage | 24 | Gruber et al. 1986 |
| 3 | 25 % Rübe, Vergleich zu MS, KF nach Bedarf, FV/BS/HF, 21 Tage | 24 | Gruber et al. 1992 |
| 5 | Mischsilage (24 % Gras/76 % Silomais), 3 kg KF, FV x HF, 9 Tage | 15 | Gruber et al. 1992 |
| Silierung: 2 Versuche, n = 145 | | | |
| 7 | 3 Siliervverfahren x 2 Anwelkstufen, GS/MS, KF nach Bedarf, FV/BS/HF, 13 Tage | 71 | Steinwender et al. 1992 |
| 18 | 5 Siliermittel x 3 Anwelkstufen, 100 % GS, KF nach Bedarf, FV x HF, 3 Wochen | 74 | Gruber et al. 1997b |

kommen die entscheidenden Informationen zum Einfluss der Grundfutterqualität auf die Futteraufnahme. In diesen Versuchen wurde darüber hinaus die Wechselwirkung zwischen Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau untersucht.

Neben diesen hatten drei weitere Versuche den Einfluss des Kraftfutterniveaus auf Futteraufnahme und Milchleistung zur direkten Fragestellung (GRUBER et al. 1991a, GRUBER et al. unveröff. Er-

gebnisse, *Tabelle 1*, n = 384). Dabei wurde das Kraftfutter den Kühen unabhängig von der Milchleistung in einem festgelegten Anteil bzw. Menge vorgelegt. Milchleistung und Kraftfutter sind in diesem Fall also unabhängig voneinander verabreicht worden, was für die Regressionsanalyse von entscheidender Bedeutung ist (*Tabelle 6*). Im Falle einer ausschließlich bedarfsgerechten, d.h. von der Milchleistung abhängigen Kraftfutterzuteilung wären die Effekte von

Milchleistung und Kraftfuttermenge vermischt und nicht zu trennen, was in der Regressionsanalyse zu fraglichen Ergebnissen führt. In 57 % aller Datensätze wurde unabhängig vom Bedarf gefüttert. Weiters erfolgte die Kraftfutterzuteilung in dieser Kategorie auch unabhängig von der Grundfutterqualität, sodass Kraftfutter, Grundfutterqualität und Milchleistung - entscheidende Parameter zur Vorhersage der Futteraufnahme - im vorliegenden Zahlenmaterial nicht vermischt

sind (Tabelle 6). Die durchschnittlichen Kraftfutteranteile in den einzelnen Versuchsgruppen betragen 0 - 25 - 49 % (von 0 bis 53 %) in Versuch 6, 11 - 41 % (von 9 bis 53 %) in Versuch 4, 42 - 52 % (von 11 bis 67 %) in Versuch 13, 0 - 14 - 29 % (von 0 bis 53 %) in Versuch 11, 0 - 25 - 41 % (von 0 bis 50 %) in Versuch 12 sowie 0 - 26 - 48 % (von 0 bis 57 % der Gesamtfuttermittelaufnahme (IT) in Versuch 23 (Tabelle A1). Folglich stammt von dieser Versuchskategorie die entscheidende Information zum Einfluss des Kraftfutters auf die Futtermittelaufnahme, dies vor allem, als ein beträchtlicher Teil der Kühe (30 %) gänzlich ohne Kraftfutter gefüttert wurde und im anderen Extrem der Kraftfutteranteil mehr oder weniger an der Grenze der Wiederkäuergerechtigkeit lag (67 % der IT).

In 7 Versuchen (n = 403) wurde Grünfütter als wesentliche Grundfütterkomponente verwendet (STEINWIDDER et al. 1997, STEINWIDDER et al. 1998, GRUBER & SCHWAIGER 2000, GRUBER et al. 2001, STEINWIDDER et al. 2001, GRUBER et al. unveröff. Ergebnisse), während der überwiegende Teil des Datenmaterials aus Versuchen mit konserviertem Wiesenfütter stammt (Tabelle 1). Die Grünfütteranteile (% der Grundfütter-T) betragen durchschnittlich 97 % (86 - 100) in Versuch 9, 100 % in Versuch 14, 84 % (61 - 100) in Versuch 19, 84 % (80 - 91) in Versuch 20, 64 % (57 - 69) in Versuch 21, 50 % (47 - 53) in Versuch 22 sowie 77 % (70 - 89) in Versuch 23. Von diesen Versuchen wird die wesentliche Information zum Einfluss des Grünfutters auf die Futtermittelaufnahme im Vergleich zum konservierten Wiesenfütter abgeleitet.

In 3 Versuchen (n = 424) wurde der Einfluss unterschiedlicher Proteinversorgung untersucht (GRUBER et al. 1991b, GRUBER et al. 1997a, STEINWIDDER et al. 1998). In Versuch 10 betrug die Grundfütteraufnahme 9.8, 10.3 und 10.4 kg T bei einem Rohproteingehalt der Gesamtration von 10.7, 12.0 und 13.7 %. In Versuch 20 wurden bei Rohproteingehalten von 9.3 und 16.4 % eine Gesamtfütteraufnahme von 14.8 und 18.3 kg T ermittelt.

In 4 Versuchen (n = 149) wurden die Auswirkungen von Futtermülsen auf Futtermittelaufnahme und Milchleistung geprüft (GRUBER & STEINWENDER 1986,

GRUBER et al. 1992, GRUBER et al. unveröff. Ergebnisse). Da die Futtermülsen zum Teil im Austausch von Maisilage verabreicht wurden, ergaben sich relativ hohe Kraftfutteranteile (durchschnittlich 51 % in Versuch 1, 58 % in Versuch 2, 32 % in Versuch 3, 11 - 41 % in Versuch 4). Die Extremwerte reichten von 0 bis 67 % der IT (Tabelle 1 A). Daher leisten diese Versuche einen wesentlichen Beitrag, den Einfluss des Kraftfutters auf die Futtermittelaufnahme zu bewerten. Zwei Versuche (n = 145) befassten sich mit den Auswirkungen verschiedener Silierverfahren bzw. Silierzusätzen bei der Herstellung von Grassilage (STEINWENDER et al. 1992, GRUBER et al. 1997b). In beiden Versuchen wurde kein Heu eingesetzt, um den Einfluss des Anwelkgrades nicht zu überlagern, der als zweiter Versuchsfaktor in diesen Untersuchungen ebenfalls geprüft wurde. Der Trockenmasse-Gehalt der Grassilagen belief sich auf 40 und 62 % (Versuch 7) sowie 24, 27 und 33 % (Versuch 18). Sowohl durch den stark variierenden T-Gehalt der Grassilagen als auch durch die ausschließliche Verwendung von Silagen (ohne Heu) stellen diese Versuche eine wesentliche Erweiterung der Datenbasis und somit des Anwendungsbereiches der Schätzformel dar.

Außerdem wurden noch 4 Versuche (n = 99) durchgeführt, in denen ausschließlich Heu (ohne weitere Grundfütterkomponenten und ohne Kraftfutter) verabreicht wurde (GRUBER & SCHWAIGER 2000, GRUBER & ZETTELBAUER unveröff. Ergebnisse, GRUBER & GOLL unveröff. Ergebnisse, GRUBER et al. unveröff. Ergebnisse). Diese Ergebnisse stammen zum Teil von landwirtschaftlichen Fachschulen (LFS BRUCK an der Glocknerstraße, LFS Grabnerhof) und der HBLA Raumberg. Diese Daten sind einerseits durch die ausschließliche Verwendung von Heu als Grundfütter interessant und auch durch den Verzicht auf jeglichen Kraftfüttereinsatz. Sie erweitern dadurch ebenfalls die Datenbasis und somit den Anwendungsbereich der Schätzformel.

2.2 Beschreibung der Tier- und Rationsparameter

In Tabelle 2 sind die tier- und fütterbedingten Parameter angeführt, die sich aus der Zusammenführung der Werte aus den

einzelnen Versuchen in die Gesamtdatei ergeben. Die Häufigkeitsverteilung für die Parameter ist in Abbildung 2 und 3 dargestellt.

Die durchschnittliche Laktationszahl betrug 3.3 ± 1.9 mit einem Bereich von 1 bis 12. Auch das Laktationsstadium ist über den ganzen Bereich abgedeckt (118 ± 77 , 1 - 532 Laktationstage). Lebendmasse, Lebendmasse-Veränderung und Milchleistung folgen einer Normalverteilung. Die Lebendmasse betrug im Durchschnitt 613 ± 71 kg, mit einem Bereich von 396 bis 871 kg. Die durchschnittliche Milchleistung machte 19.4 ± 6.5 , Bereich 2 - 41 kg, aus. Bei der Beurteilung dieses nur mittelmäßigen Wertes sollte die extreme Fütterung (30 % ohne Kraftfutter, absichtlich z. T. niedrige Grundfütterqualität) und das Rassenspektrum (41 % Fleckvieh, 18 % Brown Swiss, 41 % Holstein Friesian) bedacht werden.

Die fütter- bzw. rationsbedingten Faktoren decken einen weiten des in der landwirtschaftlichen Praxis vorzufindenden Bereichs ab und stellen eine besondere Stärke des vorliegenden Datenmaterials dar. So belief sich die Kraftfütteraufnahme von 0 bis 15 kg T und der – für die Beurteilung der Wiederkäuergerechtigkeit bedeutsame – Kraftfütteranteil betrug 18.5 ± 16.9 %, Bereich 0 - 67 %. Weiters soll auf den großen Streubereich der Grundfütterqualität hingewiesen werden (5.4 ± 0.5 MJ NEL, Bereich 4.1 - 6.8 MJ NEL/kg T). Damit ist die Energiekonzentration von nahezu Stroh bis energiereiche Maissilage mit hohem Kolbenanteil abgedeckt (DLG 1997). Sowohl der große Streubereich der Grundfütterqualität als auch des Kraftfütteranteils sind eine wesentliche Voraussetzung für eine robuste Schätzung der Futtermittelaufnahme mit Hilfe der multiplen Regression. Weiters ist das Datenmaterial auch durch einen weiten Bereich der ruminalen N-Bilanz gekennzeichnet (-8 bis 14 g/kg T), sodass ein möglicher Einfluss der N-Versorgung der Pansenmikroben auf Pansenfermentation und damit Futtermittelaufnahme abgeschätzt werden kann (RUSSEL et al. 1992, GfE 2001). Außerdem spielen auch der Anteil der Grassilage und deren T-Gehalt eine Rolle, da deren Einfluss auf die Futtermittelaufnahme seit langem bekannt ist (JARRIGE et al. 1974,

Tabelle 2: Beschreibung der Datengrundlage zur Ableitung der Futteraufnahme-Schätzformel

| Parameter | Abkürzung | Einheiten | \bar{x} | $\pm s$ | min | max |
|-----------------------------|------------------------|--------------------------------------|-----------|---------|--------|-------|
| Tierfaktoren | | | | | | |
| Laktationszahl | LAKZAHL | n | 3,3 | 1,9 | 1 | 12 |
| Laktationstage | LAKTAG | d | 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 |
| Milchleistung | ECM | kg ECM | 20,2 | 7,1 | 1,9 | 46,4 |
| Milchfettgehalt | FETT | % | 4,37 | 0,68 | 1,74 | 8,51 |
| Milchproteingehalt | EIW | % | 3,13 | 0,39 | 0,88 | 6,27 |
| Milchlaktosegehalt | LAKT | % | 4,81 | 0,22 | 2,88 | 6,63 |
| Trächtigkeitstage | TRÄCHT | d | 34 | 54 | 0 | 259 |
| Futterfaktoren | | | | | | |
| XP-Gehalt Grundfutter | XP _{GF} | g/kg T | 120 | 23 | 74 | 220 |
| XF-Gehalt Grundfutter | XF _{GF} | g/kg T | 281 | 29 | 184 | 383 |
| NDF-Gehalt Grundfutter | NDF _{GF} | g/kg T | 525 | 48 | 383 | 663 |
| ADF-Gehalt Grundfutter | ADF _{GF} | g/kg T | 318 | 31 | 212 | 410 |
| ADL-Gehalt Grundfutter | ADL _{GF} | g/kg T | 36 | 8 | 17 | 68 |
| Verdaulichkeit Grundfutter | dOM _{GF} | % | 66,6 | 4,6 | 53,1 | 78,8 |
| NEL-Gehalt Grundfutter | NEL _{GF} | MJ/kg T | 5,43 | 0,49 | 4,08 | 6,83 |
| XP-Gehalt Gesamtration | XP _{GES} | g/kg T | 128 | 20 | 75 | 220 |
| XF-Gehalt Gesamtration | XF _{GES} | g/kg T | 241 | 42 | 124 | 381 |
| NDF-Gehalt Gesamtration | NDF _{GES} | g/kg T | 467 | 65 | 276 | 646 |
| ADF-Gehalt Gesamtration | ADF _{GES} | g/kg T | 273 | 45 | 140 | 397 |
| ADL-Gehalt Gesamtration | ADL _{GES} | g/kg T | 33 | 8 | 17 | 66 |
| Verdaulichkeit Gesamtration | dOM _{GES} | % | 69,9 | 4,8 | 53,3 | 80,1 |
| NEL-Gehalt Gesamtration | NEL _{GES} | MJ/kg T | 5,86 | 0,56 | 4,10 | 7,42 |
| Kraftfutteraufnahme | KF | kg IT | 3,2 | 3,2 | 0,0 | 15,0 |
| Kraftfutteranteil | PRO _{KF} | % der IT | 18,5 | 16,9 | 0,0 | 67,0 |
| NEL-Gehalt Kraftfutter | NEL _{KF} | MJ/kg T | 7,77 | 0,29 | 5,83 | 8,62 |
| N-Bilanz im Pansen | RNB _{GES} | g/kg T | -0,5 | 2,4 | -7,6 | 14,3 |
| T-Gehalt Grassilage | T _{Grassil} | g/kg TM | 350 | 84 | 202 | 662 |
| Grassilageanteil (T) | PRO _{Grassil} | % des GF | 28,4 | 21,6 | 0,0 | 100,0 |
| Futteraufnahme | | | | | | |
| Grundfutteraufnahme | GF | kg IT | 12,4 | 2,5 | 4,9 | 22,2 |
| Gesamtfutteraufnahme | GES | kg IT | 15,6 | 3,0 | 7,0 | 28,2 |
| Grundfutteraufnahme | GF ^x | g IT/kg LM ^{0,75} | 101 | 20 | 42 | 173 |
| Gesamtfutteraufnahme | GES ^x | g IT/kg LM ^{0,75} | 127 | 22 | 50 | 217 |
| Grundfutteraufnahme | GF ^{LM} | g IT/kg LM | 20,4 | 4,2 | 8,0 | 35,1 |
| Gesamtfutteraufnahme | GES ^{LM} | g IT/kg LM | 25,6 | 4,5 | 9,5 | 42,9 |
| Futterniveau | APL | I _{NEL} /I _{NEL,m} | 2,55 | 0,62 | 0,96 | 4,80 |
| Energiebilanz (kalkuliert) | BILNEL | MJ NEL | -8,3 | 16,5 | -106,1 | 50,8 |

WILKINS & ZIMMER 1984, WRIGHT et al. 2000).

2.3 Beschreibung der Grund- und Kraftfutter

In den Tabellen 3 und 4 werden die in den Versuchen eingesetzten Grund- und Kraftfutter beschrieben. Die Häufigkeitsverteilung des NEL-Gehaltes in den Futtermitteln ist in Abbildung 4 dargestellt. Aus diesen Angaben wird die gesamte Streubreite des vorliegenden Datenmaterials deutlich. So betrug der Rohfasergehalt von Heu, Grassilage, Grünfütter und Maissilage durchschnittlich 299, 289, 259 und 227 g/kg T, die Extremwerte (Minimum - Maximum) für diese Futtermittel waren allerdings 160 - 412, 218 - 381, 184 - 353 und 154 - 358

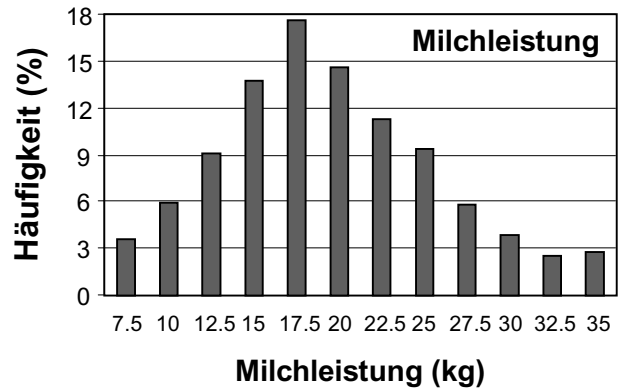
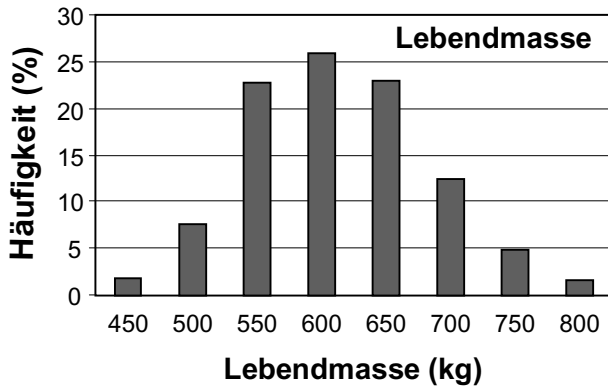
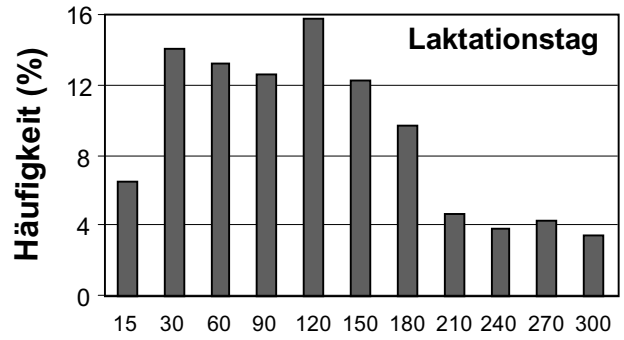
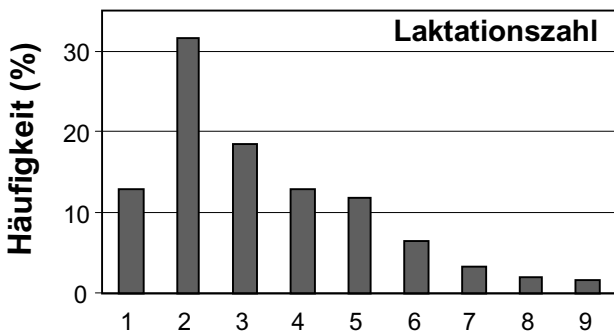
g/kg T. Damit ist der für die Fütterung relevante Bereich an Vegetationsstadien des Wiesenfutters und des Silomais mehr als abgedeckt. Dies geht auch aus dem Gehalt an Rohprotein und den Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) hervor. Die Extremwerte aller Wiesenfütter an NDF reichen von 341 bis 698 g/kg T.

Die Verdaulichkeit der OM, der Weender Rohnährstoffe und der Gerüstsubstanzen sowie die Energiekonzentration und die Proteinwerte (nXP, RNB) nach GfE (2001) sind in Tabelle 4 beschrieben.

Die Verdaulichkeit aller Futtermittel wurde mit jeweils 4 Hammeln vier Wochen hindurch (2 Wochen Vorperiode, 2 Wochen Sammelperiode) nach den Leit-

linien der GfE (1991) *in vivo* bestimmt. Die Verdauungsversuche mit den Kraftfuttermitteln wurden vorwiegend nach der Regressionsmethode (0, 25, 50, 75 % Kraftfutter) durchgeführt, in wenigen Fällen nach der Differenzmethode. Die chemischen Analysen erfolgten nach den Methoden der ALVA (1983). Die Weender Nährstoffe wurden mit Tecator®-Geräten analysiert. Für die Energiebewertung (GE, ME, NEL) aller Grund- und Kraftfutter wurden die Formeln der GfE (2001) herangezogen. Die chemischen Analysen wurden von 4-wöchigen (in einigen Versuchen von 1-wöchigen) Sammelproben durchgeführt, wobei die Proben dafür täglich entnommen wurden (auch für Verdauungsversuche).

Tierfaktoren



Futterfaktoren

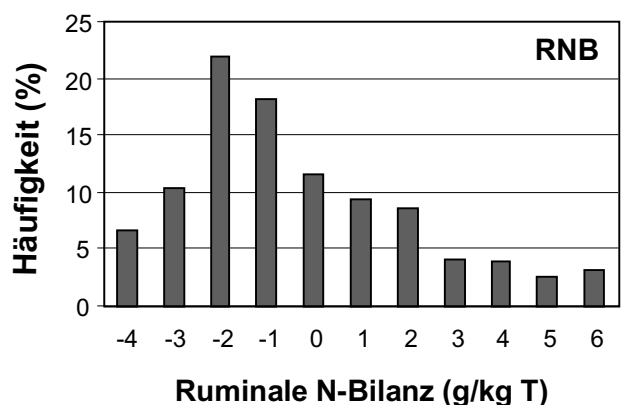
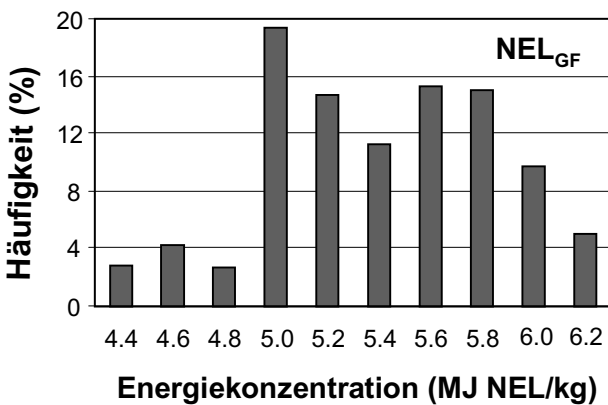
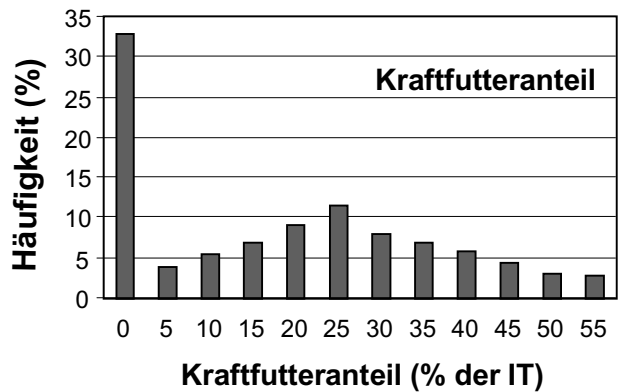
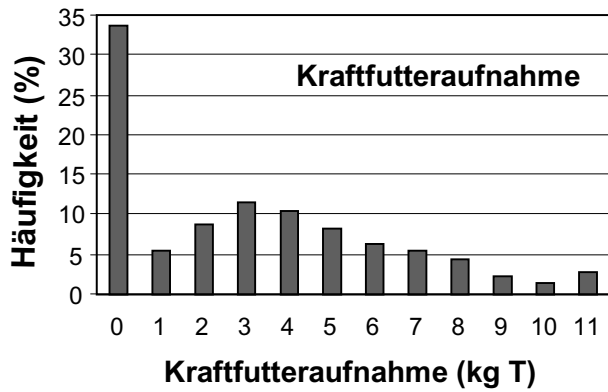


Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung der tier- und futterbedingten Parameter

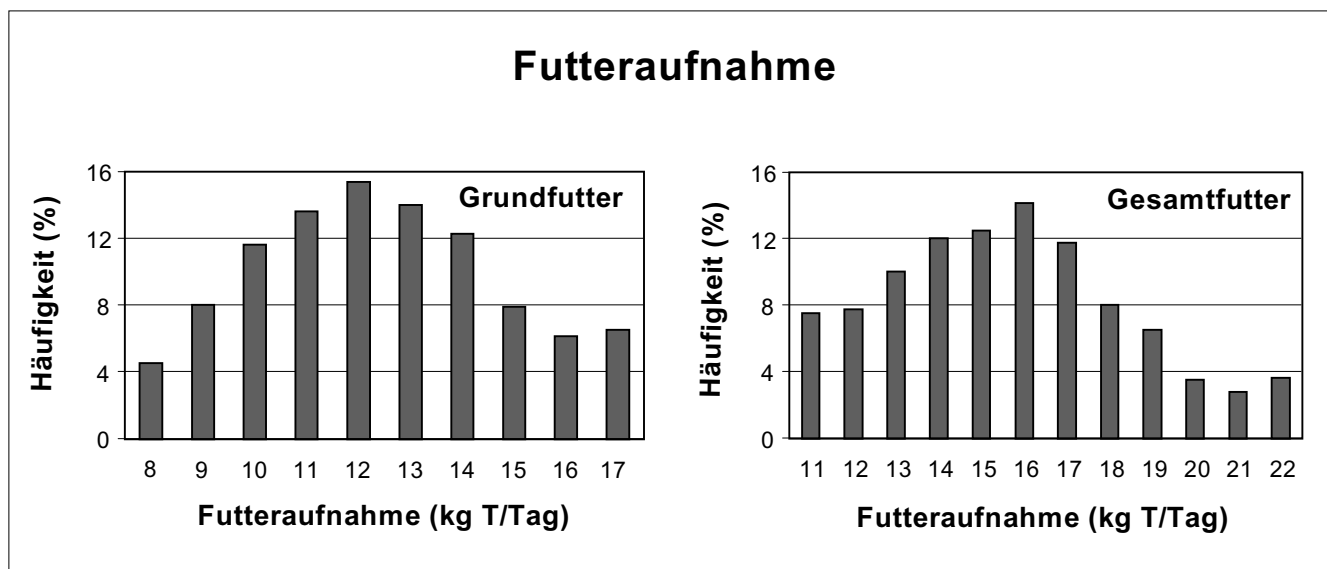


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der Grund- und Gesamtfutteraufnahme

Tabelle 3: Nährstoffgehalt der Grund- und Kraftfutter (in der T)

| | | Heu | Grassilage | Grünfutter | Maissilage | Energie-Kraftfutter | Leistungs-Kraftfutter | Protein-Kraftfutter |
|------------|----------------|---------|------------|------------|------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | n | 6215 | 3200 | 413 | 3258 | 1447 | 1779 | 477 |
| T | g/kg \bar{x} | 861 | 350 | 178 | 288 | 824 | 869 | 857 |
| | $\pm s$ | 21 | 84 | 25 | 39 | 173 | 4 | 102 |
| | min-max | 572-990 | 202-662 | 126-235 | 190-402 | 124-894 | 849-882 | 283-960 |
| XP | g/kg \bar{x} | 125 | 131 | 161 | 80 | 122 | 176 | 417 |
| | $\pm s$ | 29 | 19 | 30 | 9 | 17 | 8 | 62 |
| | min-max | 67-243 | 82-192 | 110-230 | 46-110 | 46-150 | 157-197 | 251-490 |
| XL | g/kg \bar{x} | 20 | 34 | 25 | 27 | 21 | 26 | 22 |
| | $\pm s$ | 4 | 4 | 4 | 5 | 7 | 2 | 19 |
| | min-max | 11-36 | 16-57 | 18-33 | 11-45 | 1-38 | 17-32 | 7-102 |
| XF | g/kg \bar{x} | 299 | 289 | 259 | 227 | 73 | 62 | 102 |
| | $\pm s$ | 42 | 31 | 45 | 35 | 25 | 8 | 41 |
| | min-max | 160-412 | 218-381 | 184-353 | 154-358 | 34-172 | 45-82 | 71-198 |
| XX | g/kg \bar{x} | 471 | 444 | 442 | 620 | 735 | 702 | 387 |
| | $\pm s$ | 29 | 30 | 33 | 45 | 30 | 11 | 64 |
| | min-max | 388-563 | 338-554 | 341-535 | 469-755 | 637-801 | 660-733 | 286-508 |
| XA | g/kg \bar{x} | 85 | 102 | 114 | 46 | 49 | 33 | 71 |
| | $\pm s$ | 18 | 23 | 30 | 8 | 16 | 8 | 13 |
| | min-max | 39-198 | 52-223 | 72-188 | 17-77 | 21-121 | 11-60 | 43-92 |
| NDF | g/kg \bar{x} | 557 | 509 | 497 | 469 | 235 | 203 | 214 |
| | $\pm s$ | 69 | 52 | 69 | 60 | 49 | 21 | 94 |
| | min-max | 341-698 | 357-649 | 366-622 | 289-635 | 126-333 | 162-270 | 140-607 |
| ADF | g/kg \bar{x} | 333 | 334 | 312 | 251 | 88 | 79 | 132 |
| | $\pm s$ | 46 | 35 | 44 | 42 | 29 | 9 | 45 |
| | min-max | 182-428 | 211-425 | 233-401 | 167-422 | 49-195 | 45-106 | 92-251 |
| ADL | g/kg \bar{x} | 38 | 40 | 42 | 24 | 14 | 17 | 31 |
| | $\pm s$ | 9 | 12 | 7 | 8 | 3 | 7 | 20 |
| | min-max | 17-69 | 15-97 | 29-56 | 14-58 | 4-24 | 8-47 | 12-77 |

2.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm LSMLMW PC-1 Version durchgeführt (HARVEY 1987). Es wurde „Model 7“ herangezogen, das neben dem zufälligen Effekt „Kuh“ auch die Wechselwirkung dieses zufälligen Ef-

fektes mit dem fixen Effekt „Laktationszahl“ berücksichtigt. Für deskriptive Statistik wurde Statgraphics® Plus (1996) verwendet.

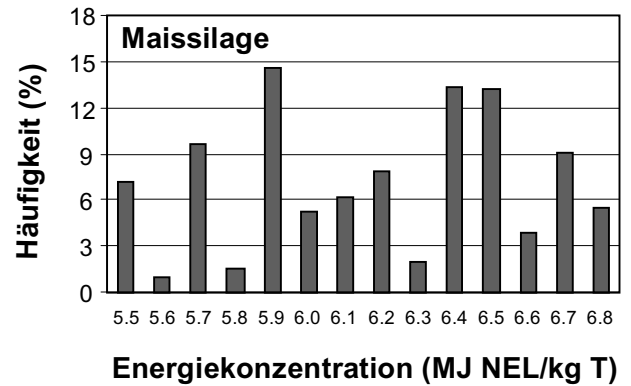
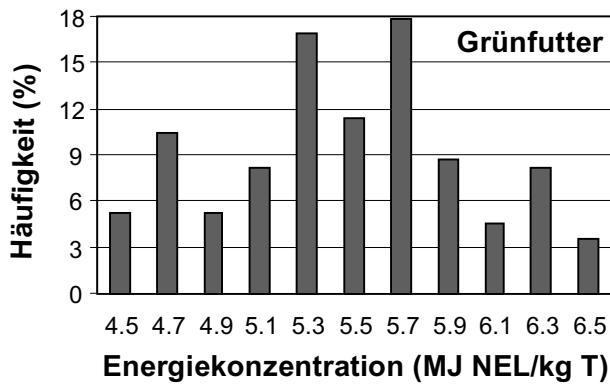
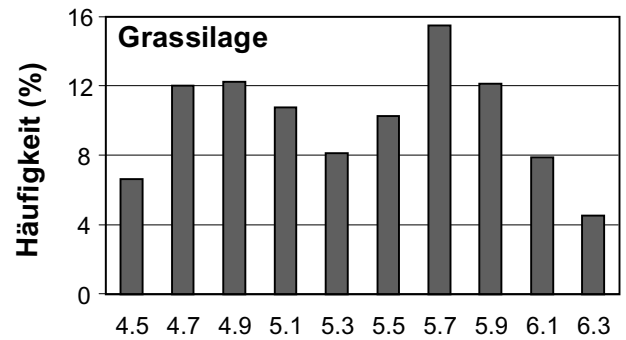
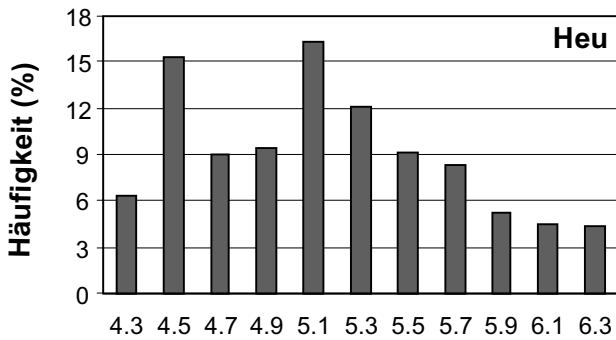
Die Grundfutter-Rationstypen mit ihrem Streubereich der Zusammensetzung und ihrem Nährstoffgehalt sind in *Tabel-*

le 5 näher beschrieben. Dadurch wird die Zuordnung der Rationstypen für den Anwender der Formeln erleichtert. Der Rationstyp HGM (Heu/Grassilage/Mais-silage) macht mit 67 % des vorliegenden Datenmaterials den überwiegenden Anteil aus und dürfte auch für den An-

Tabelle 4: Verdaulichkeit (%) sowie Energie- und Proteingehalt der Grund- und Kraftfutter (in der T)

| | | | Heu | Grassilage | Grünfutter | Maissilage | Energie-Kraftfutter | Leistungs-Kraftfutter | Protein-Kraftfutter |
|-------------|----|-----------|------------|------------|------------|------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | n | | 6215 | 3200 | 413 | 3258 | 1447 | 1779 | 477 |
| dOM | % | \bar{x} | 64,6 | 66,5 | 71,4 | 71,7 | 83,6 | 84,3 | 86,8 |
| | | $\pm s$ | 6,1 | 5,8 | 3,4 | 4,1 | 2,9 | 1,5 | 7,9 |
| | | min-max | 50,9-86,1 | 52,3-77,6 | 65,8-80,5 | 58,0-85,7 | 80,8-92,7 | 81,3-86,5 | 59,5-92,1 |
| dXP | % | \bar{x} | 60,5 | 61,6 | 69,5 | 52,2 | 69,2 | 77,0 | 81,5 |
| | | $\pm s$ | 6,7 | 6,0 | 4,2 | 6,4 | 5,0 | 5,8 | 11,7 |
| | | min-max | 38,6-77,2 | 50,5-75,1 | 62,7-79,3 | 39,9-68,0 | 44,8-86,3 | 69,4-86,3 | 66,5-91,8 |
| dXL | % | \bar{x} | 29,9 | 54,3 | 45,7 | 68,2 | 64,2 | 67,0 | 68,2 |
| | | $\pm s$ | 12,3 | 6,5 | 11,6 | 9,4 | 9,9 | 6,9 | 18,3 |
| | | min-max | -5,7-65,5 | 39,9-73,7 | 8,2-58,6 | 30,8-80,0 | 53,2-83,9 | 54,3-90,2 | 32,2-91,1 |
| dXF | % | \bar{x} | 63,4 | 67,8 | 73,3 | 62,7 | 51,2 | 51,7 | 68,3 |
| | | $\pm s$ | 7,0 | 6,9 | 3,6 | 5,3 | 13,2 | 10,9 | 18,5 |
| | | min-max | 48,8-83,8 | 54,1-79,8 | 63,2-81,1 | 54,3-73,6 | 27,2-83,0 | 28,1-86,6 | 15,0-87,6 |
| dXX | % | \bar{x} | 67,5 | 68,0 | 72,3 | 77,4 | 91,3 | 89,2 | 91,7 |
| | | $\pm s$ | 7,3 | 5,9 | 4,3 | 4,7 | 2,5 | 1,5 | 11,5 |
| | | min-max | 50,7-94,2 | 51,4-79,9 | 51,5-82,6 | 53,2-84,5 | 85,8-100,0 | 85,6-90,8 | 45,0-99,8 |
| dNDF | % | \bar{x} | 65,3 | 66,2 | 74,2 | 61,8 | 77,1 | 89,5 | 75,8 |
| | | $\pm s$ | 6,3 | 6,2 | 3,6 | 4,3 | 15,1 | 2,3 | 15,9 |
| | | min-max | 49,5-89,4 | 56,4-77,0 | 55,3-80,0 | 52,5-69,8 | 58,7-98,7 | 80,8-96,8 | 42,3-88,6 |
| dADF | % | \bar{x} | 60,6 | 65,6 | 69,8 | 58,9 | 54,3 | 50,7 | 60,8 |
| | | $\pm s$ | 6,4 | 5,4 | 5,3 | 5,2 | 6,3 | 4,8 | 13,8 |
| | | min-max | 43,6-78,4 | 57,9-74,9 | 41,5-78,3 | 51,0-69,1 | 39,8-72,5 | 38,7-57,7 | 31,8-72,6 |
| dADL | % | \bar{x} | -11,0 | -4,3 | 7,6 | 11,4 | 4,5 | -4,9 | 53,7 |
| | | $\pm s$ | 17,0 | 20,1 | 18,6 | 14,7 | 30,2 | 35,0 | 93,8 |
| | | min-max | -74-30 | -40-67 | -120-30 | -11-45 | -87-46 | -72-42 | -47-156 |
| ME | MJ | \bar{x} | 8,86 | 9,15 | 9,49 | 10,35 | 12,16 | 12,64 | 13,04 |
| | | $\pm s$ | 0,79 | 0,79 | 0,88 | 0,61 | 0,36 | 0,27 | 0,84 |
| | | min-max | 6,98-11,95 | 7,08-10,90 | 7,82-11,34 | 8,14-11,28 | 11,28-13,54 | 12,01-13,09 | 10,03-13,65 |
| NEL | MJ | \bar{x} | 5,18 | 5,36 | 5,62 | 6,19 | 7,61 | 7,89 | 8,12 |
| | | $\pm s$ | 0,58 | 0,55 | 0,61 | 0,44 | 0,29 | 0,20 | 0,67 |
| | | min-max | 3,88-7,45 | 3,96-6,57 | 4,47-6,90 | 4,64-6,84 | 7,01-8,63 | 7,44-8,24 | 5,83-8,60 |
| nXP | g | \bar{x} | 120 | 120 | 128 | 126 | 159 | 177 | 263 |
| | | $\pm s$ | 13 | 11 | 11 | 6 | 6 | 3 | 35 |
| | | min-max | 96-166 | 92-145 | 108-152 | 107-138 | 137-178 | 170-187 | 196-305 |
| RNB | g | \bar{x} | 0,7 | 1,8 | 5,2 | -7,4 | -5,8 | -0,2 | 24,7 |
| | | $\pm s$ | 2,9 | 2,0 | 4,2 | 1,7 | 2,0 | 1,0 | 4,7 |
| | | min-max | -5,0-12,3 | -3,9-9,0 | -2,0-14,4 | -12,7--2,0 | -14,6--2,4 | -2,6-2,4 | 8,9-29,9 |

Grundfutter



Krafftutter

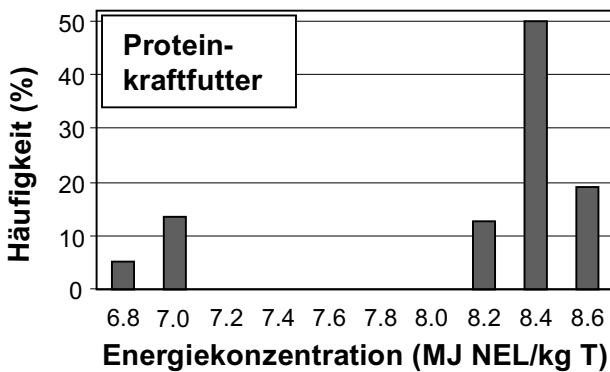
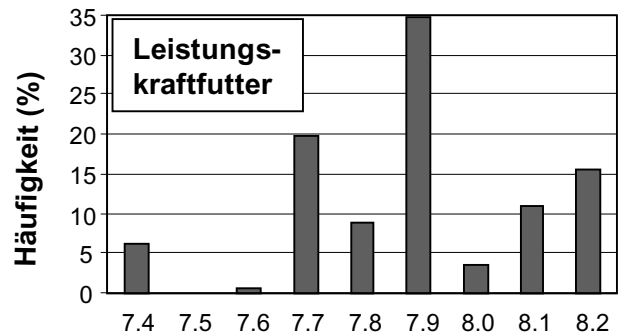
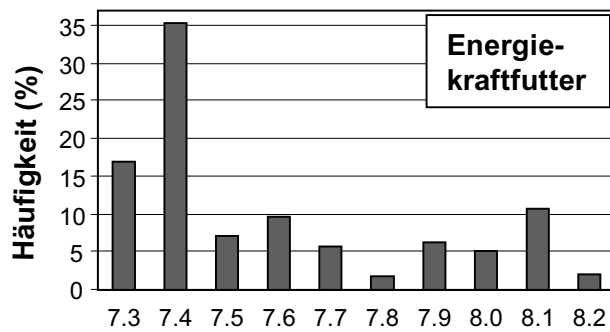


Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung der Energiekonzentration in den Grund- und Krafftuttermitteln

Statistisches Modell:

$$\begin{aligned}
 \text{GES}_{i-m} = & \mu + \text{RASSE}_i + \text{Kuh}_{ij} + \text{LAKZAHL}_k + (\text{RASSE} * \text{LAKZAHL})_{ik} + (\text{Kuh} * \text{LAKZAHL})_{ijk} + \text{LAKMONAT}_l + \text{GFTYP}_m \\
 & + b_1 (\text{LM}_{i-m} - \overline{\text{LM}}) + b_{1k} (\text{LM}_{i-m} - \overline{\text{LM}}) \\
 & + b_2 (\text{MILCH}_{i-m} - \overline{\text{MILCH}}) + b_{2l} (\text{MILCH}_{i-m} - \overline{\text{MILCH}}) \\
 & + b_3 (\text{TRÄCHT}_{i-m} - \overline{\text{TRÄCHT}}) \\
 & + b_4 (\text{NELgf}_{i-m} - \overline{\text{NELgf}}) + b_{4l} (\text{NELgf}_{i-m} - \overline{\text{NELgf}}) + b_{4m} (\text{NELgf}_{i-m} - \overline{\text{NELgf}}) \\
 & + b_5 (\text{KF}_{i-m} - \overline{\text{KF}}) + b_{5l} (\text{KF}_{i-m} - \overline{\text{KF}}) + b_{5m} (\text{KF}_{i-m} - \overline{\text{KF}}) \\
 & + \varepsilon_{i-m}
 \end{aligned}$$

GES_{i-m} = Gesamtfuttermenge (kg IT/Tag)

μ = gemeinsame Konstante

RASSE_i = fixer Effekt der Rasse i, i = 1, 2, 3

Kuh_{ij} = zufälliger Effekt des Tieres j innerhalb Rasse i, j = 1, 2, 3, ..., 419, 420, 421

LAKZAHL_k = fixer Effekt der Laktationszahl k, k = 1, 2, 3, 4

(RASSE*LAKZAHL)_{ik} = Wechselwirkung zwischen Rasse i und Laktationszahl k

(Kuh*LAKZAHL)_{ijk} = Wechselwirkung zwischen Kuh j und Laktationszahl k (Model 7)

LAKMONAT_l = fixer Effekt des Laktationsmonates l, l = 1, 2, 3, ..., 8, 9, 10

GFTYP_m = fixer Effekt des Grundfütterrationstyps m, m = 1, 2, 3

LM = Lebendmasse (kg)

b₁ = gepoolter Regressionskoeffizient der Lebendmasse

b_{1k} = individueller Regressionskoeffizient der Lebendmasse innerhalb Laktationszahl k

MILCH = Milchleistung (kg)

b₂ = gepoolter Regressionskoeffizient der Milchleistung

b_{2l} = individueller Regressionskoeffizient der Milchleistung innerhalb Laktationsmonat l

TRÄCHT = Trächtigkeitstag

b₃ = gepoolter Regressionskoeffizient des Trächtigkeitstages

NELgf = Energiekonzentration des Grundfutters (MJ NEL/kg T)

b₄ = gepoolter Regressionskoeffizient der Energiekonzentration des Grundfutters

b_{4l} = individueller Regressionskoeffizient der Energiekonzentration des GF innerhalb Laktationsmonat l

b_{4m} = individueller Regressionskoeffizient der Energiekonzentration des GF innerhalb Grundfütterrationstyp m

KF = Kraftfutter (kg IT bzw. % der IT)

b₅ = gepoolter Regressionskoeffizient des Kraftfutters

b_{5l} = individueller Regressionskoeffizient des Kraftfutters innerhalb Laktationsmonat l

b_{5m} = individueller Regressionskoeffizient des Kraftfutters innerhalb Grundfütterrationstyp m

ε_{i-m} = Restkomponente

Klassen der fixen Effekte:

Rasse: Fleckvieh (FV) n = 1.882, nur kombinierter Typ (ohne HF-Kreuzungen)
 Brown Swiss (BS) n = 814
 Holstein Friesian (HF) n = 1.859

| | | | | |
|-----------------|-----------------|------------------|-------------|---------------|
| Laktationszahl: | 1 (n = 583) | Laktationsmonat: | 1 (n = 595) | 6 (n = 555) |
| | 2 (n = 1.436) | | 2 (n = 694) | 7 (n = 250) |
| | 3+4 (n = 1.422) | | 3 (n = 533) | 8 (n = 181) |
| | ≥5 (n = 1.114) | | 4 (n = 708) | 9 (n = 174) |
| | | | 5 (n = 668) | ≥10 (n = 197) |

Rationstyp: HGM (n = 3.063) Heu/Grassil./Maissil. → „Grünlandration mit Maissil.“
 HG (n = 1.089) Heu/Grassil. → „Grünlandration ohne Maissil.“
 GRÜN (n = 403) Grünfutter → „Frisches Wiesenfutter, etwas Heu und Maissil.“

wender in Österreich am häufigsten zu treffen. Die Anteile der 3 Grundfüttermittel betragen im Durchschnitt jeweils ca. 1/3 der Grundfütterration (34 % Heu, 38 % Grassilage, 28 % Maissilage, T-Basis). Allerdings weisen diese Mittelwerte große Streuungen auf. Die Grünlandration HG (ohne Maissilage) bestand durchschnittlich aus 87 % Heu und 13 % Grassilage, doch sowohl Rationen mit

100 % Heu als auch 100 % Grassilage kamen vor (siehe auch *Tabelle A1*). Für eine getrennte Auswertung dieser beiden Rationstypen (Heu oder Grassilage) lagen jedoch nicht ausreichend Daten vor. Die Ration GRÜN bestand überwiegend aus frischem Wiesenfutter (85 ± 13 %, 47 - 100 %) mit geringen Anteilen Heu und Maissilage. Im Durchschnitt unterschieden sich diese Rationstypen – bis

auf Protein – im Nährstoffgehalt und auch im Kraftfutteranteil nicht wesentlich, auch der Streuungsbereich ist ähnlich (*Tabelle 5*). Der Kraftfutteranteil in den Rationen HGM, HG und GRÜN betrug 19, 18 und 14 % der IT, jeweils mit Bereichen von 0 bis etwa 60 %. Der Proteingehalt machte durchschnittlich 11.0, 13.5 und 15.0 % aus, mit korrespondierenden Werten der ruminalen N-Bilanz (RNB). Wenn nicht die Proteinversorgung die Fragestellung der Versuche war (*Tabelle 1* und *A1*), wurden die Rationen über geeignete Proteinkraftfutter (PKF) ergänzt. Im Gehalt an Gerüstsubstanzen und Energie wies die Ration GRÜN etwas günstigere Werte auf (53, 53 und 49 % NDF; 28, 29 und 26 % XF; 5.4, 5.3 und 5.6 MJ NEL in den Rationen HGM, HG und GRÜN). Nachmals soll auf die großen Streuungsbereiche vor allem im Gehalt an Gerüstsubstanzen hingewiesen werden, die auf die Fragestellungen mehrerer Versuche zurückzuführen sind und eine fundierte Ab-

Tabelle 5: Zusammensetzung und Nährstoffgehalt des Grundfutters in den Rationstypen (in T)

| Grundfutter-Rationstyp | | Heu % GF | Grassil. % GF | Maissil. % GF | Grünfutter % GF | Krafftutter % GES | XP g/kg T | XF g/kg T | NDF g/kg T | NEL MJ/kg T | RNB g/kg T |
|-------------------------------------|-----------|-------------|------------------|------------------|--------------------|----------------------|--------------|--------------|---------------|----------------|---------------|
| HGM Heu/Grassil./Maissil. | \bar{x} | 34,5 | 37,7 | 27,8 | – | 19,2 | 110 | 282 | 527 | 5,42 | -1,6 |
| | $\pm s$ | 7,2 | 9,8 | 9,6 | – | 17,3 | 14 | 24 | 39 | 0,39 | 1,5 |
| | min | 0,0 | 0,0 | 8,0 | – | 0,0 | 74 | 218 | 414 | 4,51 | -7,6 |
| | max | 80,5 | 70,6 | 81,2 | – | 66,7 | 154 | 346 | 629 | 6,31 | 3,8 |
| HG Heu/Grassil. | \bar{x} | 87,2 | 12,8 | – | – | 18,2 | 135 | 289 | 532 | 5,30 | 1,8 |
| | $\pm s$ | 29,7 | 29,7 | – | – | 15,8 | 20 | 34 | 63 | 0,54 | 1,9 |
| | min | 0,0 | 0,0 | – | – | 0,0 | 88 | 223 | 392 | 4,08 | -3,0 |
| | max | 100,0 | 100,0 | – | – | 67,0 | 182 | 383 | 663 | 6,45 | 7,4 |
| GRÜN Grünfutter | \bar{x} | 7,3 | – | 8,1 | 84,6 | 14,2 | 150 | 258 | 494 | 5,55 | 3,9 |
| | $\pm s$ | 6,7 | – | 9,0 | 12,7 | 15,9 | 27 | 35 | 53 | 0,49 | 3,7 |
| | min | 0,0 | – | 0,0 | 46,9 | 0,0 | 99 | 184 | 383 | 4,48 | -1,8 |
| | max | 25,2 | – | 28,4 | 100,0 | 56,5 | 220 | 331 | 586 | 6,58 | 14,3 |

schätzung des Einflusses der Grundfutterqualität auf die Futteraufnahme erwarten lassen.

3. Ergebnisse und Diskussion

Wie bei der Beschreibung des statistischen Modells ausgeführt, werden sowohl die fixen Effekte von Rasse, Laktationszahl, Laktationsmonat und Grundfutter-Rationstyp als auch kontinuierliche, tier- und futterbedingte Effekte als Regressionsvariable zur Vorhersage der Futteraufnahme verwendet (Lebendmasse, Milchleistung, Trächtigkeitstag, NEL-Gehalt des Grundfutters, Krafftutter). Diese Regressionsvariablen sind in den meisten Fällen nicht gepoolt über das ganze Datenmaterial, sondern individuell (innerhalb der fixen Effekte). So hat sich gezeigt, dass der Effekt der Lebendmasse auf die Futteraufnahme signifikant von der Laktationszahl abhängt. Die Wirkung der Grundfutter-Energiekonzentration und des Krafftutters auf die Futteraufnahme ist wiederum von der Art der Grundfutter-Ration beeinflusst. Ganz entscheidend ist vor allem, dass sich die Regressionskoeffizienten für Milchleistung, NEL-Gehalt des Grundfutters und Krafftutter im Laufe der Laktation ändern. Sie sind daher innerhalb Laktationsmonat ausgewiesen. Es sind zwei Gleichungen angeführt:

☞ Formel (1) verwendet die Krafftuttermenge (KF, kg IT) und ist bei herkömmlicher, getrennter Vorlage der Einzelfuttermittel anzuwenden.

- Bei TMR-Rationen ist die Krafftuttermenge nicht bekannt, wohl aber der Krafftutteranteil (PRO_{KF} , % der IT)

aus der Befüllung des Mischwagens (Formel (2)).

Mit diesen Formeln wird die Gesamtfutteraufnahme (GES, kg IT) geschätzt. Die Grundfutteraufnahme (GF, kg IT) errechnet sich aus dem Gesamtfutter und dem Krafftutter:

☞ Formel (1): $GF = GES - KF$

- Formel (2): $GF = GES * ((1 - PRO_{KF})/100)$

Es soll vorausgeschickt werden, dass die in den Formeln angeführten Effekte jeweils nur unter Beachtung aller weiteren Parameter berechnet und interpretiert werden dürfen. So ist z.B. der Rassen Einfluss unter der (theoretischen) Voraussetzung gleicher Milchleistung, Lebendmasse, Grundfutterqualität und Krafftutterniveau etc. zu sehen, ebenso der Einfluss des Grundfutter-Rationstyps bei konstanter Energiekonzentration des Grundfutters und gleichem Krafftutterniveau oder der Laktationseinfluss bei konstanter Milchmenge etc..

Unter diesen Voraussetzungen beträgt die durchschnittliche Futteraufnahme von Kühen der Rasse Fleckvieh (FV), Brown Swiss (BS) und Holstein Friesian (HF) 16.3, 16.5 und 16.9 kg T (*Abbildung 5*).

Die höhere Futteraufnahme milchbetonter Kühe gegenüber kombinierten ist in vielen Versuchen bestätigt worden (ZAUGG 1976, OLDENBROEK 1979, BIERI 1982, KORVER 1982, GRUBER et al. 1991a). Jedoch sind in vielen dieser Versuche Krafftutter und Milchleistung auf Grund bedarfsgerechter Krafftutterzuteilung vermengt und die Futteraufnahme durch unterschiedliche Krafftutteranteile somit strenggenommen nicht vergleichbar. Auch wenn, wie im

vorliegenden Modell, die wesentlichen Parameter wie Milchleistung, Lebendmasse, Grundfutterqualität und Krafftutterniveau konstant gehalten werden, ergeben sich leicht höhere Futteraufnahmen bei den milchbetonten Kühen. Diese sind die Folge eines etwas höheren Erhaltungsbedarfs auf Grund einer höheren Stoffwechselrate und des hormonellen Status bei höherer Leistung (FOX et al. 1992, MÜNGER 1994).

Die durchschnittliche Futteraufnahme war auch signifikant von der Laktationszahl beeinflusst und betrug 16.3, 16.8, 16.5 und 16.5 in den Laktationen 1, 2, 3+4 und ≥ 5 (*Abbildung 5*). Damit kommt zum Ausdruck, dass erstlaktierende Kühe – auch unter der theoretischen Voraussetzung gleicher Milchleistung, Lebendmasse und Krafftuttermenge etc. – auf Grund ihres noch nicht voll abgeschlossenen Wachstums einen kleineren Rahmen und daher geringeres Futteraufnahme-potenzial besitzen. Die Kühe mit mehr als zwei Laktationen wiesen demgegenüber eine etwas geringere Futteraufnahme auf (-0.3 kg T), was wahrscheinlich mit abnehmender Fitness zu erklären ist (Klauen, Fundament, Euter, Stoffwechsel etc.). Die geringere Futteraufnahme von erstlaktierenden Kühen ist in der Literatur vielfach belegt und wurde teilweise auch in Futteraufnahme-Schätzformeln berücksichtigt (SCHWARZ & KIRCHGESSNER 1985, INRA 1989, GRUBER et al. 1990, KRISTENSEN 1995, HOLTER et al. 1997, ROSELER et al. 1997, RAP 1999).

Der Einfluss des Laktationsstadiums ist ebenfalls in *Abbildung 5* dargestellt. Das Laktationsstadium wurde als fixer Effekt (10 Stufen) und nicht als Regressions-

Futteraufnahme - Schätzformeln:**Formel (1) – bei herkömmlicher, getrennter Vorlage der Einzelfuttermittel:**

$$\text{GES} = 16.56 + \text{RASSE} + \text{LAKZAHL} + \text{LAKMONAT} + \text{GFTYP}$$

$$+ b_{\text{LM}} (\text{LM} - 613) + b_{\text{MILCH}} (\text{MILCH} - 19.44) - 0.0039 (\text{TRÄCHT} - 34)$$

$$+ b_{\text{NELgf}} (\text{NEL}_{\text{GF}} - 5.40) + b_{\text{KF}} (\text{KF} - 3.17)$$

$$\text{RASSE} = -0.27, -0.09, +0.36 \text{ für Rasse} = \text{FV, BS, HF}$$

$$\text{LAKZAHL} = -0.21, +0.27, -0.01, -0.05 \text{ für Laktationszahl} = 1, 2, 3+4, \geq 5$$

$$\text{LAKMONAT} = -2.11, -0.92, -0.29, +0.01, +0.39, +0.64, +0.82, +0.62, +0.36, +0.47$$

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

$$\text{GFTYP} = -0.84, -0.34, +1.19 \text{ für Grundfutterrationstyp} = \text{HGM, HG, GRÜN}$$

$$b_{\text{LM}} = 0.0111 + b_{\text{LM}}^* \text{LAKZAHL}$$

$$b_{\text{LM}}^* \text{LAKZAHL} = +0.0128, -0.0003, -0.0037, -0.0087 \text{ für Laktationszahl} = 1, 2, 3+4, \geq 5$$

$$b_{\text{MILCH}} = 0.152 + b_{\text{MILCH}}^* \text{LAKMONAT}$$

$$b_{\text{MILCH}}^* \text{LAKMONAT} = -0.061, -0.054, +0.000, +0.021, +0.051, +0.084, +0.063, -0.000, -0.062, -0.041$$

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

$$b_{\text{NELgf}} = 1.204 + b_{\text{NELgf}}^* \text{LAKMONAT} + b_{\text{NELgf}}^* \text{GFTYP}$$

$$b_{\text{NELgf}}^* \text{LAKMONAT} = +0.364, +0.851, +0.469, +0.286, -0.007, -0.350, -0.354, -0.431, -0.077, -0.750$$

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

$$b_{\text{NELgf}}^* \text{GFTYP} = +0.018, +0.954, -0.972 \text{ für Grundfutterrationstyp} = \text{HGM, HG, GRÜN}$$

$$b_{\text{KF}} = 0.446 + b_{\text{KF}}^* \text{LAKMONAT} + b_{\text{KF}}^* \text{GFTYP}$$

$$b_{\text{KF}}^* \text{LAKMONAT} = +0.223, +0.118, +0.005, -0.018, -0.076, -0.133, -0.056, -0.021, -0.026, -0.016$$

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

$$b_{\text{KF}}^* \text{GFTYP} = -0.016, -0.074, +0.089 \text{ für Grundfutterrationstyp} = \text{HGM, HG, GRÜN}$$

$$R^2 = 91.1 \%, \text{RSD} = 0.89 \text{ kg TM (5.7 \%)}$$

Formel (2) – für TMR-Rationen:

$$\text{GES} = 16.50 + \text{RASSE} + \text{LAKZAHL} + \text{LAKMONAT} + \text{GFTYP}$$

$$+ b_{\text{LM}} (\text{LM} - 613) + b_{\text{MILCH}} (\text{MILCH} - 19.44) - 0.0043 (\text{TRÄCHT} - 34)$$

$$+ b_{\text{NELgf}} (\text{NEL}_{\text{GF}} - 5.40) + b_{\text{PROkf}} (\text{PRO}_{\text{KF}} - 18.549)$$

$$\text{RASSE} = -0.25, -0.02, +0.27 \text{ für Rasse} = \text{FV, BS, HF}$$

$$\text{LAKZAHL} = -0.25, +0.30, -0.03, -0.03 \text{ für Laktationszahl} = 1, 2, 3+4, \geq 5$$

$$\text{LAKMONAT} = -2.61, -1.20, -0.38, +0.01, +0.47, +0.77, +1.00, +0.82, +0.50, +0.62$$

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

$$\text{GFTYP} = -0.71, -0.35, +1.06 \text{ für Grundfutterrationstyp} = \text{HGM, HG, GRÜN}$$

$$b_{\text{LM}} = 0.0119 + b_{\text{LM}}^* \text{LAKZAHL}$$

$$b_{\text{LM}}^* \text{LAKZAHL} = +0.0127, -0.0002, -0.0034, -0.0091 \text{ für Laktationszahl} = 1, 2, 3+4, \geq 5$$

$$b_{\text{MILCH}} = 0.213 + b_{\text{MILCH}}^* \text{LAKMONAT}$$

$$b_{\text{MILCH}}^* \text{LAKMONAT} = -0.028, -0.027, +0.012, +0.028, +0.045, +0.078, +0.054, -0.011, -0.082, -0.069$$

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

$$b_{\text{NELgf}} = 1.109 + b_{\text{NELgf}}^* \text{LAKMONAT} + b_{\text{NELgf}}^* \text{GFTYP}$$

$$b_{\text{NELgf}}^* \text{LAKMONAT} = +0.480, +0.934, +0.443, +0.278, -0.023, -0.432, -0.391, -0.472, -0.084, -0.732$$

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

$$b_{\text{NELgf}}^* \text{GFTYP} = +0.110, +0.902, -1.011 \text{ für Grundfutterrationstyp} = \text{HGM, HG, GRÜN}$$

$$b_{\text{PROkf}} = 0.0589 + b_{\text{PROkf}}^* \text{LAKMONAT} + b_{\text{PROkf}}^* \text{GFTYP}$$

$$b_{\text{PROkf}}^* \text{LAKMONAT} = +0.0299, +0.0162, +0.0017, -0.0018, -0.0098, -0.0214, -0.0059, -0.0018, -0.0056, -0.0016$$

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

$$b_{\text{PROkf}}^* \text{GFTYP} = +0.0004, -0.0109, +0.0105 \text{ für Grundfutterrationstyp} = \text{HGM, HG, GRÜN}$$

$$R^2 = 89.5 \%, \text{RSD} = 0.97 \text{ kg T (6.2 \%)}$$

variable in das Modell aufgenommen, weil dadurch die Möglichkeit bestand, weitere tier- und futterbedingte Parameter individuell (innerhalb Laktationsmonat) zu berücksichtigen und somit eine Wechselwirkung zwischen Laktationsstadium und diesen Regressionsvariablen zu beachten. Die Futteraufnahme während der Laktation folgt einem klassischen Verlauf, mit einem steilen Anstieg zu Beginn. Das Maximum wird erst in der Mitte der Laktation erreicht, danach geht die Futteraufnahme ganz leicht zurück. Die tatsächliche Futteraufnahme verringert sich gegen Laktationsende wesentlich stärker, da sie von der Milchleistung, Trächtigkeit und Kraftfuttermenge mitbeeinflusst wird, die alle in Richtung abnehmender Futteraufnahme wirken. Der Verlauf der Futteraufnahme während der Laktation ist häufig mit einer logarithmischen Funktion beschrieben worden (z.B. BROWN et al. 1977, MENKE 1987, GRUBER et al. 1990, KRISTENSEN 1995). ROSELER et al. (1997) haben den starken Anstieg der Futteraufnahme zu Laktationsbeginn mit einer sog. lag-Phase beschrieben.

Schließlich wurde noch der Einfluss der Zusammensetzung der Grundfutterration berechnet. Dabei wurde von den grundlegenden Untersuchungen von INRA (1989) ausgegangen, bei dem jedem Grundfutter ein eigener sog. *fill-value* (Futteraufnahme-Wert) zugeordnet wird und somit neben dem Vegetationseinfluss Effekte der botanischen Spezies, Konservierungsart und -qualität berücksichtigt werden. Dies bedeutet, dass die verschiedenen Grundfutter auch bei gleichem NEL-Gehalt in verschiedener Menge gefressen werden, weil eben die verschiedenen botanischen Arten und Konservierungsformen die Futteraufnahme mitbeeinflussen. So haben etwa SCHWARZ et al. (1996) für Gras und Grundfutter zwei getrennte Formeln angegeben. In der vorliegenden Untersuchung wurden für Rationen mit Grünfütter im Vergleich zu konserviertem Wiesenfutter 1.5 - 2.0 kg T höhere Futteraufnahmen ermittelt. Dies steht im Einklang mit Erhebungen der Futteraufnahme in Praxisbetrieben (GRUBER & STEINWENDER 1992) und Modellrechnungen von GRUBER (1992) auf Basis des Fill-unit-Systems von INRA (1989). Allerdings hängen die Unter-

schiede in der Futteraufnahme zwischen frischen und konservierten Grundfutttermitteln entscheidend vom Gelingen der Konservierung ab (DULPHY 1980, INRA 1989).

Nach den fixen Effekten sind die kontinuierlichen Variablen (Regressionskoeffizienten) zu berücksichtigen (*Abbildung 6*). Der gepoolte Regressionskoeffizient für Lebendmasse ist 0.0111 kg, d.h. im Durchschnitt steigt die Gesamtfutteraufnahme pro 100 kg LM um 1,11 kg T an. Allerdings nimmt dieser Regressionskoeffizient mit der Laktationszahl der Tiere stark ab (2,4, 1,1, 0,7, 0,2 in Laktationszahl 1, 2, 3+4, ≥ 5). Dies haben auch LINDNER et al. (1981) und SCHWARZ & KIRCHGESSNER (1985) festgestellt. Als physiologische Erklärung für die unterschiedlichen Regressionskoeffizienten kann angeführt werden, dass höhere Lebendmassen bei jüngeren Tieren wesentlich mehr mit einem größeren Rahmen und damit höherer Futteraufnahmekapazität verbunden sind als bei älteren Kühen, bei denen höhere Lebendmasse häufig mit stärkerer Verfettung einhergeht, welche über die physiologische Regulation die Futteraufnahme reduziert (*Abbildung 1*). Aus der Literaturübersicht von SCHWARZ & GRUBER (1999) geht hervor, dass die Regressionskoeffizienten für Lebendmasse im Bereich von 0,5 kg T (ROSELER et al. 1997) bis 1,7 kg T (MERTENS 1994) pro Anstieg der LM um 100 kg liegen. Zwischen diesen Werten liegen die Angaben vieler Autoren, was den vorliegenden Ergebnissen gut entspricht (1,2 kg T – MENKE 1987, 1,0 kg T – INRA 1989, 0,9 kg T – HOLTER et al. 1997). Im Mittel der Literaturobwertung betrug der Regressionskoeffizient für Kühe der ersten Laktation 1,2, für die weiteren Laktationen 0,8 und ohne Berücksichtigung der Laktationszahl 1,3 kg T pro Anstieg der LM um 100 kg.

Der gepoolte Regressionskoeffizient für die Milchleistung betrug 0,15 kg, d.h. die Gesamtfutteraufnahme erhöht sich durchschnittlich um 0,15 kg T pro kg Milch. Die Milchleistung ausgedrückt als ECM (energiekorrigierte Milch) zeigte eine etwas schwächere Beziehung, die Leistung ausgedrückt als Eiweiß+Laktose-Menge dagegen eine etwas engere (nicht angeführt). Daher muss bei Anwendung dieser Formeln die Milchlei-

stung und nicht ECM eingesetzt werden. Ein Grund für die engere Beziehung der Leistung ausgedrückt als Milch oder Eiweiß+Laktose-Menge ist darin zu sehen, dass in ECM die Fettkomponente stark zur Wirkung kommt. Damit wird wohl einerseits die Energieabgabe mit der Milch richtig erfasst, andererseits muss auch beachtet werden, dass – besonders in Phasen und Situationen ausgeprägten Energiedefizits (also besonders zu Laktationsbeginn) – ein gewisser Teil des Milchfetts direkt aus der Fettmobilisation der Kuh kommt (BERGMAN 1971, KRONFELD 1971). Dies hat zur Folge, dass in einer solchen Situation hohe Energieabgaben in der Milch mit reduzierter Futteraufnahme gekoppelt sind, was bei der statistischen Auswertung letztendlich in einer schwächeren Korrelation zwischen Futteraufnahme und ECM im Vergleich zur Milchleistung zum Ausdruck kommt.

Wie *Abbildung 6* zeigt, folgt der Wert des Regressionskoeffizienten für Milchleistung während der Laktation einem offensichtlich gesetzmäßigen Verlauf. Der Regressionskoeffizient steigt von Laktationsbeginn bis über die Laktationsmitte stark von 0,09 auf 0,24 kg T pro kg Milch an und sinkt bis Laktationsende wieder auf etwa 1,0 ab. Diese großen, statistisch gesicherten Unterschiede rechtfertigen nicht die Anwendung des durchschnittlichen, über alle Laktationsmonate gepoolten Regressionskoeffizienten und erhöhen die Schätzgenauigkeit bei der Anwendung der Formel wesentlich. Auch diese Ergebnisse können physiologisch interpretiert werden. Der Stoffwechsel der Kuh erfährt während der Laktation grundlegende Veränderungen über die hormonelle Steuerung (SCHEUNERT & TRAUTMANN 1987, FLATT & MOE 1971, SWAN 1979, BAUMAN & CURRIE 1980, VERNON 1988, INRA 1989, GRUBER et al. 1995). Zu Laktationsbeginn liegt ein mehr oder weniger großes Energiedefizit vor, in dem die Kuh je nach Leistungspotenzial und Versorgung über das Futter ihre Körperreserven mobilisiert (katabole Stoffwechsellage). In der Laktationsmitte besteht in der Regel zwischen Futteraufnahme und Leistung ein relatives Gleichgewicht. Zu Laktationsende übersteigt die Futteraufnahme den Leistungsbedarf und es kommt neben der

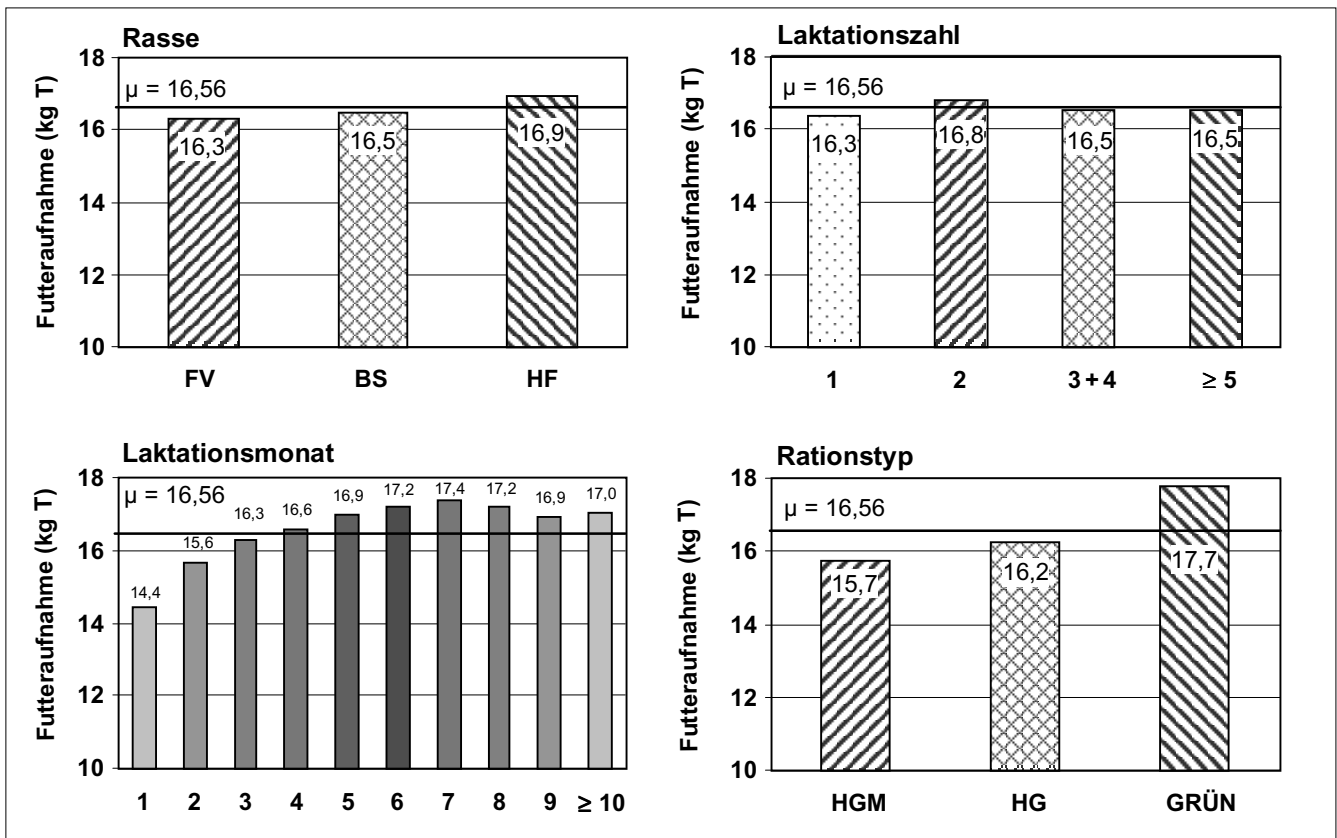


Abbildung 5: Einfluss der fixen Effekte von Rasse, Laktationszahl, Laktationsmonat und Grundfutter-Rationstyp auf die Gesamtfuttermittelaufnahme

Bildung von Konzeptionsprodukten der Trächtigkeit zu einem Ansatz von Körperreserven (anabole Phase). Aus diesem Grund sind die Regressionskoeffizienten zu Beginn und zu Ende der Laktation niedriger – zu Laktationsbeginn kommt ein Teil der Energie aus den Körperreserven (und nicht nur aus dem Futter) und zu Laktationsende geht ein Teil der Futterenergie in die Körperreserven und nicht nur in die Milch. Die Beziehung von Futtermittelaufnahme und Milchleistung ist also in diesen Phasen von Mobilisationsvorgängen bzw. Anlage von Körperreserven überlagert. Dies ist in der Mitte der Laktation nicht (oder weniger ausgeprägt) der Fall. Somit ergeben sich Regressionskoeffizienten, die sich um mehr als $\pm 50\%$ vom gepoolten Wert unterscheiden.

In der Literaturschau von SCHWARZ & GRUBER (1999) betragen die Regressionskoeffizienten für Milchleistung im Mittel der Kühe der ersten Laktation 0,36 kg, der weiteren Laktationen 0,31 kg und bei Kühen ohne Unterscheidung der Laktationszahl 0,24 kg T pro Anstieg der Milchleistung um 1 kg. Relativ niedrige Werte geben MEN-

KE (1987) mit 0,13 kg und LINDNER et al. (1981) mit 0,15 kg T an. Im mittleren Bereich der Literaturdaten liegen VADIVELLO & HOLMES (1979) mit 0,18 kg, MERTENS (1994) mit 0,24 kg, INRA (1989) mit 0,27 kg und BROWN et al. (1977) mit 0,28 kg T pro Anstieg der Milchleistung um 1 kg. Die höchsten Regressionskoeffizienten werden in den amerikanischen Arbeiten von ROSELER et al. (1997), HOLTER et al. (1997) und NRC (1987) berichtet (0,33, 0,36 und 0,39 kg T pro kg Milch). Damit sind die Literaturwerte deutlich höher als in der vorliegenden Untersuchung bzw. entsprechen eher den Werten aus der Laktationsmitte (siehe *Abbildung 6*). Gerade dies dürfte auch die wesentliche Erklärung für die Unterschiede sein, da Fütterungsversuche, aus denen die Formeln abgeleitet werden, vorwiegend im Bereich der Laktationsmitte durchgeführt werden. Das vorliegende Datenmaterial stammt dagegen zur Hälfte aus einem Fütterungsversuch über die ganze Laktation (GRUBER et al. 1995, *Tabelle 1*). Daneben spielt natürlich auch das statistische Modell (die Auswahl der die Futtermittelaufnahme beeinflussenden Faktoren)

für die Werte der Regressionskoeffizienten eine Rolle.

Auch die Trächtigkeit übt einen signifikanten Einfluss auf die Futtermittelaufnahme aus. Pro Trächtigkeitstag ging die Futtermittelaufnahme um 0,004 kg T zurück. Wenn im 10. Laktationsmonat 210 Trächtigkeitstage angenommen werden, bedeutet dies einen Rückgang der Futtermittelaufnahme um ca. 0,8 kg T. Als Gründe für die verminderte Futtermittelaufnahme zum Ende der Trächtigkeit sind sowohl physikalische Regulationsmechanismen (Beanspruchung von Raum im Verdauungstrakt durch die Konzeptionsprodukte, Zunahme des Abdominalfettes) als auch physiologische Veränderungen (Hormone zur Steuerung der Reproduktion, freie Fettsäuren) zu sehen (FORBES 1995, INGVAERTSEN et al. 1999, INGVAERTSEN & ANDERSEN 2000). Von den nutritiven Faktoren üben die Energiekonzentration des Grundfutters und das Kraftfutter einen hochsignifikanten Einfluss auf die Futtermittelaufnahme aus. Als Parameter zur Beschreibung der Grundfutterqualität wurde die Energiekonzentration (MJ NEL/kg T) gewählt, weil dieser Wert auch für die Energie-

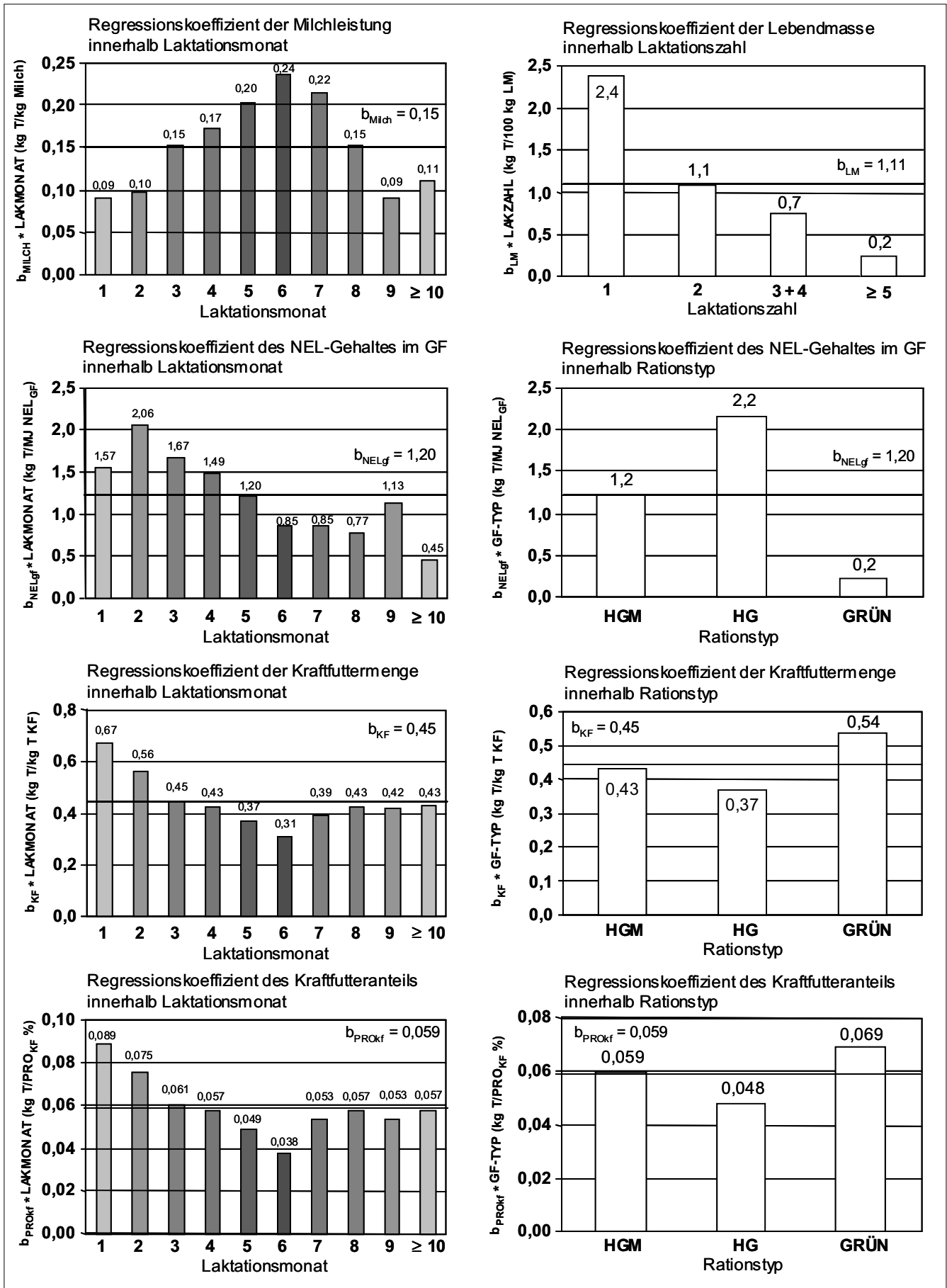


Abbildung 6: Einfluss der tier- und futterbedingten Parameter auf die Gesamtfutteraufnahme

versorgung verwendet wird und somit Grundlage jeder Rationsberechnung ist. Andere Parameter – wie XF, NDF, ADF oder dOM – unterscheiden sich in der Genauigkeit der Futteraufnahmeverhersage nicht wesentlich von NEL (nicht angeführt).

Im Durchschnitt erhöhte sich die Futteraufnahme um 1.2 kg T, wenn der NEL-Gehalt um 1 MJ/kg T anstieg. Es zeigten sich jedoch Wechselwirkungen sowohl zum Laktationsstadium als auch zum Grundfutter-Rationstyp. Die Bedeutung der Energiekonzentration für die Futteraufnahme nahm im Lauf der Laktation stark ab, der Regressionskoeffizient sank nämlich von 2.1 auf 0.5 kg T pro MJ NEL_{GF}. Gleichmaßen nahm auch der Regressionskoeffizient für Kraftfutter im Lauf der Laktation stark ab, und zwar von nahezu 0.7 auf etwa 0.3 bis 0.4 kg T pro Anstieg des Kraftfutters um 1 kg T. Der durchschnittliche Regressionskoeffizient für Kraftfutter beträgt 0.45 kg, d.h. die Gesamtfutteraufnahme steigt um 0.45 kg T an, wenn die Kraftfutttergabe um 1 kg T erhöht wird. Daraus lässt sich eine durchschnittliche Grundfuttermverdrängung von 0.55 kg T errechnen, die allerdings zu Laktationsbeginn nur 0.3 und ab der Laktationsmitte 0.6 bis 0.7 kg T pro kg T Kraftfutter beträgt.

Für diese Veränderungen der Regressionskoeffizienten von NEL_{GF} und auch Kraftfutter im Laufe der Laktation gibt es eine gemeinsame Erklärung, die aus dem Blickwinkel der physiologischen Regulation der Futteraufnahme zu sehen ist. Die Aufrechterhaltung einer ausgeglichenen Energiebilanz ist das übergeordnete Wirkungsprinzip bei der physiologischen Regulation der Futteraufnahme (WANGSNESS & MULLER 1981, siehe *Abbildung 1*). So ist es selbstverständlich, wenn die Kühe zu Laktationsbeginn – also in Situationen eines mehr oder weniger starken Energiedefizits – auf hohe Energiekonzentration im Grundfutter und auf Kraftfutter besonders deutlich mit einer Erhöhung der Futteraufnahme reagieren, da sie einen hohen Bedarf an Energie haben. Da die Energiebilanz während der Laktation – wie oben gezeigt – auf Grund hormoneller Steuerung mehr und mehr positiv wird, reagiert die Kuh auf hohe Energiekonzentration im Grundfutter und auf

Kraftfutter deutlich geringer mit einer Erhöhung der Futteraufnahme, weil dadurch ein zu großer Energieüberschuss entstünde. Der in der Formel (2), d.h. für TMR-Rationen, an Stelle der Kraftfutter-Menge (kg T) herangezogene Kraftfutter-Anteil (% der IT) zeigt dieselbe Abhängigkeit von Laktationsstadium und Grundfutter-Rationstyp wie die Kraftfutter-Menge.

Die unter anderem von EKERN (1972) festgestellte, höhere Grundfuttermverdrängung zu Laktationsbeginn dürfte somit andere Ursachen haben. KIRCHGESSNER & SCHWARZ (1984) haben als Erklärung angeführt, dass Kühe zu Laktationsbeginn eine geringere Grundfuttteraufnahmekapazität aufweisen und dadurch ein höherer Kraftfutteranteil entsteht, der über eine Absenkung des pH-Wertes im Pansen zu einer scheinbar größeren Verdrängung führt, obwohl aus Sicht der physiologischen Futteraufnahmeregulation das Gegenteil zu erwarten ist.

Die Verdrängung des Grundfutters durch Kraftfutter hat im wesentlichen zwei Ursachen:

⊕ 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 zellulolytischen Pansenmikroben und verlangsamt somit den Abbau des Grundfutters in den Vormägen und in der Folge dessen Aufnahme (KAUFMANN 1976, ORSKOV 1986, LEBZIEN et al. 1981, VAN HOUTERT 1993, VAN SOEST 1994).

• Nach Untersuchungen von FAVERDIN et al. (1991) hängt das Ausmaß der Grundfuttermverdrängung vor allem vom Stand der Energiebilanz der Kuh ab, d.h. auch in dieser Untersuchung wird die Grundfuttermverdrängung hauptsächlich über die physiologische Regulation der Futteraufnahme erklärt. Bei hohen Energieüberschüssen wurden hohe Verdrängungsraten ermittelt und umgekehrt. In dieses Bild fügt sich auch die Literaturübersicht von COULON & REMOND (1991) ein, die bei hohem En-

ergieversorgungsgrad über Kraftfutter eine niedrige Milchleistungssteigerung mit erhöhter Energiezufuhr festgestellt haben und umgekehrt. So ist auch das breite Spektrum an Verdrängungsraten zu erklären, das in der Literatur vorliegt.

Exemplarisch dazu haben FAVERDIN et al. (1991) drei Hauptfaktoren der Grundfuttermverdrängung untersucht:

- ⊕ Grundfuttterration (Heu, Grassilage, Maissilage);
- Kraftfuttterart (stärkereich wie Getreide, hochverdauliche Faser wie Trokenschnitzel sowie Sojaschalen und niedrigverdauliche Faser wie Kleien, Hafer oder Sonnenblumenkuchen);
- Kraftfuttterniveau (niedrig, mittel, hoch).

In Abhängigkeit von diesen drei Hauptfaktoren wurden Verdrängungsraten von 0.3 bis über 0.8 kg T pro kg T Kraftfutter ermittelt, wobei - wie oben ausgeführt - die Energiebilanz hauptverantwortlich für das Ausmaß der Verdrängung war. Die Verdrängung war höher bei Maissilage, bei stärkerreichem Kraftfutter und bei hohem Kraftfuttterniveau. Im INRA Fillunit-System (1989) wird das Ausmaß der Grundfuttermverdrängung mit steigender Milchleistung geringer und mit steigendem Futterwert höher, woraus ebenfalls ein Zusammenhang von Grundfuttermverdrängung und Energiebilanz sichtbar wird. Dies gilt sinngemäß auch für die Wechselwirkung von Grundfuttterqualität und Kraftfutter hinsichtlich der Grundfuttermverdrängung. So haben KLEINMANS & POTTHAST (1984) und PIATKOWSKI et al. (1990) bei höherer Grundfuttterqualität eine höhere Grundfuttermverdrängung ermittelt, weil eben bei höherer Grundfuttterqualität eher eine positive Energiebilanz erzielt wird. Eine Wechselwirkung zwischen Grundfuttter-Typ, Kraftfutttermenge und Grundfuttterqualität ist auch aus dem vorliegenden Datenmaterial abzuleiten (*Abbildung 6*). Die Steigerung der Gesamtfuttteraufnahme durch Kraftfutter war am höchsten - die Verdrängung somit am niedrigsten - beim Rationstyp GRÜN, gefolgt von HGM und HG. Dass Rationen mit Maissilage (HGM) und mit Grünfuttter (GRÜN) geringere Verdrängungsraten aufweisen, ist sowohl von ihrer Strukturwirksamkeit als auch von

ihrem Energiegehalt her betrachtet überraschend. Es fällt allerdings auf, dass gerade hohe Verdrängungsraten des Kraftfutters (HG) mit einem hohen Regressionskoeffizienten für NEL_{GF} korrespondieren und sich in ihrer Wirkung auf die Energiebilanz dadurch aufheben (Abbildung 6). Dies ist ein weiterer Hinweis auf die starke Wirksamkeit der physiologischen Regulation auch im vorliegenden Datenmaterial (Abbildung 1). Die Regressionskoeffizienten für NEL_{GF} betragen 1.2, 2.2 und 0.2 kg T pro Anstieg des NEL -Gehaltes im Grundfutter um 1 MJ/kg T. Neben dieser offensichtlichen Wechselwirkung zum Kraftfutter bedeutet der niedrige Wert bei der Ration GRÜN, dass die Futteraufnahme bei Grünfütterung außer durch die Energiekonzentration auch stark von anderen Faktoren, wie z.B. Umweltbedingungen wie Regen (nasses Futter), mitbeeinflusst wurde.

Auch die in der Literatur angegebenen Regressionskoeffizienten für NEL_{GF} erstrecken sich über einen weiten Bereich. Nach einer Übersicht von SCHWARZ & GRUBER (1999) wurden von den einzelnen Autoren Werte von 0.5 kg (ROSELER et al. 1997), 0.9 kg (BROWN et al. 1977, MERTENS 1994), 1.7 kg (GRUBER et al. 1990) bis 2.3 kg T (MENKE 1987) pro Anstieg des NEL -Gehaltes im Grundfutter um 1 MJ/kg T ermittelt. Der Durchschnittswert dieser Literaturlauswertung betrug für Kühe der ersten Laktation 0.51 kg, der weiteren Laktationen 0.67 kg und bei Kühen ohne Unterscheidung der Laktationszahl 1.61 kg T pro Anstieg des NEL -Gehaltes im Grundfutter um 1 MJ/kg T. Die grundlegenden Zusammenhänge zwischen dem Gehalt der Pflanzen an Gerüstsubstanzen bzw. deren Verdaulichkeit und der Futteraufnahme wurde von JUNG & ALLEN (1995) beschrieben.

Zusammenfassend zu diesem Abschnitt ist festzuhalten, dass einerseits fixe Effekte wie Rasse (RASSE), Laktationszahl (LAKZAHL), Laktationsmonat (LAKMONAT) und Grundfutter-Rationstyp (GFTYP) berücksichtigt werden. Weiters gehen tier- und futterbedingte Parameter als Regressionsfaktoren in die Formel ein. Wie in vielen vergleichbaren Ansätzen sind dies Lebendmasse und Milchleistung zur Darstellung des Aufnahmevermögens des Verdauungs-

traktes und des Energiebedarfes sowie die Energiekonzentration des Grundfutters und das Kraftfutter, um die Füllungswirkung und Energieversorgung über das Futter zu beschreiben. Diese Parameter berühren sowohl physikalische (RASSE, LAKZAHL, LAKMONAT, GFTYP, LM, NEL_{GF} , KF) als auch physiologische (RASSE, LAKZAHL, LAKMONAT, MILCH, NEL_{GF} , KF) Futteraufnahme-Regulationsmechanismen. 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. Dies lässt sich auch an einigen Auswertungsansätzen verschiedener Futteraufnahme-Schätzformeln erkennen. So haben KÜNZI (1969) und BIERI (1982) das Datenmaterial der über mehrere Laktationen gehenden Untersuchung auf dem Versuchsgut Chamau der ETH Zürich in einzelne Laktationsabschnitte zerlegt. Übereinstimmend mit den vorliegenden Ergebnissen nimmt in beiden Arbeiten der Regressionskoeffizient für Kraftfutter mit der Laktation stark ab, ebenso der Koeffizient für die Milchleistung. In den Futteraufnahme-Schätzformeln von RAP (1999) sind die Regressionskoeffizienten für Milchleistung in der sog. Startphase (1. - 8. Laktationswoche) jeweils niedriger als in der Produktionsphase (9. - 44. Laktationswoche), da in der Startphase die Beziehung zwischen Futteraufnahme und Milchleistung in Folge der Körpermobilisation überdeckt ist. Auch in langfristigen Untersuchungen über mehrere Laktationen in Hohenheim zeigten sich Wechselwirkungen zwischen dem Laktationsstadium und tier- und futterbedingten Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme (LANG 1995).

Eine Analyse der Varianzkomponenten zeigt, dass durch LM, MILCH und TRÄCHT 18, 31 bzw. 4 % der Streuung erklärt werden und durch NEL_{GF} und KF 19 und 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 Grundfutterqualität (Abbildung 7).

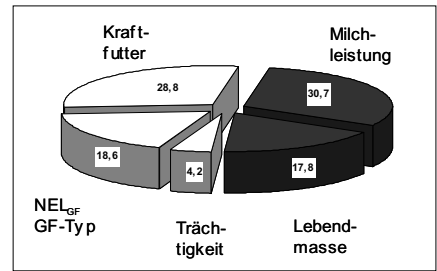


Abbildung 7: Anteil der tier- und futterbedingten Parameter an der Streuung der Gesamtfutteraufnahme (Varianzkomponenten)

Die beiden Schätzformeln weisen ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 91.1$ bzw. 89.5 % auf, d.h. mit dem gewählten Modell können etwa 90 % der Streuung der Futteraufnahme im vorliegenden Datenmaterial erklärt werden. Entsprechend wurde auch ein geringer Schätzfehler von RSD = 0.89 bzw. 0.97 kg T erzielt, das sind etwa 6 % bezogen auf die mittlere Futteraufnahme.

Es ist auch darauf hinzuweisen und für die Genauigkeit der Schätzung der Futteraufnahme von großer Bedeutung, dass zwischen den die Futteraufnahme bestimmenden Einflussfaktoren keine oder nur geringe Abhängigkeiten bestehen (Tabelle 6). Dies erklärt sich aus der Tatsache, dass in vielen der Versuche bzw. Versuchsgruppen (57 % der Datensätze) unabhängig vom Bedarf gefüttert wurde (siehe Tabelle A1). So wurde in vielen Fällen Kraftfutter unabhängig von der Leistung (in vorgesehenen Mengen bzw. Anteilen) verabreicht und in 30 % des gesamten Datenmaterials überhaupt kein Kraftfutter angeboten. Dadurch ist zu erwarten, dass der Einfluss des Kraftfutters aus der vorliegenden Untersuchung gut abgeschätzt werden kann, da andererseits auch sehr hohe Kraftfutteranteile von bis zu 67 % der Gesamtration vorlagen. Wenn nun zwischen Kraftfutter und Milchleistung doch ein Korrelationskoeffizient von $r = 0.61$ ermittelt wurde (Tabelle 6), liegt es daran, dass mit dem Kraftfutter die Milchleistung in jedem Fall mehr oder weniger ansteigt. Die

Tabelle 6: Korrelationen zwischen den Regressionsvariablen

| | Milch | Trächt. | NEL_{GF} | KF |
|------------|--------|---------|------------|--------|
| LM | -0.053 | 0.289 | 0.143 | 0.103 |
| Milch | | -0.659 | 0.124 | 0.612 |
| Trächt. | | | 0.049 | -0.254 |
| NEL_{GF} | | | | -0.025 |

Kraftfuttermenge war in vielen Fällen auch unabhängig von der Grundfutterqualität ($r = -0.03$). Da in vielen Fällen ohne Kraftfutter gefüttert wurde, ist zu erwarten, dass der Einfluss der Grundfutterqualität aus diesem Datenmaterial gut herausgearbeitet werden kann, da er nicht mit dem Kraftfuttereffekt vermischt ist. Durch diese Unabhängigkeit der Einflussfaktoren untereinander ist gewährleistet, dass bei Variation eines Faktors auch dessen eigentlicher Einfluss erfasst wird und nicht der Einfluss eines anderen Parameters, mit dem er korreliert. Somit ist eine entscheidende Voraussetzung für eine robuste Regressionsanalyse gegeben.

4. Anwendung der Formeln

Die in den Formeln verwendeten Abkürzungen für die Einflussfaktoren sind zusammen mit den dazugehörigen Einheiten in *Tabelle 2* angeführt. Bei der Anwendung der Formeln sind vorerst die sog. fixen Effekte von Rasse (RASSE), Laktationszahl (LAKZAHL), Laktationsmonat (LAKMONAT) und Grundfütterrationstyp (GFTYP) 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 (LM), Milchleistung (MILCH), Trächtigkeitstag (TRÄCHT) und Energiegehalt des Grundfutters (NEL_{GF}) 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, doch der Kraftfutter-Anteil (PRO_{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 $\cdot (1 - \text{Kraftfutteranteil}/100)$.

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, Grundfütterrationstyp und vor allem Laktationsmonat ändern. Dies macht die Anwendung der Formel zwar komplizierter, jedoch wesentlich genauer. Daher müssen die Einflüsse von Lebendmasse usw. aus dem Durchschnittseffekt plus dem individuellen Effekt innerhalb eines Laktationsmonats usw. errechnet werden.

Die Anwendung der Formeln ist nicht für das „Handrechnen“ mit einem Taschenrechner gedacht, sondern für EDV-unterstützte Rationsprogramme (Super-Ration, DIE Ration, LBG Milchratio, Profeed etc.) bzw. für Tabellenkalkulationsprogramme (z.B. Excel, Lotus etc.). Sie berücksichtigen wesentliche Einflussfak-

toren der Futteraufnahme, die auf einem landwirtschaftlichen Betrieb üblicher Weise 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.

Abschließend wird als Beispiel der Anwendung der Gumpensteiner Futteraufnahme-Schätzformel die Futteraufnahme bei bedarfsdeckenden Kraftfüttergaben in Abhängigkeit von Milchleistung und Grundfutterqualität dargestellt (in *Abbildung 8* als Durchschnittswert der Laktation, in *Abbildung 9* im Verlauf der Laktation). Dabei wurde die Energiekonzentration des Grundfutters mit der Milchleistung erhöht (0.1 MJ

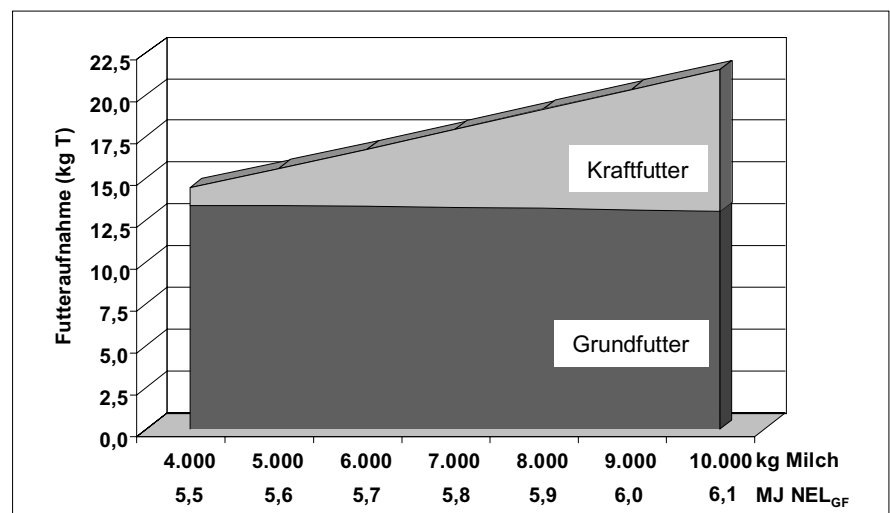


Abbildung 8: Durchschnittliche Futteraufnahme während der Laktation bei bedarfsdeckenden Kraftfüttergaben in Abhängigkeit von Milchleistung und Grundfutterqualität (Anwendung der Gumpensteiner Futteraufnahme-Schätzformel)

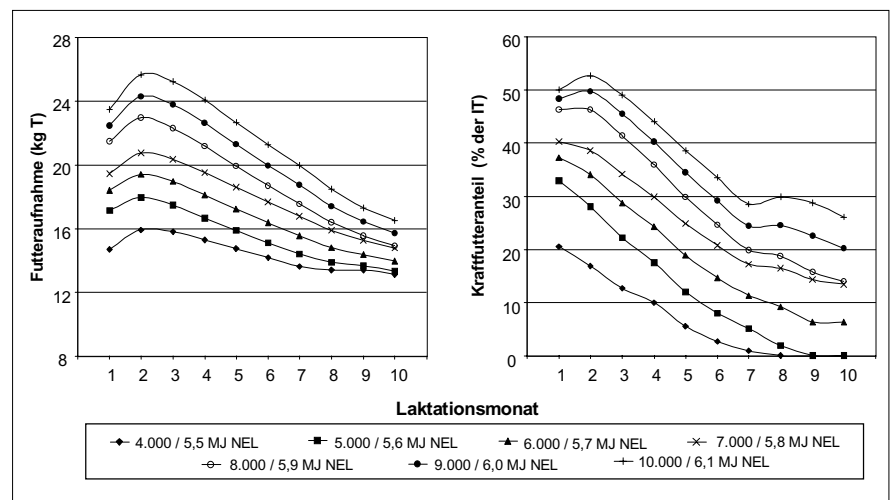


Abbildung 9: Futteraufnahme und Kraftfutteranteil während der Laktation bei bedarfsdeckenden Kraftfüttergaben in Abhängigkeit von Milchleistung und Grundfutterqualität (Anwendung der Gumpensteiner Futteraufnahme-Schätzformel)

NEL pro 1.000 kg Milch) und im Verlauf der Laktation gesenkt (0.1 MJ NEL pro Laktationsmonat), weil besonders im hohen Leistungsbereich nur unter diesen Bedingungen eine Deckung des Energiebedarfs möglich ist. Im Durchschnitt der Laktation geht demnach die Grundfutteraufnahme bei Milchleistungen von 4.000 bis 10.000 kg und NEL_{GF}-Gehalten von 5.5 bis 6.1 MJ von 13.4 auf 13.0 kg T leicht zurück und die erforderlichen Kraftfuttermengen erhöhen sich von 1,1 auf 8.5 kg T pro Tag. Dies ergibt Gesamtfutteraufnahmen von 14.4 bis 21.5 kg T. Die durch Milchleistung gesteigerte Futteraufnahme und die Grundfütterverdrängung durch Kraftfutter gleichen sich nahezu aus, wie auch KIRCHGESSNER & SCHWARZ (1984) festgestellt haben. Im Vergleich zu diesen Laktationsmittelwerten sind die zur Energiebedarfsdeckung erforderlichen Kraftfutteranteile zu Laktationsspitze wesentlich höher (Abbildung 9). Besonders bei 10.000 kg Milch beträgt der Kraftfutteranteil in den ersten 3 Laktationsmonaten etwas über 50 %, ist jedoch somit noch im Bereich der Wiederkäuergerechtigkeit. Dagegen geht der Kraftfutteranteil bei niedrigen Leistungen im letzten Laktationsdrittel gegen Null. Die nicht lineare Abnahme des Kraftfutteranteils im letzten Laktationsdrittel ist auf die Berücksichtigung des Einflusses der Trächtigkeit auf die Futteraufnahme in der vorliegenden Formel und die Miteinberechnung des Energiebedarfs für die Trächtigkeit in diesem Beispiel zurückzuführen. Insgesamt zeigen diese Anwendungsbeispiele, in welchem Ausmaß in der hier vorgestellten Futteraufnahme-Schätzformel Milchleistung, Laktationsstadium und Grundfutterqualität die Futteraufnahme und den erforderlichen Kraftfutteranteil in der Ration steuern.

5. Literatur

ALVA (Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten), 1983: Österreichisches Methodenbuch für die Untersuchung von Futtermitteln, Futterzusatzstoffen und Schadstoffen. Selbstverlag ALVA.

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.

BAUMAN, D.E. und W.B. CURRIE, 1980: Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. J. Dairy Sci. 63, 1514-1529.

BERGMAN, E.N., 1971: Hyperketonemia-ketogenesis and ketone body metabolism. J. Dairy Sci. 54, 936-948.

BIERI, P., 1982: Produktionstechnische und wirtschaftliche Untersuchungen über den Futteraufwand bei Milchkühen während der Laktation. Diss. ETH Zürich Nr. 7140, 190 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.

CONRAD, H.R., A.D. PRATT und J.W. HIBBS, 1964: Regulation of feed intake in dairy cows. 1. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. J. Dairy Sci. 47, 54-62.

COULON, J.B. und B. REMOND, 1991: Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply to the dairy cow: a review. Livest. Prod. Sci. 29, 31-47.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1986: Grundfutteraufnahme und Grundfütterverdrängung bei Milchkühen. DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung, DLG-Information 2/86, 8 S.

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. 7. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 212 S.

DULPHY, J.P., 1980: The intake of conserved forages. Proc. "Forage Conservation in the 80", Conference of EGF, Brighton (UK); BGS, Occasional Symposium No. 11, Hurley 1980, 107-121.

EKERN, A., 1972: Feeding of high yielding dairy cows. III: Roughage intake in high yielding dairy cows when fed grass silage ad libitum. Meld. Norg. Landbrukshogskole 51, No. 32, 30 S.

FAVERDIN, P., J.P. DULPHY, J.B. COULON, R. VERITE, L.P. GAREL, L. ROUEL und B. MARQUIS, 1991: Substitution of roughage by concentrates for dairy cows. Livest. Prod. Sci. 27, 137-156.

FLATT, W.P. und P.W. MOE, 1971: Partition of nutrients between lactation and body weight gain in dairy cattle. In: Lactation, Proc. 17th Easter School in Agric. Sci., University of Nottingham, (ed. I.R. Falconer), London, Butterworths, 341-347.

FORBES, J.M., 1995: Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. CABI, UK, 532 S.

FORBES, J.M., 1996: Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. J. Anim. Sci. 74, 3029-3035.

FOX, D.G., C.J. SNIFFEN, J.D. O'CONNOR, J.B. RUSSEL und P.J. VAN SOEST, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: 3. Cattle requirements and diet adequacy. J. Anim. Sci. 70, 3578-3596.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1991: Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern. J. Anim. Physiol. u. Anim. Nutr. 65, 229-234.

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere;

Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag Frankfurt/Main, 135 S.

GRUBER, L. und R. STEINWENDER, 1986: Einfluss von Futtermitteln auf die Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen im Vergleich zu Mais-silage. Das wirtschaftseig. Futter 32, 233-252.

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, Czechoslovakia, 6-7 June 1990, 155-165.

GRUBER, L., R. STEINWENDER, K. KRIMBERGER und J. SÖLKNER, 1991a: Roughage intake of Simmental, Brown Swiss and Holstein Friesian cows fed rations with 0, 25 and 50 % concentrates. Livest. Prod. Sci. 27, 123-136.

GRUBER, L., R. STEINWENDER und A. SCHAUER, 1991b: Milk yield and nitrogen balance in dairy cows at different protein levels and constant energy supply. 6th Int. Symp. Protein Metabolism and Nutrition, Herning, Denmark, EAAP Publ. 59, 315-317.

GRUBER, L., 1992: Ganzjährige Silagefütterung von Milchkühen. Bericht 19. Tierzuchttagung, BAL Gumpenstein, 12.-13. Mai 1992, 49-60.

GRUBER, L. und R. STEINWENDER, 1992: Nähr- und Mineralstoffversorgung von Milchkühen aus dem Grundfutter. Ergebnisse einer Praxiserhebung in landwirtschaftlichen Betrieben Österreichs. Die Bodenkultur 43, 65-79.

GRUBER, L., R. STEINWENDER, J. HÄUSLER und B. KRAUTZER, 1992: Erzeugung und Verwertung von Rübenmischsilagen im Alpenraum. 2. Mitteilung: Verwertung von Rübenmischsilagen in der Milchviehfütterung. Das wirtschaftseig. Futter 38, 155-178.

GRUBER, L., R. STEINWENDER und W. BAUMGARTNER, 1995: Einfluss von Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau auf Leistung, Stoffwechsel und Wirtschaftlichkeit von Kühen der Rasse Fleckvieh und Holstein Friesian. Bericht 22. Tierzuchttagung, BAL Gumpenstein, 9.-10. Mai 1995, 1-49.

GRUBER, L., R. STÖGERER, A. STEINWIDDER und F. LETTNER, 1997a: Konservierung von Presstrebern sowie deren Einsatz in der Rinderfütterung. 2. Mitteilung: Einsatz von gepressten silierten oder getrockneten Biertrebern in der Milchviehfütterung. Die Bodenkultur 48, 173-188.

GRUBER, L., A. STEINWIDDER, A. SCHAUER, T. GUGGENBERGER und F. ZETTELBAUER, 1997b: Einfluss von Silierzusätzen auf Verdaulichkeit, Futteraufnahme und Milchleistung. 24. Tierzuchttagung, BAL Gumpenstein, 6.-7. Mai, 65-85.

GRUBER, L., A. STEINWIDDER, T. GUGGENBERGER, A. SCHAUER, J. HÄUSLER, R. STEINWENDER und B. STEINER, 2000: Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf Ertrag, Futterwert, Milcherzeugung und Nährstoffausscheidung. Bericht 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, 6.-8. Juni 2000, 41-88.

GRUBER, L. und B. SCHWAIGER, 2000: Forage intake and milk yield of Pinzgauer dairy cows. International Pinzgauer Cattle Breeders Association, Report No. 3, March 2000, 4-5.

- GRUBER, L., R. STEINWENDER, T. GUGGENBERGER, J. HÄUSLER und A. SCHAUER, 2001: Vergleich zwischen biologischer und konventioneller Wirtschaftsweise im Grünlandbetrieb. 2. Mitteilung: Futteraufnahme, Milchleistung, Gesundheit und Fruchtbarkeit. Die Bodenkultur 52, im Druck.
- 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 S.
- 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.
- INGVARTSEN, K.L., N.C. FRIGGENS und P. FAVERDIN, 1999: Food intake regulation in late pregnancy and early lactation. In: Metabolic stress in dairy cows. Occ. Symp. Nr. 24 of BSAS (Eds. Oldham et al.), 37-54.
- INGVARTSEN, K.L. und J.B. ANDERSEN, 2000: Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. J. Dairy Sci. 83, 1573-1597.
- 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.
- JARRIGE, R., C. DEMARQUILLY und J.P. DULPHY, 1974: The voluntary intake of forages. Proc. 5th General Meeting European Grassland Federation, Uppsala, 1973, 98-106.
- JUNG, H.G. und M.S. ALLEN, 1995: Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. J. Anim. Sci. 73, 2774-2790.
- KAUFMANN, W., 1976: Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH-regulation in the rumen and on feed intake in ruminants. Livest. Prod. Sci. 3, 103-114.
- KIRCHGESSNER, M. und F.J. SCHWARZ, 1984: Einflussfaktoren auf die Grundfutteraufnahme bei Milchkühen. Übers. Tierernähr. 12, 187-214.
- KIRCHGESSNER, M., 1997: Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. Verlagsgesellschaft Agrar, 10. Auflage, 582 S.
- KLEINMANS, J. und V. POTTHAST, 1984: Zur "Verdrängung" von Grundfutter durch Kraftfutter in der Milchviehfütterung. Übers. Tierernähr. 12, 165-186.
- KRISTENSEN, V.F., 1995: Forudsigelse af foderoptagelsen hos malkekoer. Intern Rapport Nr. 61. Landbrugs- og Fiskeriministeriet, Statens Husdyrbrugsforsøg, 28 S.
- KORVER, S., 1982: Feed intake and production in dairy breeds dependent on the ration. Diss. Wageningen, 139 S.
- KRONFELD, D.S., 1971: Hypoglycemia in ketotic cows. J. Dairy Sci. 54, 949-961.
- KÜNZI, N., 1969: Beziehungen zwischen Futterverzehr und Milchleistung bei Fleckvieh-, Braunvieh- und Ayrshirekühen. Diss. ETH Zürich Nr. 4342, 122 S.
- LANG, G.U., 1995: Das Futteraufnahmevermögen von Milchkühen. Diss. Universität Hohenheim, Institut für Tierernährung, 145 S.
- LANGHANS, W., 1989: Die Regulation der Futteraufnahme beim Wiederkäuer. Schweiz. Arch. Tierheilkde. 131, 117-126.
- LEBZIEN, P., K. ROHR und H.J. OSLAGE, 1981: Untersuchungen über die Abhängigkeit der Fettsäureproduktion im Pansen von der Rationszusammensetzung. Arch. Tierernähr. 31, 685-696.
- LINDNER, H.P., M. KIRCHGESSNER und F.J. SCHWARZ, 1981: Zur Futteraufnahme von Kühen in Abhängigkeit von der Milchleistung. Züchtungskde. 53, 99-112.
- MENKE, K.H., 1987: Rinderfütterung – Milchvieh (praktische Fütterungshinweise). In: Tierernährung und Futtermittelkunde, K.H. Menke und W. Huss, UTB Ulmer, S. 128.
- MERTENS, D.R., 1994: Regulation of forage intake. In: Forage quality, evaluation, and utilization. National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization (Eds. G.C. Fahey et al.), 450-493.
- MÜNGER, A., 1994: Effizienzvergleiche bei unterschiedlichen Milchviehtypen. Agrarforschung 1, 389-392.
- NRC (National Research Council), 1987: Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals. 5. Dairy cattle. National Academy Press, 48-55.
- OLDENBROEK, J.K., 1979: Differences in the intake of roughage between cows of three breeds fed two levels of concentrates according to milk. Livest. Prod. Sci. 6, 147-151.
- ORSKOV, E.R., 1986: Starch digestion and utilization in ruminants. J. Anim. Sci. 63, 1624-1633.
- PIATKOWSKI, B., H. GÜRTLER und J. VOIGT, 1990: Grundzüge der Wiederkäuer-Ernährung. 5. Kapitel: Futteraufnahme beim Wiederkäuer, Gustav Fischer Verlag Jena, 133-155.
- RAP (Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere), 1999: In: Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer, 7. Fütterungsempfehlungen für die Milchkuh - Schätzung des Futtermittelverzehrs, 83-112.
- ROOK, A.J., M. GILL, R.D. WILLINK und S.J. LISTER, 1991: Prediction of voluntary intake of grass silages by lactating cows offered concentrates at a flat rate. Anim. Prod. 52, 407-420.
- ROSELER, D.K., D.G. FOX, L.A. CHASE, A.N. PELL und W.C. STONE, 1997: Development and evaluation of equations for prediction of feed intake for lactating Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 80, 878-893.
- RUSSEL, J.B., J.D. O'CONNOR, D.G. FOX, P.J. VAN SOEST und C.J. SNIFFEN, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: 1. Ruminant fermentation. J. Anim. Sci. 70, 3551-3561.
- SCHEUNERT, A. und A. TRAUTMANN, 1987: Lehrbuch der Veterinär-Physiologie (Hrg. G. Wittke), Paul Parey, Berlin und Hamburg, 7. Aufl., 721 S.
- SCHWARZ, F.J. und M. KIRCHGESSNER, 1985: Grundfutteraufnahme von Milchkühen in Abhängigkeit von Lebendgewicht, Zahl der Laktationen, Kraftfutterzufuhr und Grundfutterqualität. Züchtungskde. 57, 267-277.
- SCHWARZ, F.J., 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 "Verdaulichkeitsphysiologie 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 – Einflusfaktoren und Abschätzung. In: Arbeiten der DLG/Band 196, "Fütterung der 10.000-Liter-Kuh". Herausgeber: Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, DLG-Verlag, 171-191.
- STATGRAPHICS® PLUS FOR WINDOWS®, 1996: Manugistics® Working as one. User Manual and Advanced Regression.
- STEINWENDER, R., L. GRUBER, K. BUCHGRABER und J. HÄUSLER, 1992: Futterwert von Silagen aus Rundballen und Flachsilos verschiedenen Anwelkgrades bei Milchkühen. Die Bodenkultur 43, 265-274.
- STEINWIDDER, A., F. HISSEK, L. GRUBER und F. LETTNER, 1997: Einfluss der Rationsgestaltung und des Schnittzeitpunktes auf die Grünfuturaufnahme und Nährstoffversorgung von Milchkühen. Das wirtschaftseig. Futter 43, 181-204.
- STEINWIDDER, A., P. SCHWEIGER, L. GRUBER, F. LETTNER und W. SCHMID, 1998: Einfluss des Fütterungszeitpunktes sowie der Protein- und Energieversorgung auf den Milchnährstoffgehalt. Agribiol. Res. 51, 341-355.
- STEINWIDDER, A., E. ZEILER, M. EHM-BLACH, L. GRUBER und F. LETTNER, 2001: Einfluss von Weide- oder Stallhaltung auf die Grünfuturaufnahme von Milchkühen. Züchtungskde. 73, im Druck.
- SWAN, H., 1979: Physiology of lactation and reproduction. In: Feeding strategy for the high yielding dairy cow (eds. W.H. Broster & H. Swan). EAAP Publ. No. 25, Granada Publishing, 49-67.
- VAN HOUTERT, M.F.J., 1993: The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages: A review. Anim. Feed Sci. Technol. 43, 189-225.
- VAN SOEST, 1994: Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, 2. Auflage, 476 S.
- VADIVELLOO, J. und W. HOLMES, 1979: The prediction of the voluntary feed intake of dairy cows. Agric. Sci. (Camb.) 93, 553-562.
- VERNON, R.G., 1988: The partition of nutrients during the lactation cycle. In: Nutrition and lactation in the dairy cow (ed. P.C. Gamsworthy), Proc. 46th University of Nottingham Easter School in Agricultural Science, Butterworths, 32-52.
- WANGSNES, P.J. und L.D. MULLER, 1981: Maximum forage for dairy cows. J. Dairy Sci. 64, 1-13.
- WEISSBACH, F. und S. KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übers. Tierern. 23, 189-214.
- WILKINS, R.J. und E. ZIMMER, 1984: Efficiency of silage systems: a comparison between unwilted and wilted silages. Landbauforschung Völkerrode, Sonderheft 69, 88 S.
- WRIGHT, D.A., F.J. GORDON, R.W.J. STEEN und D.C. PATTERSON, 2000: Factors influencing the response in intake of silage and animal performance after wilting of grass before ensiling: a review. Grass and Forage Sci. 55, 1-13.
- ZAUGG, U., 1976: Vergleichsversuch mit Braunvieh, Simmentaler Fleckvieh und Holstein Friesian amerikanischer Herkunft. Diss. ETH Nr. 5671, Zürich, 121 S.

Anhang

Tabelle A17: Beschreibung der einzelnen Versuche

| Versuch Nr. | Gruppe | Anzahl Tiere | Parameter | | | | | | | | | | Eri: | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|--------------|-------------|-------------|-----------|-------------|---------------|---------------|------------|--------------|--------------|----------------|------------------|-------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|
| | | | GF-Aufnahme | KF-Aufnahme | KF-Anteil | Lebendmasse | Δ Lebendmasse | Milchleistung | Fettgehalt | Eiweißgehalt | Lakt.stadium | Laktationszahl | Trächtigkeitstag | NEL-Deckung | XF _{GF} | XF _{GES} | NDF _{GF} | NEL _{GF} | NEL _{KF} | XF _{GF} | XF _{GES} | NDF _{GF} | NEL _{GF} | NDF _{GES} | NEL _{GES} | RNB _{GES} | |
| | | n | kg T/d | kg T/d | % GES | kg | g/d | kg/d | % | % | Tag | n | d | MJ/d | g/kg T | g/kg T | MJ/kg T | MJ/kg T | g/kg T | g/kg T | g/kg T | g/kg T | MJ/kg T | MJ/kg T | g/kg T | MJ/kg T | g/kg T |
| 1 | 1 | 11 | 10,7 | 7,1 | 39,1 | 607 | 213 | 26,6 | 4,32 | 2,95 | 68 | 2,5 | 10 | -8,5 | 120 | 291 | 545 | 5,28 | 7,87 | 142 | 205 | 399 | 6,30 | -0,4 | 3 kξ | | |
| | 2 | 11 | 8,9 | 9,2 | 50,5 | 604 | 233 | 25,6 | 4,38 | 2,97 | 83 | 1,9 | 1 | -3,9 | 136 | 305 | 556 | 4,93 | 7,79 | 142 | 189 | 360 | 6,38 | -0,3 | 3 kξ | | |
| | \bar{x} | 22 | 9,8 | 8,2 | 44,8 | 606 | 223 | 26,1 | 4,35 | 2,96 | 76 | 2,2 | 6 | -6,2 | 128 | 298 | 551 | 5,11 | 7,83 | 142 | 197 | 380 | 6,34 | -0,4 | KF | | |
| | ±s | | 1,3 | 2,3 | 8,4 | 61 | 293 | 6,0 | 0,39 | 0,15 | 38 | 1,2 | 17 | 1,2 | 8 | 7 | 7 | 0,18 | 0,05 | 5 | 16 | 30 | 0,16 | 0,2 | 3 kξ | | |
| | min | | | 7,2 | 3,9 | 25,6 | 509 | -661 | 16,8 | 3,48 | 2,75 | 25 | 1,0 | 0 | -17,7 | 117 | 289 | 541 | 4,91 | 7,75 | 134 | 177 | 341 | 5,96 | -0,8 | HF, | |
| | max | | | 12,2 | 12,8 | 56,8 | 723 | 714 | 35,3 | 5,20 | 3,44 | 185 | 5,0 | 70 | 3,3 | 137 | 310 | 566 | 5,34 | 7,87 | 149 | 234 | 448 | 6,55 | -0,1 | „Mi | |
| 2 | 1 | 8 | 10,1 | 6,2 | 37,6 | 563 | -124 | 24,8 | 4,28 | 3,16 | 84 | 1,8 | 31 | -11,7 | 102 | 311 | 511 | 5,32 | 7,85 | 133 | 220 | 384 | 6,27 | -0,8 | 4 kξ | | |
| | 2 | 8 | 6,8 | 9,8 | 58,4 | 567 | -406 | 25,7 | 4,54 | 3,25 | 59 | 1,6 | 24 | -9,4 | 116 | 309 | 497 | 5,20 | 7,65 | 133 | 170 | 304 | 6,64 | -1,5 | 4 kξ | | |
| | 3 | 8 | 7,3 | 9,5 | 56,9 | 575 | -287 | 24,7 | 4,34 | 3,27 | 89 | 1,6 | 25 | -5,0 | 117 | 308 | 493 | 5,20 | 7,71 | 126 | 172 | 307 | 6,63 | -2,2 | 4 kξ | | |
| | \bar{x} | 24 | 8,1 | 8,5 | 51,0 | 568 | -272 | 25,1 | 4,39 | 3,23 | 78 | 1,7 | 26 | -8,7 | 112 | 309 | 501 | 5,24 | 7,74 | 131 | 188 | 332 | 6,51 | -1,5 | KF | | |
| | ±s | | | 1,8 | 2,3 | 11,3 | 55 | 654 | 5,5 | 0,45 | 0,29 | 53 | 0,8 | 5 | 7,5 | 8 | 2 | 10 | 0,18 | 0,09 | 6 | 27 | 42 | 0,24 | 0,8 | 3,5 | |
| | min | | | 4,9 | 3,1 | 24,2 | 501 | -1820 | 13,2 | 3,31 | 2,81 | 2 | 1,0 | 0 | -24,3 | 98 | 302 | 479 | 5,00 | 7,57 | 118 | 149 | 276 | 5,84 | -3,0 | HF, | |
| max | | | 11,3 | 14,5 | 67,0 | 685 | 571 | 41,1 | 5,13 | 3,70 | 251 | 4,0 | 88 | 2,8 | 122 | 313 | 517 | 5,45 | 7,85 | 144 | 254 | 434 | 6,95 | -0,4 | „Mi | | |
| 3 | 1 | 12 | 12,6 | 1,3 | 8,3 | 579 | 563 | 15,1 | 4,34 | 3,08 | 180 | 3,7 | 50 | 4,1 | 103 | 259 | 496 | 6,24 | 7,91 | 109 | 243 | 471 | 6,38 | -4,2 | 50 ^c | | |
| | 2 | 12 | 9,7 | 4,6 | 31,6 | 575 | 68 | 15,1 | 4,31 | 3,16 | 180 | 3,7 | 51 | 11,2 | 111 | 269 | 508 | 6,14 | 7,81 | 100 | 203 | 401 | 6,67 | -5,7 | 25% | | |
| | \bar{x} | 24 | 11,2 | 2,9 | 20,0 | 577 | 316 | 15,1 | 4,33 | 3,12 | 180 | 3,7 | 50 | 7,7 | 107 | 264 | 502 | 6,19 | 7,85 | 104 | 223 | 436 | 6,53 | -5,0 | KF | | |
| | ±s | | 2,1 | 2,2 | 13,6 | 34 | 911 | 3,8 | 0,38 | 0,28 | 65 | 1,1 | 47 | 8,6 | 4 | 5 | 6 | 0,05 | 0,01 | 7 | 24 | 41 | 0,19 | 0,2 | 25 ^c | | |
| | min | | 6,0 | 0,0 | 0,0 | 508 | -1115 | 10,4 | 3,70 | 2,71 | 67 | 2,0 | 0 | -12,6 | 101 | 257 | 493 | 6,12 | 7,78 | 93 | 181 | 368 | 6,23 | -6,3 | FV, | | |
| | max | | 15,3 | 8,0 | 42,9 | 622 | 2061 | 24,0 | 5,02 | 3,64 | 332 | 6,0 | 120 | 19,8 | 113 | 271 | 510 | 6,26 | 7,91 | 119 | 261 | 497 | 6,87 | -3,5 | „Mi | | |

Tabelle A1: Beschreibung der einzelnen Versuche (Fortsetzung)

| Versuch Nr. | Gruppe | Anzahl Tiere | GF-Aufnahme | KF-Aufnahme | KF-Anteil | Lebendmasse | Δ Lebendmasse | Milchleistung | Fettgehalt | Eiweißgehalt | Lakt.stadium | Laktationszahl | Trächtigkeitstag | NEL-Deckung | XP _{GF} | XF _{GF} | NDF _{GF} | NEL _{GF} | NEL _{KF} | XP _{GES} | XF _{GES} | NDF _{GES} | NEL _{GES} | RNB _{GES} | Er | |
|-------------|-----------|--------------|-------------|-------------|-----------|-------------|---------------|---------------|------------|--------------|--------------|----------------|------------------|-------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 1 | 16 | 13,8 | 1,7 | 11,3 | 638 | 341 | 19,0 | 4,69 | 3,24 | 152 | 3,5 | 56 | -10,1 | 110 | 243 | 471 | 5,76 | 7,29 | 124 | 235 | 453 | 5,94 | -1,4 | 01 | |
| | 2 | 16 | 12,8 | 3,7 | 22,6 | 639 | 458 | 19,4 | 4,68 | 3,32 | 152 | 3,5 | 54 | -1,9 | 109 | 243 | 471 | 5,76 | 7,64 | 125 | 215 | 413 | 6,19 | -1,7 | 21 | |
| | 3 | 16 | 11,7 | 5,5 | 32,4 | 638 | 613 | 19,8 | 4,80 | 3,37 | 152 | 3,5 | 59 | 3,7 | 109 | 242 | 471 | 5,77 | 7,74 | 127 | 197 | 379 | 6,41 | -2,0 | 41 | |
| | 4 | 16 | 10,7 | 7,2 | 40,6 | 636 | 256 | 20,0 | 4,80 | 3,42 | 152 | 3,5 | 59 | 10,8 | 109 | 243 | 473 | 5,75 | 7,79 | 130 | 183 | 350 | 6,59 | -2,0 | 61 | |
| | \bar{x} | 64 | 12,3 | 4,6 | 26,7 | 638 | 417 | 19,6 | 4,74 | 3,34 | 152 | 3,5 | 57 | 0,6 | 109 | 242 | 472 | 5,76 | 7,61 | 126 | 207 | 399 | 6,28 | -1,8 | je | |
| | $\pm s$ | | 2,1 | 2,1 | 11,6 | 55 | 723 | 4,3 | 0,33 | 0,33 | 46 | 2,5 | 55 | 13,4 | 16 | 17 | 31 | 0,41 | 0,21 | 12 | 23 | 45 | 0,38 | 1,1 | 20 | |
| | min | | 6,9 | 1,7 | 9,2 | 557 | -1427 | 10,4 | 4,02 | 2,73 | 66 | 1,0 | 0 | -23,1 | 86 | 222 | 435 | 5,14 | 7,27 | 105 | 160 | 303 | 5,40 | -4,0 | FV | |
| | max | | 17,0 | 7,9 | 52,6 | 789 | 2340 | 27,8 | 5,71 | 4,10 | 271 | 9,0 | 181 | 38,5 | 134 | 282 | 514 | 6,31 | 7,96 | 149 | 264 | 489 | 6,95 | 0,4 | „C | |
| 5 | 1 | 15 | 15,0 | 2,6 | 14,9 | 683 | -256 | 21,1 | 4,01 | 3,29 | 141 | 3,2 | 31 | 3,0 | 113 | 253 | 480 | 5,86 | 8,10 | 122 | 226 | 446 | 6,19 | -1,9 | M | |
| | \bar{x} | 15 | 15,0 | 2,6 | 14,9 | 683 | -256 | 21,1 | 4,01 | 3,29 | 141 | 3,2 | 31 | 3,0 | 113 | 253 | 480 | 5,86 | 8,10 | 122 | 226 | 446 | 6,19 | -1,9 | (7) | |
| | $\pm s$ | | 1,8 | 0,00 | 1,8 | 31 | 1497 | 5,6 | 0,67 | 0,37 | 85 | 0,9 | 50 | 12,7 | 4 | 5 | 5 | 0,09 | 0,03 | 4 | 5 | 7 | 0,10 | 0,3 | 24 | |
| | min | | 10,4 | 2,6 | 12,9 | 617 | -3250 | 13,0 | 3,16 | 2,73 | 42 | 2,0 | 0 | -23,0 | 107 | 248 | 472 | 5,73 | 8,07 | 117 | 218 | 430 | 6,05 | -2,3 | 31 | |
| | max | | 17,6 | 2,6 | 19,9 | 744 | 2333 | 32,5 | 5,36 | 3,92 | 338 | 4,0 | 158 | 18,7 | 119 | 260 | 488 | 5,95 | 8,13 | 129 | 234 | 454 | 6,29 | -1,3 | FV | |
| 6 | 1 | 54 | 13,0 | 0,0 | 0,0 | 592 | -352 | 13,9 | 4,30 | 3,03 | 184 | 2,1 | 40 | -9,1 | 117 | 289 | 544 | 5,46 | - | 117 | 289 | 544 | 5,46 | -0,8 | 09 | |
| | 2 | 54 | 11,7 | 3,9 | 25,1 | 590 | 735 | 16,6 | 4,15 | 3,17 | 183 | 2,1 | 40 | 4,8 | 117 | 288 | 543 | 5,46 | 7,44 | 134 | 227 | 450 | 5,96 | -0,3 | 25 | |
| | 3 | 54 | 9,4 | 9,2 | 49,4 | 601 | 543 | 19,5 | 4,10 | 3,38 | 184 | 2,1 | 41 | 20,7 | 117 | 288 | 544 | 5,46 | 7,44 | 151 | 168 | 360 | 6,44 | 0,0 | 50 | |
| | \bar{x} | 162 | 11,4 | 4,4 | 24,8 | 594 | 309 | 16,7 | 4,18 | 3,19 | 184 | 2,1 | 40 | 5,4 | 117 | 288 | 544 | 5,46 | 7,44 | 134 | 228 | 451 | 5,95 | -0,4 | je | |
| | $\pm s$ | | 2,0 | 3,8 | 1,6 | 65 | 894 | 5,6 | 0,50 | 0,40 | 77 | 0,9 | 5 | 15,8 | 4 | 9 | 11 | 0,13 | 0,01 | 14 | 50 | 76 | 0,42 | 0,6 | FV | |
| | min | | 6,3 | 0,0 | 0,0 | 446 | -1964 | 3,6 | 3,31 | 2,39 | 33 | 1,0 | 0 | -29,3 | 110 | 269 | 520 | 5,28 | 7,44 | 111 | 156 | 344 | 5,28 | -2,0 | „F | |
| max | | 16,3 | 11,5 | 52,8 | 808 | 2167 | 34,7 | 5,65 | 5,14 | 353 | 4,0 | 223 | 50,8 | 128 | 302 | 560 | 5,65 | 7,44 | 156 | 301 | 560 | 6,58 | 0,9 | be | | |
| 7 | 1 | 24 | 12,1 | 2,5 | 15,8 | 572 | 1224 | 15,6 | 4,35 | 3,02 | 116 | 2,3 | 26 | 0,7 | 102 | 273 | 515 | 5,52 | 7,97 | 114 | 240 | 466 | 5,91 | -2,3 | Fl | |
| | 2 | 23 | 12,2 | 1,9 | 12,6 | 579 | 218 | 15,0 | 4,39 | 3,01 | 119 | 2,3 | 24 | -0,2 | 99 | 271 | 510 | 5,61 | 8,00 | 108 | 244 | 471 | 5,91 | -3,0 | Ba | |
| | 3 | 24 | 12,2 | 2,5 | 16,3 | 572 | 1538 | 15,8 | 4,37 | 3,01 | 116 | 2,3 | 22 | 1,9 | 100 | 274 | 516 | 5,61 | 7,97 | 112 | 240 | 465 | 6,00 | -2,7 | Ba | |
| | \bar{x} | 71 | 12,2 | 2,3 | 14,9 | 574 | 1004 | 15,5 | 4,37 | 3,01 | 117 | 2,3 | 24 | 0,8 | 101 | 273 | 514 | 5,58 | 7,98 | 111 | 241 | 467 | 5,94 | -2,7 | 60 | |
| | $\pm s$ | | 1,9 | 1,8 | 11,4 | 65 | 1923 | 4,0 | 0,57 | 0,13 | 52 | 1,8 | 34 | 6,3 | 7 | 13 | 19 | 0,13 | 0,07 | 9 | 26 | 38 | 0,28 | 0,8 | FV | |
| | min | | 7,6 | 0,0 | 0,0 | 441 | -2249 | 7,5 | 3,50 | 2,69 | 45 | 1,0 | 0 | -13,9 | 79 | 232 | 455 | 5,13 | 7,86 | 89 | 184 | 384 | 5,35 | -5,0 | 25 | |
| max | | 17,3 | 5,8 | 40,3 | 690 | 6390 | 24,1 | 5,63 | 3,33 | 280 | 7,0 | 113 | 17,1 | 114 | 297 | 546 | 5,83 | 8,24 | 130 | 292 | 543 | 6,57 | -1,0 | „V | | |

Tabelle A1: Beschreibung der einzelnen Versuche (Fortsetzung)

| Versuch Nr. | Gruppe | Anzahl Tiere | Beschreibung der einzelnen Versuche | | | | | | | | | | | Ergebnisse | | | | | | | | | | Erläuterung | | |
|-------------|-----------|--------------|-------------------------------------|-------------|-----------|-------------|----------------------|---------------|------------|--------------|--------------|----------------|----------------|-------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------|--------|--------------------|
| | | | GF-Aufnahme | KF-Aufnahme | KF-Anteil | Lebendmasse | Δ Lebendmasse | Milchleistung | Fettgehalt | Eiweißgehalt | Lakt.stadium | Laktationszahl | Trächtigkeitst | NEL-Deckung | XP _{GF} | XF _{GF} | NDF _{GF} | NEL _{GF} | NEL _{KF} | XP _{GES} | XF _{GES} | NDF _{GES} | NEL _{GES} | | | RNB _{GES} |
| 16 | 1 | 6 | 14,0 | 0,0 | 0,0 | 644 | 714 | 12,3 | 4,66 | 3,47 | 232 | 4,0 | 91 | -3,1 | 169 | 267 | 520 | 5,58 | - | 169 | 267 | 520 | 5,58 | 5,6 | Belüft | |
| | 2 | 6 | 15,8 | 0,0 | 0,0 | 645 | 714 | 13,7 | 4,77 | 3,57 | 232 | 4,0 | 93 | 3,2 | 166 | 255 | 444 | 5,71 | - | 166 | 255 | 444 | 5,71 | 5,1 | Belüft | |
| | 3 | 6 | 11,4 | 0,0 | 0,0 | 636 | 714 | 10,9 | 4,64 | 3,42 | 232 | 4,0 | 89 | -24,1 | 97 | 317 | 629 | 4,52 | - | 97 | 317 | 629 | 4,52 | -1,3 | Belüft | |
| | \bar{x} | 18 | 13,7 | 0,0 | 0,0 | 642 | 714 | 12,3 | 4,69 | 3,48 | 232 | 4,0 | 91 | -8,0 | 144 | 280 | 531 | 5,27 | - | 144 | 280 | 531 | 5,27 | 3,1 | 0 % K | |
| | $\pm s$ | | 2,2 | 0,0 | 0,0 | 36 | 523 | 2,5 | 0,40 | 0,29 | 40 | 2,9 | 74 | 15,7 | 35 | 29 | 78 | 0,55 | - | 35 | 29 | 78 | 0,55 | 3,4 | FV, B | |
| | min | | 10,6 | 0,0 | 0,0 | 560 | -286 | 9,4 | 3,96 | 2,84 | 179 | 1,0 | 0 | -33,7 | 91 | 247 | 444 | 4,51 | - | 91 | 247 | 444 | 4,51 | -2,2 | „GF-A | |
| | max | | 17,3 | 0,0 | 0,0 | 699 | 1286 | 19,6 | 5,42 | 3,92 | 306 | 8,0 | 196 | 21,8 | 182 | 326 | 629 | 5,75 | - | 182 | 326 | 629 | 5,75 | 7,4 | | |
| 17 | 1 | 10 | 15,7 | 0,0 | 0,0 | 598 | -569 | 17,7 | 4,14 | 2,91 | 105 | 2,6 | 23 | -8,3 | 138 | 264 | 516 | 5,30 | - | 138 | 138 | 516 | 5,30 | 2,4 | Belüft | |
| | \bar{x} | 10 | 15,7 | 0,0 | 0,0 | 598 | -569 | 17,7 | 4,14 | 2,91 | 105 | 2,6 | 23 | -8,3 | 138 | 264 | 516 | 5,30 | - | 138 | 138 | 516 | 5,30 | 2,4 | 0 % K | |
| | $\pm s$ | | 2,1 | 0,0 | 0,0 | 32 | 884 | 2,8 | 0,37 | 0,19 | 53 | 1,2 | 30 | 12,9 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | - | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,0 | BS, H | |
| | min | | 10,9 | 0,0 | 0,0 | 559 | -1538 | 13,7 | 3,74 | 2,62 | 8 | 1,0 | 0 | -37,6 | 138 | 264 | 516 | 5,30 | - | 138 | 138 | 516 | 5,30 | 2,4 | HBLA | |
| | max | | 18,1 | 0,0 | 0,0 | 648 | 1577 | 22,4 | 5,06 | 3,18 | 162 | 4,0 | 66 | 3,0 | 138 | 264 | 516 | 5,30 | - | 138 | 138 | 516 | 5,30 | 2,4 | „GF-A | |
| 18 | 1 | 15 | 13,1 | 2,5 | 14,2 | 691 | -176 | 17,1 | 4,51 | 3,37 | 189 | 3,9 | 13 | 1,9 | 149 | 264 | 454 | 6,05 | 8,12 | 146 | 233 | 417 | 6,34 | 1,2 | ohne | |
| | 2 | 15 | 14,8 | 2,5 | 14,3 | 705 | 90 | 17,8 | 4,52 | 3,39 | 200 | 4,6 | 18 | 7,4 | 148 | 260 | 455 | 5,94 | 8,12 | 145 | 230 | 418 | 6,24 | 1,4 | Zucke | |
| | 3 | 15 | 14,6 | 2,3 | 12,9 | 699 | -286 | 17,8 | 4,30 | 3,46 | 189 | 3,9 | 20 | 3,3 | 150 | 253 | 442 | 5,72 | 8,12 | 147 | 227 | 411 | 6,03 | 2,1 | Kofasi | |
| | 4 | 15 | 14,3 | 1,8 | 10,4 | 684 | 286 | 15,9 | 4,37 | 3,53 | 219 | 3,7 | 22 | 5,2 | 146 | 253 | 430 | 5,83 | 8,12 | 144 | 232 | 407 | 6,06 | 1,8 | Amasi | |
| | 5 | 14 | 14,1 | 3,2 | 16,5 | 689 | -199 | 19,0 | 4,32 | 3,28 | 150 | 3,7 | 29 | 5,2 | 150 | 257 | 444 | 5,80 | 8,12 | 145 | 222 | 403 | 6,18 | 1,6 | Sila-B | |
| | \bar{x} | 74 | 14,2 | 2,5 | 13,6 | 694 | -55 | 17,5 | 4,40 | 3,41 | 190 | 4,0 | 20 | 4,6 | 149 | 257 | 445 | 5,87 | 8,12 | 145 | 229 | 411 | 6,17 | 1,6 | KF n. | |
| | $\pm s$ | | 1,7 | 2,1 | 10,5 | 59 | 922 | 5,6 | 0,58 | 0,34 | 100 | 2,0 | 42 | 8,1 | 6 | 15 | 26 | 0,31 | 0,02 | 5 | 26 | 37 | 0,39 | 1,3 | Fleckv | |
| min | | 10,1 | 0,0 | 0,0 | 568 | -2286 | 8,6 | 3,26 | 2,57 | 33 | 1,0 | 0 | -20,0 | 138 | 231 | 394 | 5,23 | 8,09 | 135 | 174 | 327 | 5,23 | -1,6 | 3 Anw | | |
| max | | 18,3 | 8,2 | 39,6 | 766 | 2143 | 33,8 | 5,97 | 3,99 | 387 | 7,0 | 196 | 27,9 | 167 | 315 | 494 | 6,45 | 8,13 | 159 | 283 | 486 | 6,86 | 4,2 | „Wirk | | |
| 19 | 1 | 32 | 11,9 | 1,2 | 8,5 | 569 | 191 | 16,5 | 4,48 | 3,05 | 110 | 2,1 | 33 | -21,3 | 160 | 259 | 475 | 4,97 | 7,40 | 158 | 244 | 458 | 5,17 | 5,9 | 100 % | |
| | 2 | 32 | 12,3 | 1,3 | 8,8 | 571 | -292 | 16,5 | 4,52 | 3,09 | 110 | 2,1 | 30 | -19,8 | 153 | 273 | 499 | 4,95 | 7,40 | 152 | 256 | 480 | 5,16 | 4,9 | 86 % C | |
| | 3 | 32 | 12,8 | 1,3 | 8,7 | 573 | 379 | 17,2 | 4,41 | 3,08 | 110 | 2,1 | 35 | -15,4 | 145 | 258 | 479 | 5,18 | 7,40 | 144 | 243 | 461 | 5,38 | 3,4 | 80 % C | |
| | 4 | 32 | 13,2 | 1,3 | 8,8 | 575 | 407 | 17,1 | 4,38 | 3,10 | 110 | 2,1 | 28 | -12,7 | 140 | 268 | 497 | 5,17 | 7,40 | 140 | 252 | 478 | 5,37 | 2,8 | 70% C | |
| | \bar{x} | 128 | 12,5 | 1,3 | 8,7 | 572 | 171 | 16,8 | 4,45 | 3,08 | 110 | 2,1 | 31 | -17,3 | 150 | 265 | 487 | 5,07 | 7,40 | 149 | 249 | 469 | 5,27 | 4,3 | 0 % K | |
| | $\pm s$ | | 1,9 | 1,3 | 8,8 | 77 | 1317 | 3,8 | 0,63 | 0,35 | 53 | 1,3 | 49 | 12,9 | 27 | 35 | 50 | 0,32 | 0,01 | 25 | 36 | 49 | 0,36 | 3,5 | FV, B | |
| | min | | 6,9 | 0,0 | 0,0 | 396 | -4143 | 4,7 | 3,31 | 2,48 | 12 | 1,0 | 0 | -56,1 | 113 | 198 | 383 | 4,48 | 7,38 | 114 | 180 | 367 | 4,48 | -0,9 | „Grun | |
| max | | 17,3 | 3,3 | 21,2 | 755 | 4273 | 26,2 | 6,40 | 4,75 | 243 | 5,0 | 188 | 15,4 | 220 | 331 | 585 | 5,67 | 7,41 | 220 | 331 | 585 | 5,96 | 14,3 | Zusar | | |

Tabelle A1: Beschreibung der einzelnen Versuche (Fortsetzung)

| Versuch Nr. | Gruppe | Anzahl Tiere | GF-Aufnahme | KF-Aufnahme | KF-Anteil | Lebendmasse | Δ Lebendmasse | Milchleistung | Fettgehalt | Eiweißgehalt | Lakt.stadium | Laktationszahl | Trächtigkeitstag | NE _L -Deckung | XP _{GF} | XF _{GF} | NDF _{GF} | NE _{LGF} | NE _{LKF} | XP _{GES} | XF _{GES} | NDF _{GES} | NE _{LGES} | RN _{BGES} | Erlä | | |
|-------------|-----------|--------------|-------------|-------------|-----------|-------------|---------------|---------------|------------|--------------|--------------|----------------|------------------|--------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|---|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 1 | 16 | 16,6 | 1,4 | 7,6 | 644 | 371 | 20,5 | 4,42 | 3,24 | 123 | 2,9 | 48 | -2,2 | 151 | 230 | 434 | 5,58 | 8,22 | 164 | 220 | 419 | 5,78 | 5,1 | 140 | 6 | |
| | 2 | 16 | 14,6 | 4,0 | 20,4 | 647 | 362 | 21,7 | 4,38 | 3,30 | 123 | 2,9 | 50 | 2,4 | 151 | 231 | 435 | 5,58 | 7,72 | 164 | 201 | 398 | 6,03 | 4,2 | 140 | 6 | |
| | 3 | 16 | 12,7 | 1,3 | 8,7 | 626 | -876 | 16,3 | 4,28 | 3,20 | 123 | 2,9 | 50 | -7,1 | 84 | 266 | 527 | 5,82 | 7,35 | 88 | 250 | 505 | 5,96 | -5,9 | 80 | 6 | |
| | 4 | 16 | 12,5 | 3,1 | 18,4 | 631 | -138 | 16,9 | 4,40 | 3,29 | 123 | 2,9 | 50 | 2,3 | 84 | 265 | 526 | 5,83 | 7,46 | 97 | 232 | 480 | 6,13 | -5,3 | 80 | 6 | |
| | \bar{x} | 64 | 14,1 | 2,4 | 13,7 | 637 | -70 | 18,9 | 4,37 | 3,25 | 123 | 2,9 | 50 | -1,1 | 118 | 248 | 480 | 5,71 | 7,69 | 129 | 226 | 451 | 5,98 | -0,5 | Grün | | |
| | $\pm s$ | | 2,3 | 2,0 | 9,8 | 77 | 860 | 6,1 | 0,40 | 0,25 | 57 | 1,4 | 56 | 10,1 | 35 | 24 | 50 | 0,34 | 0,34 | 38 | 24 | 48 | 0,34 | 5,3 | FV, 1 | | |
| | min | | 10,1 | 0,0 | 0,0 | 504 | -2049 | 8,6 | 3,25 | 2,81 | 12 | 1,0 | 0 | -25,9 | 74 | 204 | 394 | 5,17 | 7,32 | 75 | 173 | 362 | 5,17 | -7,5 | „Ene | | |
| max | | 19,3 | 7,4 | 35,7 | 808 | 1593 | 30,1 | 5,31 | 3,96 | 256 | 5,0 | 209 | 24,9 | 170 | 281 | 543 | 6,29 | 8,35 | 194 | 276 | 531 | 6,66 | 7,8 | sorgu | | | |
| 21 | 1 | 16 | 14,1 | 5,8 | 29,0 | 657 | 484 | 24,7 | 4,53 | 3,24 | 104 | 4,3 | 2 | 4,8 | 157 | 237 | 498 | 5,92 | 7,35 | 149 | 191 | 428 | 6,34 | 1,4 | 60 | 6 | |
| | \bar{x} | 16 | 14,1 | 5,8 | 29,0 | 657 | 484 | 24,7 | 4,53 | 3,24 | 104 | 4,3 | 2 | 4,8 | 157 | 237 | 498 | 5,92 | 7,35 | 149 | 191 | 428 | 6,34 | 1,4 | 20 | 6 | |
| | $\pm s$ | | 2,0 | 1,7 | 8,1 | 42 | 671 | 3,9 | 0,46 | 0,23 | 35 | 1,2 | 7 | 14,9 | 13 | 7 | 20 | 0,26 | 0,01 | 10 | 13 | 22 | 0,19 | 1,2 | KF n | | |
| | min | | 12,1 | 2,5 | 11,7 | 595 | -317 | 17,8 | 3,89 | 2,86 | 23 | 2,0 | 0 | -13,2 | 134 | 227 | 467 | 5,62 | 7,34 | 133 | 169 | 378 | 5,99 | -0,7 | FV, 1 | | |
| max | | 18,6 | 8,7 | 41,6 | 731 | 1956 | 31,2 | 5,50 | 3,60 | 158 | 6,0 | 26 | 35,3 | 172 | 248 | 525 | 6,26 | 7,37 | 163 | 217 | 476 | 6,58 | 3,5 | „Ver | | | |
| 22 | 1 | 9 | 14,2 | 4,2 | 21,7 | 564 | 547 | 21,0 | 4,17 | 3,29 | 122 | 2,0 | 33 | 10,9 | 165 | 257 | 496 | 5,75 | 7,63 | 159 | 218 | 445 | 6,15 | 3,0 | 50 | 6 | |
| | \bar{x} | 9 | 14,2 | 4,2 | 21,7 | 564 | 547 | 21,0 | 4,17 | 3,29 | 122 | 2,0 | 33 | 10,9 | 165 | 257 | 496 | 5,75 | 7,63 | 159 | 218 | 445 | 6,15 | 3,0 | 25 | 6 | |
| | $\pm s$ | | 1,2 | 2,0 | 9,0 | 71 | 327 | 4,3 | 0,33 | 0,16 | 55 | 0,9 | 37 | 6,6 | 7 | 12 | 13 | 0,06 | 0,04 | 7 | 17 | 20 | 0,16 | 1,2 | KF n | | |
| | min | | 12,4 | 0,5 | 3,9 | 454 | 60 | 12,9 | 3,75 | 3,04 | 51 | 1,0 | 0 | 1,7 | 155 | 241 | 478 | 5,67 | 7,60 | 150 | 193 | 416 | 5,87 | 1,6 | FV, 1 | | |
| max | | 16,5 | 6,5 | 30,1 | 657 | 944 | 25,5 | 4,62 | 3,51 | 199 | 3,0 | 100 | 19,9 | 175 | 268 | 506 | 5,84 | 7,68 | 171 | 248 | 479 | 6,33 | 5,6 | „Ver | | | |
| 23 | 1 | 15 | 13,6 | 5,7 | 28,4 | 640 | -1300 | 30,1 | 4,15 | 3,21 | 107 | 3,5 | 27 | -4,0 | 153 | 250 | 533 | 6,33 | 7,88 | 146 | 196 | 434 | 6,76 | 0,0 | 1. Vc | | |
| | 2 | 15 | 13,2 | 6,2 | 30,9 | 634 | -1026 | 28,5 | 4,08 | 3,16 | 112 | 3,5 | 30 | 0,8 | 147 | 253 | 516 | 6,11 | 7,83 | 147 | 194 | 413 | 6,63 | -0,5 | 2. Vc | | |
| | 3 | 15 | 12,1 | 6,0 | 31,4 | 628 | -664 | 28,0 | 4,11 | 3,23 | 119 | 3,5 | 35 | -8,4 | 130 | 274 | 517 | 5,91 | 7,82 | 138 | 207 | 412 | 6,49 | -1,9 | 3. Vc | | |
| | 4 | 15 | 11,7 | 5,2 | 28,8 | 625 | -318 | 25,8 | 4,17 | 3,13 | 126 | 3,5 | 39 | -11,8 | 116 | 305 | 564 | 5,81 | 7,81 | 130 | 235 | 454 | 6,37 | -2,8 | 4. Vc | | |
| | 5 | 15 | 12,4 | 5,2 | 27,9 | 624 | 34 | 24,7 | 3,94 | 3,01 | 133 | 3,5 | 44 | -3,3 | 109 | 310 | 568 | 5,62 | 7,81 | 125 | 240 | 460 | 6,22 | -3,1 | 5. Vc | | |
| | 6 | 15 | 11,6 | 5,7 | 30,5 | 626 | 389 | 23,2 | 3,97 | 3,10 | 140 | 3,5 | 49 | -4,0 | 103 | 310 | 565 | 5,37 | 7,81 | 121 | 234 | 449 | 6,10 | -2,3 | 6. Vc | | |
| | 7 | 15 | 11,3 | 5,4 | 29,9 | 630 | 758 | 21,2 | 3,93 | 3,14 | 147 | 3,5 | 53 | -3,8 | 101 | 312 | 573 | 5,12 | 7,81 | 122 | 237 | 456 | 5,91 | -3,1 | 7. Vc | | |
| | \bar{x} | 105 | 12,2 | 5,6 | 29,7 | 630 | -304 | 25,9 | 4,05 | 3,14 | 126 | 3,5 | 40 | -4,9 | 123 | 288 | 548 | 5,74 | 7,83 | 133 | 220 | 440 | 6,36 | -2,0 | 0, 25 | | |
| | $\pm s$ | | 2,5 | 3,9 | 18,1 | 62 | 1012 | 5,7 | 0,36 | 0,20 | 58 | 1,8 | 48 | 16,6 | 20 | 26 | 24 | 0,39 | 0,06 | 14 | 45 | 68 | 0,50 | 1,7 | FV, 1 | | |
| min | | 8,3 | 0,0 | 0,0 | 491 | -4081 | 14,7 | 3,32 | 2,76 | 27 | 1,0 | 0 | -41,9 | 98 | 245 | 501 | 5,05 | 7,73 | 105 | 143 | 334 | 5,05 | -4,9 | „Veg | | | |
| max | | 19,9 | 12,8 | 56,5 | 746 | 2327 | 38,0 | 4,89 | 3,62 | 263 | 8,0 | 187 | 30,7 | 165 | 318 | 586 | 6,58 | 7,94 | 166 | 311 | 571 | 7,22 | 2,8 | Grün | | | |