

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften
06108 Halle/Saale
(FKZ: 514-33.23/06HS013)

Universität Hohenheim
Institut für Tierernährung
70599 Stuttgart
(FKZ: 514-33.23/08HS027)

Schlussbericht

Erarbeitung von Versorgungsempfehlungen für Pferde und Schafe mit Energie und Nährstoffen sowie Überarbeitung der Schätzformeln für den energetischen Wert von Futtermitteln

Laufzeit und Berichtszeitraum: 18.06.2007 – 31.03.2011

Projektleiter: Prof. Dr. Markus Rodehutsord

Projektbearbeiterin: Dr. Susanne Kirchhof (bis 17.06.2010)

Kooperation mit dem Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie

Mitglieder:

Prof. Dr. Gerhard Flachowsky, Friedrich-Loeffler-Institut, Braunschweig
Prof. Dr. Josef Kamphues, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
Prof. Dr. Markus Rodehutsord, Universität Hohenheim
Prof. Dr. Hans Schenkel, Universität Hohenheim
Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum, Universität Bonn
Prof. Dr. Andreas Susenbeth, Universität Kiel

Sachverständige:

Prof. Dr. Anette Zeyner, Universität Rostock
Prof. Dr. Ellen Kienzle, Universität München
Prof. Dr. Manfred Coenen, Universität Leipzig
Prof. Dr. Ernst Pfeffer, Universität Bonn
Dr. Herbert Steingäß, Universität Hohenheim

1. Hintergrund, Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens

Der Ausschuss für Bedarfsnormen (AfBN) der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) ist das wissenschaftliche Gremium in Deutschland, das Empfehlungen zur Nährstoffversorgung von Nutztieren erarbeitet und herausgibt und die Vorgehensweise bei der Bewertung von Futtermitteln aus wissenschaftlicher Sicht standardisiert. Die vom AfBN gegebenen Empfehlungen zur Versorgung landwirtschaftlicher Nutztiere mit Energie und Nährstoffen sowie sonstigen Substanzen zur Erhaltung von Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Tiere stellen in Deutschland und weiteren europäischen Ländern die Grundlage für die Beratung und Fütterung in der Praxis dar. Außerdem sind sie wichtige Entscheidungshilfen für die Politik.

Zunächst stand bei der Definition von Fütterungsstandards im Vordergrund, eine Mangelversorgung der Tiere sicher auszuschließen. In den zurückliegenden zwei Jahrzehnten sind zusätzliche Aspekte in die Arbeit des Ausschusses und seine Empfehlungen eingeflossen. Vorrangig zu nennen sind die Ressourcen schonende Verwendung begrenzter Nährstoffe in der Nahrungskette, die Minimierung ökologisch relevanter Ausscheidungen der Tiere, die Frage der tiergerechten Gestaltung von Rationen und die Beziehung zwischen der Tierfütterung und Aspekten der Lebensmittelbeschaffenheit und -sicherheit.

Ziel dieses Projektes war es, die wissenschaftlichen Recherchen und Ausarbeitungen zu liefern, die zur Vorbereitung einer Neuauflage der Versorgungsempfehlungen für Pferde und einer erstmaligen Herausgabe von Fütterungsempfehlungen für Schafe notwendig sind. Zudem war es notwendig geworden, die in der Futtermittelverordnung verankerten Schätzgleichungen zur Ermittlung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Mischfuttermitteln für Schweine zu überarbeiten.

Bei der Bearbeitung dieses Projektes wurde daher mit dem AfBN intensiv zusammengearbeitet. Gleichzeitig war die Bearbeitung dieses Projektes nur aufgrund der sehr engen und konstruktiven Zusammenarbeit mit den Mitgliedern des AfBN und den für die jeweiligen Teilprojekte ausgewiesenen Sachverständigen möglich. Der Projektleiter und die Projektbearbeiterin möchten dies hervorheben, und den Mitgliedern und Sachverständigen des AfBN hierfür ausdrücklich danken.

1.1 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Projekt gliederte sich in folgende Teilprojekte:

1. Überarbeitung und Aktualisierung der Schätzgleichungen zur Ermittlung des Energiegehaltes von Mischfuttermitteln für Schweine
2. Vorbereitung einer Überarbeitung der Versorgungsempfehlungen für Pferde
3. Vorbereitung von Versorgungsempfehlungen für Schafe.

Der Ablauf der Arbeiten innerhalb eines jeden Teilprojektes war ähnlich und gliederte sich wie folgt:

- Sichtung der internationalen wissenschaftlichen Datenbanken und Sammlung der verfügbaren wissenschaftlichen Literatur und der relevanten Daten;
- Kritische Sichtung und Wertung der Literatur im Hinblick auf die Ziele der Teilprojekte und die spezifischen Anforderungen;
- Durchführung von Berechnungen und Auswertungen mit den gesammelten Datensätzen;
- Diskussion der Zwischenergebnisse mit Mitgliedern und Sachverständigen des AfBN;
- Erstellung von Textvorlagen für die halbjährlich stattfindenden Sitzungen des AfBN, Erstellen von Entwürfen für die Veröffentlichungen, Vorbereitung der Berichte.

Anlage 1 enthält eine Übersicht der Sitzungen und der Publikationen.

Es war nicht das Ziel dieses Projektes, neue experimentelle Daten zu generieren. Es wurde ausschließlich auf publizierte wissenschaftliche Erkenntnisse und den Sachverstand der Mitglieder und Sachverständigen des AfBN zurückgegriffen. Alle gebräuchlichen wissenschaftlichen Datenbanken standen über die Universitätsbibliothek zur Verfügung und wurden als Informationsquelle genutzt. Der vorgelegte Schlussbericht beinhaltet die Darstellung der wesentlichen Ergebnisse der Recherche, auf denen aufbauend verbindliche Empfehlungen formuliert werden können.

1.2 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Die Gesellschaft für Ernährungsphysiologie hat 2006 neue Empfehlungen zur Versorgung von Schweinen herausgegeben (GfE 2006). Hiermit war eine Veränderung der Vorgehensweise bei der Ermittlung der Umsetzbaren Energie (ME) verbunden, die im Wesentlichen eine veränderte Gewichtung verschiedener Kohlenhydratfraktionen des Futters nach sich zog. Aus dieser Änderung ergab sich zwingend auch die Notwendigkeit, die Schätzformeln, die zur Ermittlung der ME in der Praxis und zur Futtermittelüberwachung herangezogen werden, zu überarbeiten oder zumindest auf ihre Eignung hin zu überprüfen.

In Deutschland liegen Versorgungsempfehlungen für Pferde aus dem Jahre 1994 vor (GfE 1994). Für Schafe existieren derzeit noch keine vergleichbaren Empfehlungen; Lediglich zur Energieversorgung wurden Empfehlungen gegeben (GfE 1996).

Im Vergleich mit neueren internationalen Empfehlungen (NRC 2006, 2007, EAAP 2004, 2006) war gründlich zu prüfen, inwieweit die wissenschaftlichen Erkenntnisse, auf denen diese Empfehlungen basieren auf deutsche Verhältnisse übertragbar sind.

Literatur zum Gliederungspunkt 1

EAAP (2004). Nutrition of the performance horse. Publication No. 111. (Ed.: Juliand V., Martin-Rosset M.) Wageningen Academic Publishers.

- EAAP (2006). Nutrition and feeding of the broodmare. Publication No. 120. (Ed.: Juliand V., Martin-Rosset M.) Wageningen Academic Publishers.
- GfE (1994). Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung des Pferdes. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (1996). Energie-Bedarf von Schafen. Proceedings of the Society of Nutrition and Physiology 5, 149 - 152.
- GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (2006). Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- NRC (2006). Nutrient Requirements of Small Ruminants (Ed.: National Research Council of the National Academies) Washington D.C.: The National Academies Press.
- NRC (2007). Nutrient Requirements of Horses (Ed.: National Research Council of the National Academies. Committee on Nutrient Requirements of Horses. Board on Agriculture and Natural Resources. Division on Earth and Life Studies). 6th revised edition. Washington D.C.: The National Academies Press.

2. Ergebnisse

2.1 Überarbeitung und Aktualisierung der Schätzgleichungen zur Ermittlung des Energiegehaltes von Mischfuttermitteln für Schweine

2.1.1 Einleitung

Die Neuauflage der Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen (GfE 2006) beinhaltet eine Überarbeitung der Gleichung zur Berechnung der Umsetzbaren Energie für Schweine (ME_S) aus den verdaulichen Nährstoffen. Diese Gleichung lautet:

$$\begin{aligned} \text{ME}_S \text{ (MJ)} = & 0,0205 \times \text{verdauliches Rohprotein (g)} & \text{[Gleichung 1]} \\ & + 0,0398 \times \text{verdauliches Rohfett (g)} \\ & + 0,0173 \times \text{Stärke (g)} \\ & + 0,0160 \times \text{Zucker (g)} \\ & + 0,0147 \times \text{verdaulicher Rest (g)}, \end{aligned}$$

wobei der verdauliche Rest die verdauliche organische Substanz abzüglich der Summe aus verdaulichem Rohprotein, verdaulichem Rohfett, Stärke und Zucker ist. Die Einheit der Regressionskoeffizienten ist MJ/g.

Eine Änderung im Vergleich zu der zuvor gültigen Gleichung bestand insbesondere bei der Berücksichtigung der einzelnen Kohlenhydratfraktionen. In Folge der Änderungen musste auch die Gleichung zur Schätzung der ME_S in Mischfuttermitteln aus den analysierten Nährstoffen überarbeitet werden; denn mit der Anwendung der oben aufgeführten Gleichung 1 zur Berechnung der ME_S verlor die bisher gültige Gleichung zur Schätzung des Energiegehaltes im Mischfutter (GfE 1987, 1996) ihre Berechtigung.

Die Ableitung der neuen Schätzgleichung basiert auf Daten aus Verdaulichkeitsversuchen, die mit Mischfuttermitteln in verschiedenen Instituten durchgeführt wurden. Die schrittweise Evaluierung dieser Daten und die Entwicklung der Gleichung sind bei Bulang und Rodehutsord (2009) ausführlich beschrieben.

2.1.2 Datensammlung, Entwicklung und Validierung der Schätzgleichung

Für die Ableitung der Schätzgleichung wurden 290 Datensätze aus Verdaulichkeitsversuchen mit Mischfuttermitteln verwendet. Die Datensätze umfassten Angaben zu den Gehalten an Trockensubstanz, Weender Rohnährstoffen, Stärke und Zucker sowie den ermittelten Verdaulichkeitswerten. Mit der zuvor genannten Gleichung 1 wurde der Gehalt an ME_S als Referenzwert berechnet und dieser anschließend bei der multiplen Regressionsanalyse als abhängige Variable bei der Ableitung der Schätzgleichung eingesetzt. Die verwendeten Daten wurden freundlicherweise vom Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie in Kiel, dem Institut für Tierernährung des Friedrich-Loeffler-Instituts, dem Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft in Grub, der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft

in Jena, dem Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften in Halle und dem Institut für Nutztierwissenschaften und Technologie in Rostock bereitgestellt. Voraussetzung war, dass die den Daten zugrunde liegenden Versuche in Übereinstimmung mit den Richtlinien für Versuche zur Bestimmung des energetischen Wertes von Futtermitteln (GfE 2005) durchgeführt worden waren, mit der Einschränkung, dass keine Restriktion bezüglich der Lebendmasse (LM) vorgenommen wurde. Zusätzlich wurden Daten von Beste (1988), Kleine Klausing (1990) und Grünewald (1992) verwendet. Die chemischen Analysen wurden gemäß den offiziellen Methoden (VDLUFÄ 2007) durchgeführt.

Der gesamte Datensatz wurde geteilt, wobei die eine Hälfte zur Berechnung der Gleichung und die andere zur Validierung verwendet wurden. Die Teilung erfolgte in Anlehnung an eine *cross-validation* Methode nach Shtatland et al. (2004) unter Nutzung der 'rununi' Funktion von SAS. Die Datensätze für Ferkel (≤ 30 kg LM) und Mastschweine (> 30 kg LM) wurden separat auf die jeweiligen Teile verteilt. Bei der Ableitung der Schätzgleichung wurde geprüft, ob getrennte Schätzgleichungen für Ferkel- und Mastschweinefutter im Vergleich zu nur einer Gleichung für alle Futtermittel eine höhere Schätzgenauigkeit aufweisen.

Die multiple Regressionsanalyse (Proc Reg) sowie die Berechnung der Korrelationen (Proc Corr) wurden mit dem Softwarepaket von SAS 9.1 (SAS Institute Inc.) durchgeführt. Für die Auswahl des am besten geeigneten Modells wurde in Anlehnung an die Methode von Hurvich und Tsai (1989) zusätzlich zur Reststandardabweichung (RMSE) das *Akaike-Information-Criterion* kalkuliert. Als unabhängige Variable fanden die Gehalte an Rohasche, Rohprotein, Rohfett, Rohfaser, Stärke, Zucker und der organische Rest Eingang in das Modell. Der organische Rest wurde als Differenz zwischen der organischen Substanz und der Summe von Rohprotein, Rohfaser, Rohfett und Stärke berechnet, wobei die Einheit g je kg Trockensubstanz (TM) war. Die Neutral-Detergenzienfaser (NDF) und Säure-Detergenzienfaser (ADF) konnten nicht berücksichtigt werden, da nur für sehr wenig Mischfuttermittel Daten für diese Fraktionen vorlagen.

Der Großteil der berücksichtigten Futtermischungen bestand hauptsächlich aus Weizen (160), Gerste (54) oder einer Mischung aus beiden (41) (Tabelle 2.1.1).

Die Angaben zu den analysierten Nährstoffen, den Verdaulichkeiten und den Gehalten an ME_S sind Tabelle 2.1.2 zusammengefasst. Alle Merkmale wiesen eine große Variabilität auf, wie auch anhand der Abbildung 2.1.1 für einige Nährstoffe ersichtlich ist. Eine Gleichverteilung der Nährstoff- und ME_S -Gehalte innerhalb des Datensatzes lag nicht vor. So lag beispielsweise der Energiegehalt bei dem Großteil der Futtermittel zwischen 15 und 16 MJ ME_S pro kg TM (Abbildung 2.1.2).

Tabelle 2.1.1: Mittlerer Anteil am Mischfuttermittel (%), Mw), Standardabweichung (SD), Minima (Min) und Maxima (Max) der Anteile der Hauptkomponenten der Mischfuttermittel (n = 290)

Hauptkomponente	Anzahl der Futtermittel	Mw	SD	Min	Max
Ackerbohnen	1	53	-	-	-
Erbsen	1	59	-	-	-
Gerste	54	50 ¹	14,3	27,5	97
Hafer	2	66	-	49	82
Mais	6	70	0	70	70
Rapsexpeller/Gerste	1	50	-	-	-
Roggen	7	43	14,3	30	72
Trockenschnitzel/Weizenkleie	2	24	-	24	24
Weizen	160	50	11,0	30	99
Weizen/Ackerbohne	1	48	-	-	-
Weizen/Gerste	41	35	6,4	25	49
Weizenkleie	7	32	10,8	26	56
Unbekannt ²	7	-	-	-	-

¹ Es konnten lediglich 48 Futtermittel berücksichtigt werden, da für 6 der 54 keine Angaben zu den Anteilen der Hauptbestandteile vorlagen.

² Es lagen keine Informationen über die Inhaltsstoffe dieser Alleinfuttermittel vor.

Tabelle 2.1.2: Analysierte Gehalte und Verdaulichkeit der Nährstoffe der Mischfuttermittel (n = 290)

	Mw	SD	CV ¹ (%)	Streuung		-25% ²	+25% ²
				Min	Max		
<i>Analysierte Gehalte, g/kg TM</i>							
Rohasche	56	16	29	36	181	44	70
Organische Substanz	944	16	2	819	964	930	956
Rohprotein	198	24	12	120	245	163	224
Rohfett	35	13	36	9	107	22	52
Rohfaser	44	17	39	19	131	34	68
N-freie Extraktstoffe	667	39	6	523	827	622	715
Stärke	457	80	17	95	668	365	543
Zucker	46	18	40	22	162	32	67
<i>Verdaulichkeit, %</i>							
Organische Substanz	87,3	3,9	5	66,1	94,0	81,7	90,1
Rohprotein	84,7	4,6	5	62,0	92,3	78,8	88,4
Rohfett	74,0	14,1	19	-5,7	93,0	54,9	85,7
Rohfaser ³	39,7	10,2	26	8,2	74,6	26,6	51,9
N-freie Extraktstoffe ³	91,7	3,0	3	74,5	96,0	88,2	93,6
ME _S ⁴ , MJ/kg T	15,0	0,9	6	10,4	16,6	14,0	15,7

¹ Variationskoeffizient.

² Mittelwert der 25% niedrigsten und höchsten Werte.

³ Aufgrund unvollständiger Datensätze wurden nur 287 Mischfuttermittel berücksichtigt.

⁴ Die Berechnung der ME_S erfolgte auf Basis der verdaulichen Nährstoffe, Stärke und Zucker (Gleichung 1).

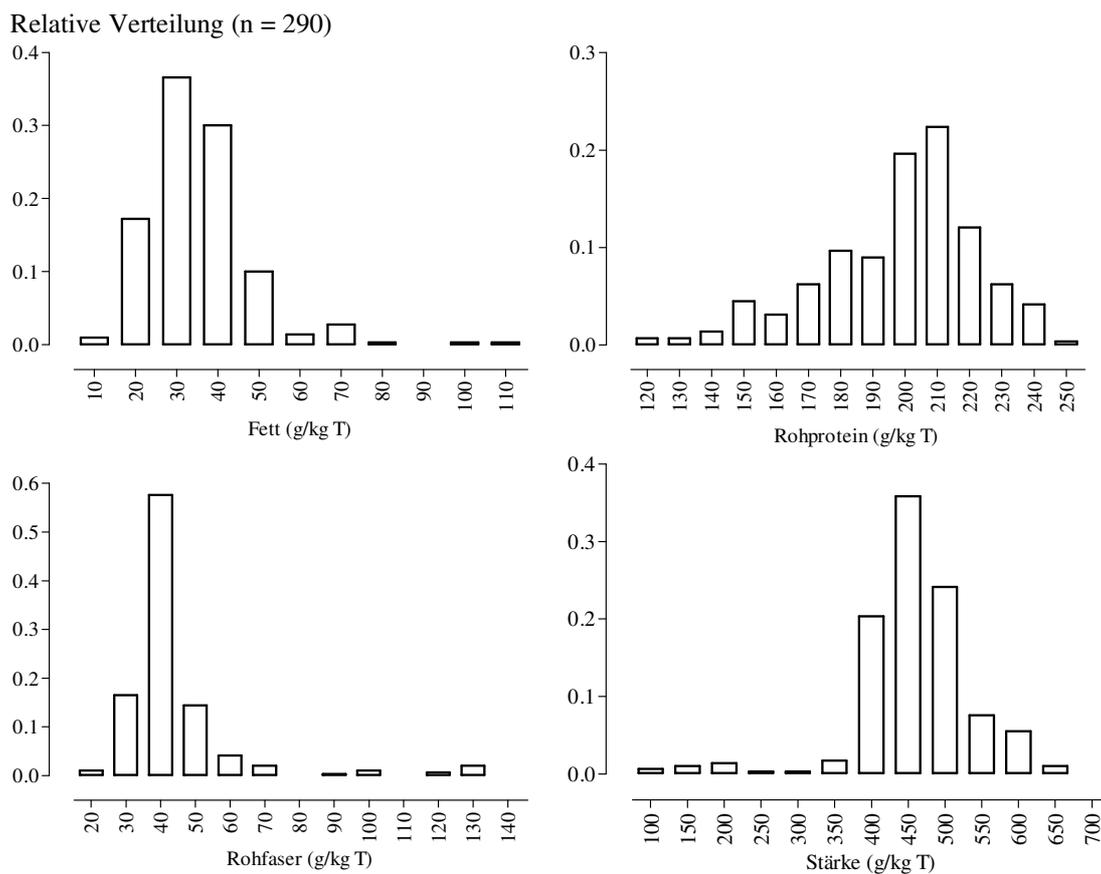


Abbildung 2.1.1 Verteilung der Nährstoffgehalte in den Mischfuttermitteln (n = 290)

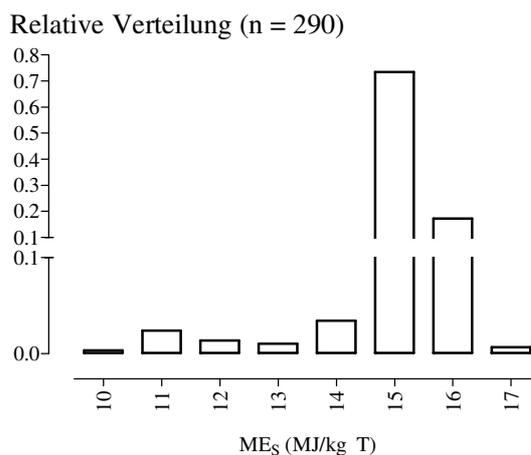


Abbildung 2.1.2 Verteilung der Gehalte an ME_S in den Mischfuttermitteln (n = 290)

2.1.3 Empfohlene Gleichung und Ergebnis der Validierung

Unter Berücksichtigung der mit dem Datensatz verbundenen Einschränkungen bezüglich der Nährstoffgehalte erwies sich die nachfolgende Gleichung als zur Schätzung des ME_S-Gehaltes von Mischfuttermitteln für Schweine am besten geeignet (Gleichung 2).

$$\begin{aligned} \text{ME}_S \text{ (MJ/kg T)} &= 0.021503 \times \text{Rohprotein (g/kg TM)} && \text{[Gleichung 2]} \\ &+ 0.032497 \times \text{Rohfett (g/kg TM)} \\ &- 0.021071 \times \text{Rohfaser (g/kg TM)} \\ &+ 0.016309 \times \text{Stärke (g/kg TM)} \\ &+ 0.014701 \times \text{organischer Rest (g/kg TM)} \\ &\text{RMSE} = 0,25 \text{ MJ/kg TM (1,7 \%),} \end{aligned}$$

wobei der organische Rest als Differenz zwischen der organischen Substanz und der Summe aus Rohprotein, Rohfett, Rohfaser und Stärke (jeweils in g/kg TM) berechnet wird.

Die Gleichung 2 sollte nur auf Mischfuttermittel angewandt werden, die einen Gehalt an Rohprotein zwischen 150 und 250 g/kg TM, einen Rohfettgehalt von nicht mehr als 60 g/kg TM, und einen Rohfasergehalt von nicht mehr als 80 g/kg TM aufweisen. Diese Restriktionen im Hinblick auf die Nährstoffgehalte orientieren sich an der doppelten Standardabweichung, was bei einer Normalverteilung der Werte 95 % der Daten entspricht. Eine Anwendung der Gleichung für Mischfuttermittel, deren Nährstoffgehalte außerhalb dieser Begrenzungen liegen, ist grundsätzlich möglich. Es muss hierbei aber mit einem höheren Schätzfehler gerechnet werden.

Die unabhängigen Validierungen für Ferkel- und Mastschweinefutter wiesen eine gute Übereinstimmung ($r^2 = 0,92$; RMSE = 0,26) zwischen der auf Basis der verdaulichen Nährstoffe berechneten und der geschätzten ME_S auf, vor allem in dem Bereich zwischen 14 und 16 MJ/kg TM (Abbildung 2.1.3). Es ist grundsätzlich möglich, auch die ME_S-Gehalte von Futtermitteln mit niedrigem Energiegehalt zu schätzen, wobei in solchen Fällen aber mit einer geringeren Schätzgenauigkeit gerechnet werden muss. Dies ist eine Folge des unbalancierten Datensatzes, im Besonderen des geringen Anteils von Futtermitteln mit niedrigen ME_S-Gehalten. Um zukünftig höhere Schätzgenauigkeiten erzielen zu können, müssen zunächst mehr Verdaulichkeitsversuche mit solchen Futtermitteln durchgeführt werden.

Abschließende Hinweise

Die hier dargestellten Ergebnisse sind mittlerweile als offizielle Mitteilung vom AfBN publiziert worden (GfE 2008). Sie wurden dem zuständigen Fachreferat des BMELV übermittelt. Die Gleichung 2 ist im September 2010 als verbindliche Schätzgleichung für die Ermittlung des ME_S-Gehaltes in Mischfuttermitteln für Schweine in die Futtermittelverordnung aufgenommen worden.

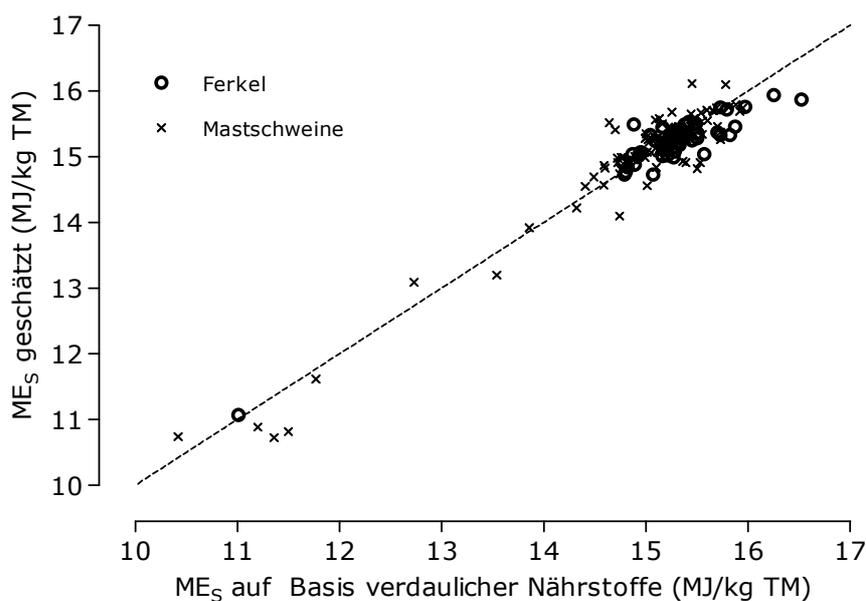


Abbildung 2.1.3: Vergleich der anhand der Gleichung 2 geschätzten ME_S und der mittels der verdaulichen Nährstoffe gemäß Gleichung 1 berechneten ME_S für die Mischfuttermittel des Validierungsdatensatzes (die gepunktete Linie ist die Winkelhalbierende; $r^2 = 0,92$; $RMSE = 0,26$)

Literatur zum Kapitel 2.1

- Beste, R. (1988): Untersuchungen zur Bewertung des Einsatzes von Sojaextraktionsschrot, Ackerbohnen, Weizen und Roggen sowie von synthetischen Aminosäuren in der Schweinemast. Dissertation, Universität Bonn.
- Bulang, M., Rodehutsord, M. (2009): Development of equations for predicting metabolisable energy concentrations in compound feeds for pigs. Arch. Anim. Nutr. 63, 442-454.
- GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (1987): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 4 Schweine. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (1996): Anwendung der Schätzformel für die Kontrolle des Energiegehaltes von Mischfutter für Schweine. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 5, 157-158.
- GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (2005): Determination of digestibility as the basis for energy evaluation of feedstuffs for pigs. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 14, 207-213.
- GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (2006): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- GfE [Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie] (2008): Prediction of metabolisable energy of compound feeds for pigs. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 17, 199-204.
- Grünewald, K.-H. (1992): Untersuchungen an Mastschweinen zur Verminderung der N-Ausscheidungen durch Einsatz freier Aminosäuren. Dissertation, Universität Bonn.

- Hurvich, C. M., Tsai, C.-L. (1989): Regression and time series model selection in small samples. *Biometrika* 76, 297-307.
- Kleine Klausing, H. (1990). Untersuchungen zur Bewertung des Einsatzes von Hafer, Ackerbohnen und Erbsen in der Schweinemast. Dissertation, Universität Bonn.
- Shtatland, E. S., Kleinman, K., Cain, E. M. (2004): A new strategy of model building in proc logistic with automatic variable selection, validation, shrinkage and model averaging. SUGI'29 Proceeding, Paper191-29, Cary, NC: SAS Institute, Inc.
- VDLUFA [Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten] (Hrsg.) (2007). Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik, Band 3, Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 3. Auflage, 1976 mit Ergänzungen 1 bis 7 (1983, 1988, 1993, 1997, 2004, 2006, 2007), VDLUFA-Verlag, Speyer.

2.2 Erarbeitungen zu den Versorgungsempfehlungen für Pferde

2.2.1 Einleitung

Die nicht-landwirtschaftliche Pferdehaltung zu Hobby- und Sportzwecken hat in Deutschland erheblich zugenommen. Das bedeutet, dass sich ein größerer Personenkreis, der nicht aus der traditionellen bäuerlichen Pferdehaltung stammt, mit dem Pferd beschäftigt. Dies hat eine veränderte Beanspruchung und Belastung der Tiere zur Folge (z.B. vermehrte Beschäftigung nur am Wochenende), woraus ein spezifischer Bedarf an Fachinformationen, vor allem zu Fütterungsfragen, resultiert.

Weltweit wurde in den letzten Jahren in vielen wissenschaftlichen Einzelstudien ein erheblicher Erkenntnisgewinn zu speziellen Fragen der Ernährung und Physiologie des Pferdes unter unterschiedlichen Nutzungs- und Belastungsbedingungen erarbeitet, der sich in vielen Publikationen widerspiegelt. Diese Entwicklung mahnte ebenso wie die zunehmende Haltung von Pferden eine auf diesen neuen Erkenntnissen basierende Überarbeitung der Versorgungsempfehlungen für Pferde an, deren letzte Fassung aus dem Jahre 1994 stammt (GfE 1994). Ziel war, durch gründliche Recherche der neuen Studien und Zusammenführung der Ergebnisse eine Differenzierung bei den Versorgungsempfehlungen zu erreichen, die der extremen Vielfalt in der Nutzung und Beanspruchung der Pferde gerecht wird (unterschiedliche Arbeitsleistung bei Rennpferden oder Reitpferden mit unterschiedlichen Stufen der Belastung, Erzeugung von Stutenmilch, Fohlen- und Jungtierwachstum). Dabei wurden auch die internationalen Empfehlungen (NRC 2007, EAAP 2004, 2006) berücksichtigt und ihre Übertragbarkeit auf deutsche Verhältnisse geprüft.

Im Zuge der Bearbeitung des Projekts wurden durch die Sachverständigen des AfBN, mit Unterstützung durch die Projektbearbeiterin, völlig neue Konzepte und Herangehensweisen entwickelt, was bei der Beantragung dieses Projektes und beim Beginn der Bearbeitung noch nicht absehbar war. Dieser Innovationsschub, der die neuen Empfehlungen für Pferde zu einem internationalen Novum machen wird, wurde maßgeblich durch dieses Projekt ermöglicht. Hiermit verbunden war allerdings, dass der ursprüngliche Zeitplan, wie in den Zwischenberichten dargelegt, nicht immer eingehalten werden konnte.

Des Weiteren lag ein Schwerpunkt auf der Zusammenstellung von Leitlinien zur artgerechten Fütterung. Artgerechte Ernährung muss soweit als möglich anatomische, physiologische und ethologische Besonderheiten von Pferden berücksichtigen. Equiden sind entwicklungsgeschichtlich an die mehr oder weniger kontinuierliche Aufnahme einer energiearmen, faserreichen Nahrung angepasst. Die meisten heute üblichen Rationen erfüllen diese Erfordernisse nicht. Sie sind häufig durch eine hohe Energiekonzentration, ein limitiertes Angebot an strukturwirksamen Rationsbestandteilen und eine eingeschränkte Futteraufnahmedauer geprägt. Bisweilen genügen die eingesetzten Futtermittel auch den hygienischen Anforderungen nicht. Neben gastrointestinalen Störungen kann dies insbesondere beim Angebot des Futters im Stall zur Belastung des Atmungstraktes führen. Kenntnisse aus dem Schrifttum zu Erfordernissen einer artgerechten Rationsgestaltung und

Fütterungstechnik sowie zur Futtermittel- und Fütterungshygiene erlauben die Ableitung von Empfehlungen zur Bewertung und Vermeidung gesundheitlicher Risiken durch die Fütterung.

2.2.2 Grunddaten für die Berechnung des Energie- und Nährstoffbedarfs

Es war das Ziel, Bedarfswerte faktoriell abzuleiten, wo immer eine ausreichende Datenbasis vorhanden ist. Hierzu wurden zunächst die Grunddaten und Kenngrößen des Nettobedarfes zusammengestellt.

Lebendmasse und Körperkondition

Die Lebendmasse (LM) von Pferden variiert natürlicher Weise in einem rassenspezifischen Spektrum. Die Variationsbreite ist bestimmt durch die Züchtung und die Nutzungsperspektiven leichterer oder schwererer Pferde¹ der jeweiligen Rassen. Bei schwereren Rassen ist der Geschlechtsdimorphismus deutlicher ausgeprägt als bei den leichteren Pferderassen. Gasser und Kienzle (unveröffentlicht) werteten 14620 Wägungen von Pferden verschiedener Rassen aus. Tabelle 2.2.1 zeigt die Lebendmasse von Ponies und Kleinpferden mit einem Body Condition Score (BCS) von 5 oder 6 in Abhängigkeit von der Widerristhöhe (Stockmaß) und dem Schlag.

In Tabelle 2.2.2 ist die Lebendmasse von Großpferden differenziert nach Körpergröße und Kaliber dargestellt. Es handelt sich dabei um Mittelwerte. Das obere und untere Quartil der jeweiligen Mittelwerte weicht um 20 bis 40 kg vom Mittelwert ab.

Tabelle 2.2.1: Lebendmasse (LM) ausgewachsener Ponies und Kleinpferde (BCS 5-6), nach Gasser und Kienzle (unveröffentlicht)

Stockmaß (cm)	LM (kg)	
101-105	178	
111-115	237	
116-120	227	
121-125	287	
126-130	324	
	Schwere Rassen ¹⁾	Leichte Rassen ²⁾
131-135	415	349
136-140	453	360

¹⁾ überwiegend Haflinger und Fjordpferde

²⁾ überwiegend Isländer und Reitponies

Die Körpermasse ist Grundlage für die Beurteilung des Energie- und Nährstoffbedarfs, in der Praxis allerdings zwingend durch eine Information über den Ernährungszustand zu ergänzen, die am besten über das Body Condition Scoring beschrieben wird. Dabei werden vor allem die äußerlich zugänglichen Fettdepots, zum Teil aber auch die Muskelmasse begutachtet. Der

¹ Die Bezeichnung leicht oder schwer für eine Pferderasse bezieht sich auf die Lebendmasse in Relation zur Körpergröße, das sogenannte Kaliber. Feingliedrige Pferde haben ein relativ geringeres Gewicht. Das Verhältnis von Lebendmasse zum Stockmass (Widerristhöhe, gemessen mittels eines Messstockes, im Gegensatz zum Bandmass, bei welchem die Widerristhöhe mittels eines an den Pferdekörper angelegten Messbandes bestimmt wird) wird auch als Kaliberindex bezeichnet. Dieser steigt jedoch mit zunehmender Körpergröße bei allen Rassen an. Für schwere Pferderassen verwendet man auch den Begriff „kalibrig“.

erwünschte oder physiologische BCS muss an Alter, Rasse und Verwendungszweck angepasst werden. Die Skala reicht von 1 (Kachexie) bis 9 (Adipositas) (Kienzle und Schramme 2004). Für Sportpferde ist ein BCS von 5 erwünscht, bei Dressurpferden, sehr kalibrigen Pferden (Kaltblut) sowie bei Barockpferden eventuell bis 6. Für Zuchtstuten ist ein BCS von 6 optimal. Bei der Fohlenaufzucht wird ein BCS von 5 angestrebt.

Tabelle 2.2.2: Lebendmasse (LM, in kg) ausgewachsener Großpferde (BCS 5-6), nach Gasser und Kienzle (unveröffentlicht)

Stockmaß (cm)	Kaltblut	Warmblüter, Barockpferde ¹⁾ , Amerikanische Rassen ²⁾	Vollbluttyp ³⁾
141-145	531	443	392
146-150	539	477	422
151-155	587	506	449
156-160	631	525	469
161-165	714	565	530
166-170	688	599	550
171-175	733	627	
176-180	768	670	
181-185		709	
186-190	872		

¹⁾ Friesen, Andalusier, Lippizzaner, Lusitanos

²⁾ Quarter Horses, Appaloosas, Pintos, Morgan Horses, Palominos

³⁾ Araber, Traber, Englisches Vollblut, Achal Tekkiner

Für die Einbringung der LM in die Schätzung des Bedarfs und der daraus resultierenden Ableitung von Versorgungsempfehlungen wird vielfach die Körpermasse mit einem Exponenten zwischen 0,68 und 0,75 verwendet. Ungeachtet der tierartlich vergleichenden Betrachtung zum Energieumsatz wird, sofern nicht Einzelaspekte eine andere Bezugsgröße nahe legen, der Exponent 0,75 und damit die offizielle Definition der metabolischen Körpergröße verwendet.

Wenn die LM nicht gravimetrisch ermittelt werden kann ist eine Schätzung mittels Regressionsgleichungen unter Verwendung verschiedener Körpermaße möglich (Kienzle und Schramme 2004, Hois et al. 2005, Mack 2006). Dazu ist die Erfassung der Widerristhöhe als Stockmaß, des Brustumfangs, Halsumfangs, Körperumfangs, Röhrebeinumfangs, des Fessel-Ellbogenmaßes und des BCS erforderlich.

Pränatales Wachstum und Gravidität

Das intrauterine Wachstum des Embryos verläuft exponentiell. Etwa bis zum 200. Tag der Gravidität ist der Ansatz relativ unbedeutend. Auf Grund von Literaturdaten kann der Verlauf des intrauterinen Wachstums in Relation zum Geburtsgewicht ausgedrückt werden. Hierbei wird anhand der publizierten Daten das am 340. Trächtigkeitstag durch eine definierte Wachstumskurve ($y = \exp(a \cdot t)$; $t = \text{Tag der Gravidität}$) gegebene Gewicht = 100 gesetzt. Die entsprechende Gleichung ist in Abbildung 2.2.1 wiedergegeben und verdeutlicht, dass in den letzten 90 Tagen der Gravidität der mengenmäßig bedeutendste Anteil des Ansatzes erfolgt.

Aus der relativen Ansatzkurve kann durch Umformung auch der relative Ansatz je Tag abgeleitet werden: tägliche Zunahme (% des Geburtsgewichtes) = $0,01364 * e^{0,01364 d}$, mit d = Trächtigkeitstag.

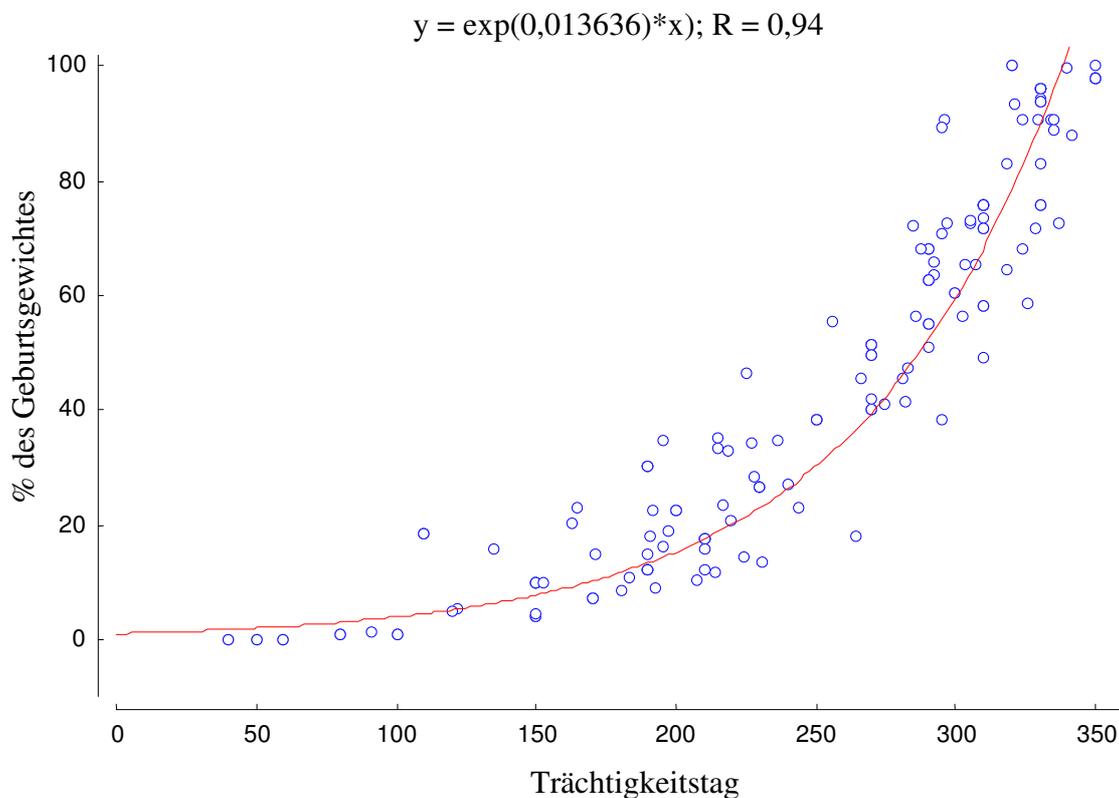


Abbildung 2.2.1: Gewichtsentwicklung des equinen Fetus in Relation zum Geburtsgewicht (Meyer und Ahlswede von 1976; Platt 1978; Fowden et al. 2000a,b)

Für die Erfassung des gesamten trächtigkeitsbedingten Ansatzes ist die Entwicklung des Uterus, der Adnexe und des Fruchtwassers zu berücksichtigen. Die Anteile des Uterusgewebes, der Adnexe und des Fruchtwassers am trächtigkeitsbedingten Ansatz verhalten sich während der letzten etwa 100 Tage der Gravidität annähernd linear. Gemäß den in Tabelle 2.2.4 zusammengefassten Daten weist die Stute zum 250. Graviditätstag eine Körpermasse von 108 % des Gewichtes als güste Stute auf und erreicht zur Abfohlung etwa 116 % des Gewichtes als nichttragendes Tier. Auf den Fetus entfallen 52 und 64 % des trächtigkeitsbedingten Ansatzes. Für die letzte, quantitativ relevante Phase der Gravidität lässt sich somit der Gesamtansatz ableiten (Dusek und Richter 1972; Douglas und Ginther 1975; Meyer und Stadermann 1991).

Tabelle 2.2.4: Zusammensetzung des Ansatzes der tragenden Stute (relativ zur Körpermasse der güstigen Stute)

	Graviditätstag (d)			
	250		340 (Geburt)	
	% des Gewichtes der güstigen Stute	Verteilung auf den extra-maternalen Ansatz, %	% des Gewichtes der güstigen Stute	Verteilung auf den extra-maternalen Ansatz, %
maternale				
Körpermasse	1,3		1,3	
Uterus	1,0	15,6	1,7	11,6
Fetus	3,3	51,6	9,3	63,7
Adnexe	0,9	14,1	1,9	13,0
Fruchtwasser	1,2	18,8	1,7	11,6
Summe	107,7		115,9	

Für die Beschreibung des trächtigkeitsbedingten Ansatzes wird wegen der Dominanz des fetalen Wachstums die exponentielle Beschreibung beibehalten ($y = e^{bx}$ oder $y = a \cdot e^{bx}$), deren 1. Ableitung jeweils den Zuwachs pro Tag beschreibt. Demnach gilt Folgendes:

1. Gewicht des equinen Fetus zum jeweiligen Graviditätstag in % der Geburtmasse = $e^{0,013636 d}$; d = Tag
2. täglicher Gewichtszuwachs des Fetus zum jeweiligen Graviditätstag in % der Geburtmasse = $0,01364 \cdot e^{0,01364 d}$
3. für den Anteil des Fetus am Gesamtmassenansatz werden linear von 51,6 am 250. auf 63,7 % am 340. Graviditätstag ansteigende Werte unterstellt
4. der extramaternale Ansatz (Fetus+Adnexe) in kg je kg Fohlengewicht bei der Geburt = $0,0375 \cdot e^{0,011 d}$; d = Tag
5. der extramaternale Ansatz (Fetus+Adnexe) je Tag in g/kg Fohlengewicht bei der Geburt = $0,413 \cdot e^{0,011 d}$ (= erste Ableitung aus 4.).

Anhand dieser Gleichungen kann die Massenentwicklung der Konzeptionsprodukte für unterschiedlich schwere Stuten kalkuliert werden.

Zusammensetzung des extramaternalen Ansatzes (Fetus und Adnexe)

Die Körperzusammensetzung von Feten und Neugeborenen ist Tabelle 2.2.5 zu entnehmen. Da beim Fetus rassenspezifische Variationen der Körperzusammensetzung noch gering sind, können die Werte als allgemeine Kalkulationsbasis angesetzt werden.

Die Daten zeigen für die untersuchten Parameter eine Veränderung der Zusammensetzung des Fötus im Verlauf der Gravidität. Lediglich für Natrium, Kalium und Chlorid können Konstanten verwendet werden. Bei den Spurenelementen wird für Eisen bis zum Ende des 9. Monats ebenfalls ein konstanter Wert zu Grunde gelegt, während der Entwicklung des Kreislaufsystems des Feten in den letzten Wochen der Gravidität durch einen höheren Wert Rechnung getragen wird.

Tabelle 2.2.5: Körperzusammensetzung von Feten und Neugeborenen (je kg LM)
(Meyer und Ahlswede 1976)

Monat <i>ante partum</i>		7	8	9	10	11
Trockensubstanz		175	199	238	262	273
Rohasche		36	42	49	60	56
Rohprotein	g	104	120	147	154	171
Rohfett		19	19	20	21	26
Energie	MJ	3,36	3,74	4,48	4,74	5,20
Calcium		10,5	12,9	15,4	19,8	18,2
Phosphor		6,0	6,4	8,5	10,3	9,7
Magnesium		0,2	0,3	0,4	0,4	0,4
Natrium	g	1,9	20,1	2,0	2,0	1,9
Kalium		1,8	1,7	1,8	1,8	1,9
Chlorid		1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Kupfer		3,8	4,3	3,9	5,8	5,0
Zink	mg	21	30	27	46	42
Eisen		86	65	82	85	118
Mangan		0,7	0,9	0,8	1,2	1,3

Zu Qualifizierung des Stoffansatzes gelten demnach die in Tabelle 2.2.6 zusammengestellten Beschreibungen.

Aus den Daten zur Gewichtsentwicklung und der Körperzusammensetzung lassen sich die Energie- und Stoffbestände des graviden Uterus beschreiben und der Nettobedarf für Gravidität ableiten.

Tabelle 2.2.6: Energie- und Nährstoffgehalte der Feten in Abhängigkeit vom Graviditätstag (x) (ab d 240 bis d 340) (nach Meyer und Ahlswede 1976)

Energie, MJ/kg	= $0,3836+0,0145^x$
Rohprotein, g/kg	= $-51,77+0,64^x$
Calcium, g/kg	= $-11,572+0,09^x$
Phosphor, g/kg	= $-5,228+0,045^x$
Magnesium, g/kg	= $-0,148+0,002^x$
Natrium, g/kg	= 2,0
Chlorid, g/kg	= 1,2
Kalium	= 1,9
Kupfer, mg/kg	= $-0,258+0,016^x$
Zink, mg/kg	= $-35,5+0,23^x$
Eisen, mg/kg	= 80 bis Ende 9. Monat, d 304
	= 120 bis 10. Monat
Mangan mg/kg	= $-0,818+0,006^x$

Postnatales Wachstum

Das postnatale Wachstum von Fohlen variiert in Abhängigkeit von Rasse und Umweltbedingungen erheblich. Auch wird die Intensität der Fütterung je nach Verwendungszweck, insbesondere dem Zeitpunkt des ersten Anreitens oder des Verkaufs, erheblich variiert.

Größenabhängige, sogenannte allometrische Effekte bestehen bei wachsenden Pferden nicht in nennenswertem Umfang (Flade 1959, Hois et al. 2005). Der Wachstumsverlauf und der Zeitpunkt, zu welchem das Endgewicht erreicht wird, sind unabhängig von der Größe. Allenfalls beim Geburtsgewicht bestehen bei extrem kleinen Mini-Shetlandponies sowie bei schweren Kaltblütern, insbesondere den extrem großen Shirehorses Unterschiede zu übrigen Rassen. Das relative Geburtsgewicht betrug bei Mini-Shetlandponies 10-13 %, bei schweren Kaltblütern 8 % und bei Shires 6,8 % des mütterlichen Gewichtes (Flade 1957, Platt 1984), während bei allen anderen Rassen von verschiedenen Untersuchern übereinstimmend etwa 10 % angegeben werden.

Das Kaliber hat dagegen einen erheblichen Einfluss auf das postnatale Wachstum. Schwere Pferde wachsen unter vergleichbaren Bedingungen relativ langsamer und erreichen ihr Endgewicht später als leichte Reitpferde (Hois et al. 2005).

Bei leichten Pferden besteht nur ein geringer Einfluss des Geschlechtes auf das Wachstum, bei schweren Pferden können ausgewachsene Hengste aber schwerer und größer sein als Stuten (Schmidt et al. 1932).

In Deutschland besitzt die Zucht von Warmblutpferden zur Verwendung als Reitpferde, die erst mit etwa drei Jahren angeritten werden, die größte Bedeutung. Hierzu liegen auch die meisten unter hiesigen Bedingungen erhobenen Daten vor (Abbildung 2.2.2).

Der relative Verlauf des Wachstums bei warmblütigen Reitpferden hat sich in den letzten hundert Jahren trotz erheblicher Änderungen im Zuchtziel und auf dem Futtermittelmarkt kaum verändert (Hois 2004). Die relative Gewichtsentwicklung von Warmblutpferden in % des Muttertieres wurde von Hois et al. (2005) durch folgende Gleichung dargestellt:

$$LM = 109,8 - (109,8 - 10,6) e^{-kt^p}$$

mit
t = Alter in Tagen
k = 0,00396
p = 0,9069874

Die Funktion ist nahezu deckungsgleich mit den Empfehlungen der GfE (1994) und des NRC (2007) für moderates Wachstum. Die Funktion wurde unter Verwendung der Daten von Vervuert et al. (2005) und Mack (2006) an Warmblutpferden validiert, was eine sehr gute Übereinstimmung ergab. Nach Hois et al. (2005) hat diese Funktion auch für andere Rassen im Reitpferdetyp einschließlich leichter Kleinpferde und Ponies Gültigkeit. Bei Vollblütern, deren BCS 5 während des Wachstums nicht wesentlich überschreitet, kann die Funktion ebenfalls angewendet werden. Nach Pagan et al. (1996) gehen höhere Gewichte auch bei dieser Rasse mit deutlich über 5 liegendem BCS einher.

Die für die Beschreibung des Wachstums von Hois et al. (2005) verwendete Janoschek-Funktion ist vor allem dafür geeignet, Empfehlungen für die Lebendmasseentwicklung bei älteren Fohlen und Jungpferden im Reitpferdetyp zu geben. Sie verläuft ihrer mathematischen Natur gemäß in den ersten Lebensstagen etwas gekrümmt und mit zunehmendem Alter gegen unendlich. Sie ist zur Beschreibung des Wachstums in den ersten Lebensstagen weniger

geeignet, hier würden sich unrealistisch hohe Tageszunahmen errechnen. Für diesen speziellen Zweck empfiehlt sich die Berechnung mit Hilfe einer linearen Funktion, welche aus den Daten von Vervuert et al. (2005) und Hois et al. (2005) erstellt wurde:

$$LM = 10,6 + 0,239 d, \text{ mit } d = \text{Alter in Tagen.}$$

Die beiden Funktionen schneiden sich im Alter von 60 Tagen bei einer LM von 25 % der LM des ausgewachsenen Pferdes.

Die Funktion von Hois et al. (2005) sollte auch nicht dafür herangezogen werden, das Wachstum nahezu ausgewachsener Pferde zu beschreiben, da die Kurve gegen unendlich verläuft. Bei Warmblutpferden kann sie bis nur zum Alter von etwa drei Jahren verwendet werden. In diesem Zeitraum stimmen die mittleren Zunahmen mit Praxisbeobachtungen überein. Nach dem 1100. Tag verläuft die Wachstumsfunktion ohnehin nahezu linear, so dass für die Berechnung des täglichen Zuwachses nach dem dritten Lebensjahr der noch zu erwartende Zuwachs von insgesamt 5 % des erwarteten Endgewichtes (Tabelle 2.2.7) einfach auf 365 Tage gemittelt werden kann. Bei einem Warmblut mit einem erwarteten Endgewicht von 600 kg betrüge der tägliche Zuwachs im vierten Jahr dann 82 g. Trainingseffekte (Muskelansatz) sind hierbei nicht berücksichtigt.

Tabelle 2.2.7: LM-Entwicklung von wachsenden Pferden in der Deutschen Landespferdezucht in % des erwarteten Endgewichtes

Lebensmonat	Leichte Rassen	Schwerere Rassen
1	10	10
2	25	25
4	36	34
6	45	42
12	63	58
18	76	68
24	85	76
36	95	84

Bei schwereren Rassen lässt sich die Funktion nach Hois et al. (2005) nicht anwenden. Etwa ab dem 300. Tag kommt es zu deutlichen Abweichungen der geschätzten von gemessenen Werten. Daher wurde anhand von Daten zu Haflingern, Kaltblütern und Mini-Shetlandponies von Hois et al. (2005) eine Funktion für schwerere Rassen berechnet:

$$LM = 96,5 - (96,5 - 9,0) e^{-kt^p}$$

mit
 t = Alter in Tagen
 k = 0,00718494
 p = 0,802564

Ob eine bestimmte Rasse als leicht oder schwer einzuordnen ist, kann einmal durch einen Vergleich von Stockmaß und LM ausgewachsener Tiere (Kaliberindex) abgeschätzt werden. Zum andern lässt sich hierzu das Verhältnis von Röhrbeinmaß zu Stockmaß heranziehen

(Tabelle 2.2.8). Ausnahmen gibt es möglicherweise auch bei unabhängig vom Schlag eher spätreifen Rassen, wie z.B. den Isländern (Hesse 1957).

Tabelle 2.2.8: Röhrbeinmaß in % des Stockmaßes (nach Hois 2004)

Araber	11,8
Warmblut	12,8
Haflinger	13,1
Kaltblut	14,7
Minishetty	14,8

Zusammensetzung des Zuwachses

Zur Körperzusammensetzung wachsender Pferde gibt es nur wenige Daten, die zusätzlich mit gewissen Unsicherheiten behaftet sind (Tabelle 2.2.9).

So wurde zum Beispiel die Zusammensetzung neugeborener Fohlen an abortierten, totgeborenen und kurz nach der Geburt gestorbenen Fohlen ermittelt (Meyer und Ahlswede 1976). Hierbei ist nicht völlig auszuschließen, dass indirekt eine Auswahl weniger entwickelter Tiere vorgenommen wurde. Viele der in der Literatur aufgeführten Zahlen beziehen sich auf den Leerkörper, zum Teil nur ohne Darminhalt, in einem Extremfall aber auch ohne Kopf und distale Gliedmaßen. Die Daten zur Zusammensetzung von Jungpferden von Schryver et al. (1974) wurden nach Fütterung unterschiedlich Ca-reicher Rationen zum Teil mit extremem Ca/P-Verhältnis gewonnen.

Hiermit dürfte zu erklären sein, dass sich bei Verwendung der in Tabelle 2.2.9 dargestellten Zahlen zur Körperzusammensetzung wachsender Pferde zur faktoriellen Bedarfskalkulation unrealistische Werte ergeben. Dies trifft für Energie, Protein und Calcium zu. Die errechneten Bedarfswerte lassen sich mit der tatsächlichen Aufnahme über die Muttermilch kaum zur Deckung bringen, nicht einmal dann, wenn man maximale Milchleistung und moderat unterdurchschnittliche Wachstumsraten unterstellt. Auch für die Zeit nach dem Absetzen errechnen sich Bedarfswerte, die in der Praxis um bis zu 50 % unterschritten werden, wie z.B. der Proteinbedarf bei Fütterung von Absetzfohlen mit Heu und Hafer, ohne dass Mangelsymptome auftreten.

Eine weitere Schwierigkeit ist die Abschätzung des Fettgehaltes. Der Fettgehalt neugeborener Fohlen (Vollblut, Warmblut) liegt mit etwa 2,6 % sehr niedrig (Meyer und Ahlswede 1976). Während des Wachstums wurden Fettgehalte zwischen 5 und 16 % gefunden (Tab. 2.2.9). Für adulte Pferde werden Fettgehalte zwischen 1,1 und 24,5 % genannt. Für weniger gut trainierte Reitpferde werden überwiegend Werte um die 10 bis 12 % angegeben. Nach Gee et al. (2003) tendieren Stutfohlen zu höheren Körperfettgehalten als Hengstfohlen. Der Einfluss von Rasse, Alter, Geschlecht und Haltung auf den Fettgehalt während des Wachstums kann anhand der vorliegenden analytischen Daten nicht eindeutig abgegrenzt werden. Vermutlich können Jungpferde mit Fettgehalten zwischen 5 und 16 % aufwachsen, ohne dass Ausfallserscheinungen auftreten.

Die Zahlen aus Tabelle 2.2.9 können also nicht uneingeschränkt zur Quantifizierung des Nettobedarfes herangezogen werden. Unter Einbeziehung von Approximationen wurden

Tabelle 2.2.9: Angaben zur Körperzusammensetzung wachsender Pferde (%)

Alter	Rasse	TS	RP	Fett	Ca	P	Mg	Na	K	Bemerkungen	Autor
Neugeboren	Warmblut, Vollblut	27,3	17,1	2,6	18,2	9,7	0,39	1,88	1,94	Abortierte, totgeborene, verendete Fohlen, Selektion möglich, Ganzkörperanalyse	Meyer und Ahlswede 1976
7 Tage	Kaltblut	29,4	19,2	5,3						Doppelt markiertes Wasser, Leerkörper, Schätzungen von Darminhalt und Relation von Körperwasser zu fettfreier Körpermasse, Gewicht mit 4 und 8 Wochen unterhalb der Erwartungswerte	Doreau et al. 1986
28 Tage		30,9	19,9	6,5							
56 Tage		33,8	19,9	9,0							
150 Tage	Vollblut				17,1	10,1	0,4	1,0	2,5	Weidehaltung ohne Zufütterung, Ca und Na marginal, Leerkörper	Grace et al. 1999
122 Tage	Leichter Reitpferdetyp	31,1		5,3	19,1	9,3	0,4	1,6	2,2	Zum Teil untergewichtig für Alter und Endgewicht, Ca- und P-Fehlversorgungen, Leerkörper	Schryver et al. 1974
366 und 732 Tage		41,1		15,5	17,1	8,9	0,4	1,7	2,0		
160 Tage	Vollblut	26,8	2,7	5,5-13						Leerkörper ohne Kopf, Darminhalt, distale Gliedmaßen und Haut	Gee et al. 2003
		*) 47,2	*) 16,4	*) 17,5						*)Mittelwerte aus Regressionen des Nährstoffs zur LM	

dennoch einige Werte für den Nährstoffgehalt im Zuwachs von Pferden festgelegt (Tabelle 2.2.10).

Nach Gee et al. (2003) korreliert der BCS bei Vollblütern im Absetzalter zufriedenstellend mit dem Körperfettgehalt. Betrachtet man die BCS in der Deutschen Landespferdezucht (Hois et al. 2005, Mack 2006), so sind die äußerlich zugänglichen Fettreserven im Absetzalter etwa denen von adulten Pferden in idealem Ernährungszustand gleichzusetzen (BCS 5), während neugeborene Fohlen kaum Fettgewebe aufweisen (BCS 3-4). Nach dem Absetzen verbleibt der BCS dann in etwa bei 5, einige Tiere, insbesondere junge Stuten können auch höhere Werte aufweisen. Daher kann bei Jährlingen und Zweijährigen ein vergleichbarer Fettgehalt wie bei erwachsenen untrainierten Pferden unterstellt werden, für leichtere Rassen dürften 10 bis 17 % Fett im Gesamtkörper realistisch sein.

Für den Gehalt an anderen Nährstoffen sind ebenfalls nur Schätzungen möglich. Hier muss vor allen Dingen berücksichtigt werden, dass es sich nicht immer um Analysen des gesamten Körpers handelt. Es sind Abschläge für besonders aschereiche Körperteile (Kopf, distale Gliedmaßenenden) sowie den Magendarmtrakt bzw. dessen Inhalt anzusetzen. Für letzteren können bei Schryver et al. (1974) etwa 7 % der Körpermasse angesetzt werden, bei Grace et al. (1999) 15 %. Entsprechend müssen die Mineralstoffgehalte reduziert werden. Der Na-Gehalt der Fohlen von Grace et al. (1999) wurde nicht übernommen, da die Fohlen auf der Weide nicht mit Natrium supplementiert wurden und die Na-Gehalte sowie das Na/K-Verhältnis in ähnlicher Größenordnung liegen wie bei Lindner (1983) in Na-Mangelversuchen.

Beim Proteingehalt können für Neugeborene nach Meyer und Ahlswede (1976) 16 % unterstellt werden. Derselbe Gehalt errechnet sich aus den Regressionsgleichungen von Gee et al. (2003) für 150 Tage alte Vollblüter. Doreau et al. (1986) geben für Kaltblüter, die der Fleischgewinnung dienen, höhere Werte an. Im Hinblick auf die oben erwähnten Diskrepanzen zwischen mit deren Daten faktoriell errechnetem Bedarf und Proteinaufnahme über Muttermilch liegt es nahe, anzunehmen, dass es sich entweder um eine Besonderheit der Fleischrassen oder aber um methodische Fehler handelt. Daher werden für die Körperzusammensetzung während des gesamten Wachstums einheitlich 16 % Protein unterstellt.

Tabelle 2.2.10: Aus Tabelle 2.2.9 und approximativ abgeleitete Körperzusammensetzung von Jungpferden im Reitpferdetyp während des Wachstums

Alter	RP	Fett	Energie kJ/100 g*	Ca	P	Mg	Na	K
Neugeboren	17,1	2,6	712	18,2	9,7	0,39	1,88	1,94
Saugfohlen	16,0	5	728	17,8	8,6	0,4	1,5	2,0
Absetzer	16,0	10	848	14,5	8,6	0,3		2,1
Jährlinge und Zweijährige	16,0	10-17	848-1016	15,9	8,3	0,4	1,6	1,9

* 24 kJ/g RP, 38 kJ/g Fett

Laktation

Die Ergebnisse der Auswertung zu diesem Kapitel sind in ausführlicher Form bereits als Übersichtsarbeit publiziert worden (Coenen et al. 2010). In diesem Abschnitt sind die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst.

Milchmenge und -zusammensetzung bestimmen den Nettobedarf für die Laktation. Die Milchqualität stellt sich aufgrund der vorliegenden Literatur sehr differenziert dar, insbesondere die Einbeziehung der Aminosäuren legt den Grundstein für eine Präzisierung des Nettobedarfes. Daten zur Milchmenge sind nur begrenzt vorhanden. Die Erfassung der Milchmenge, die ein physiologisch wachsendes Fohlen aufnimmt, ist die geforderte Größe für den Bedarf laktierender, Fohlen führender Stuten. Die Bestimmung dieser Größe ist methodisch schwierig, die Ergebnisse bleiben mit entsprechenden Unsicherheiten verbunden. Durch den Abgleich mit dem Energiebedarf des Fohlens ist jedoch eine angemessene Absicherung des Laktationsmodells möglich.

Die tierartlich vergleichende Analyse zur Milchenergieaufnahme von Säuglingen (Riek 2007) ergibt den Bezug auf $LM^{0,82}$. Der Energiebedarf des wachsenden Fohlens folgt gleichfalls dieser Skalierung. Da sich das Fohlen in den ersten etwa 120 Tagen bezüglich der Körpermasse linear entwickelt ist es sinnvoll, die genannte Skalierung zur Energieaufnahme des Fohlens ($LM^{0,82}$) auch für die quantitativen Ansätze zur Milchleistung der Stute zu übernehmen.

Die Literaturdaten zur **Milchzusammensetzung** sind in den Tabellen 2.2.11 und 2.2.12 zusammengefasst; dem unterschiedlichen Umfang der einzelnen Arbeiten ist durch Wichtung der Mittelwerte anhand der Anzahl berücksichtigter Pferde bzw. Proben Rechnung getragen worden.

Die Kolostralphase ist sehr kurz und kann für die Ableitung des Teilbedarfs vernachlässigt werden. Ungeachtet der Unterschiede zwischen Kolostrum und reifer Milch sind zeitbedingte Änderungen in den Gehalten an Nährstoffen zu prüfen und gegebenenfalls in die Bedarfsableitung einzubeziehen; dies trifft für Protein (damit für die Aminosäuren bei konstantem Aminosäurenprofil) und die Mengenelemente Ca, P und Mg zu. Die entsprechenden Konzentrationsveränderungen in Abhängigkeit vom Laktationstag lassen sich einheitlich mit einer logarithmischen Anpassung beschreiben. Eine zeitabhängige Veränderung der Energiekonzentration ist nach vorliegender Auswertung nicht festzustellen.

Tabelle 2.2.11: Nährstoff- und Energiegehalte von Kolostrum und Milch von Pferden (nach Angaben zur Anzahl der untersuchten Pferde (N) gewichtete Mittelwerte)

	Kolostrum		reife Milch (ab 2. Tag)	
	N	Mittelwert	N	Mittelwert
Trockensubstanz	242	158	1538	105
Asche	97	5,95	670	4,64
Fett	468	18,7	2529	13,5
Rohprotein ¹⁾	463	84,2	2787	22,9
Laktose	394	48,5	2453	64,3
Energie	394	3304	2193	2138
Calcium	327	878	1738	1035
Phosphor	295	676	1657	602
Magnesium ²⁾	110	329	1022	72
Natrium ³⁾	154	485	509	174
Kalium	154	1068	862	659
Chlorid			360	278
Schwefel	21	1025	168	241
Kupfer	89	0,846	457	0,265
Zink	94	4,242	490	2,036
Eisen	77	0,930	486	0,649
Mangan	29	0,045	142	0,030
Selen	60	40,4	204	45,3

¹⁾⁻³⁾ für die reife Milch wurden folgende Werte ausgeschlossen: Rohprotein >45 g/kg, Magnesium >400 mg/kg, Natrium >1000 mg/kg

Tabelle 2.2.12: Weitere in Spuren vorkommende Elemente in der Milch von Pferden (mg/kg) (Anderson 1992)

Lithium	0,11
Molybdän	0,02
Silizium	0,16
Strontium	0,44
Titan	0,15
Aluminium	0,12
Bor	0,10
Barium	0,08

Futteraufnahme

Die tägliche Futteraufnahme variiert zwischen 90 und 110 g/kg LM^{0,75}. Diese Größenordnung kann auch für konzentratreiche Rationen angesetzt werden, während bei Stroh und strohreichen Rationen mit merklich geringerem Trockenmasseverzehr gerechnet werden muss. Die publizierten Daten zu Silagen liegen in ähnlicher Größenordnung wie für Stroh, allerdings wurde den Tieren dabei das Futter *ad libitum* angeboten, so dass ein höherer Verzehr angenommen werden darf. Der Gehalt der Ration an NDF korreliert mit der Futteraufnahme; ein Bestimmtheitsmaß von <0,7 deutet jedoch darauf hin, dass ein auf diesen Parameter basierendes Schätzmodell nicht sinnvoll ist.

Bei Stuten sind mit gemischten Rationen Verzehrsmengen von >150 g/kg LM^{0,75} pro Tag beobachtet worden.

Es wird daher von folgender mittlerer Futteraufnahme ausgegangen, die nicht identisch ist mit der Futteraufnahmekapazität (Angaben in g/kg LM^{0,75} pro Tag):

Erhaltung, leichte/schwere Pferde	110/90	
Arbeit	110-120	
Wachstum	110	
Laktation	für 200-500 kg LM	115-145
	> 500 kg KM	150-160

2.2.3 Futtermittelbewertung

Die Bewertung des eingesetzten Futtermittels hinsichtlich seines Energie- und Nährstoffgehaltes ist der eine entscheidende Faktor für die Empfehlungen einer bedarfsgerechten Versorgung. Grundlegende Festlegungen zu den Systemen für die energetische Futtermittelbewertung, sowie die Bewertung des Futterproteins wurden im Projekt vorbereitet und im Ausschuss für Bedarfsnormen abschließend diskutiert.

Energetische Bewertung von Futtermitteln für Pferde

Für die energetische Futtermittelbewertung wurde bisher die verdauliche Energie (DE) als Bewertungsstufe verwendet. Vertiefte Datenrecherche und –auswertung hat die Möglichkeit eröffnet, nunmehr die Bewertung von Futtermitteln hinsichtlich ihres energetischen Wertes auf Basis der Umsetzbaren Energie (ME) vorzunehmen.

Begründung für die Bewertungsstufe

Weltweit existieren Systeme zur energetischen Bewertung von Pferdefutter auf der Stufe von DE und Nettoenergie (NE). Die Schätzung des Gehaltes an DE im Pferdefutter ist mit hoher Sicherheit über die folgende Gleichung möglich (GfE 2003, modifiziert nach Zeyner und Kienzle 2002):

$DE \text{ (MJ/kg TM)} = - 3,54 + 0,0209 \text{ XP} + 0,0420 \text{ XL} + 0,0001 \text{ XF} + 0,0185 \text{ NFE}$, mit

DE: verdauliche Energie

XP: Rohprotein

XL: Rohfett

XF: Rohfaser

NFE: Stickstofffreie Extraktstoffe (Rohnährstoffe in g/kg TM). [Gleichung 2.1]

Im französischen Energiebewertungssystem wird zur Schätzung des NE-Gehaltes eines Futtermittels eine substratspezifische Verwertbarkeit der ME mit 85 % für Glucose, 80 % für langkettige Fettsäuren, 70 % für Aminosäuren und 63 bis 65 % für kurzkettige Fettsäuren angenommen (Martin-Rosset 2000). Weiterhin werden differenziert nach verschiedenen Futtermitteln beim Verzehr entstehende Energieverluste berücksichtigt (Vermorel und Mormède 1991, Vernet et al. 1995, Vermorel et al. 1997a, Vermorel und Martin-Rosset 1997, Martin-Rosset 2000). Dieses NE-System basiert daher auf sehr vielen Annahmen (NRC 2007) und ist ohne gut abgesicherte Schätzgleichungen.

Die DE ist als Bewertungsstufe für eine herbivore Spezies mit ausgeprägtem postilealen Fermentationsraum unbefriedigend, eine Bewertung auf der Stufe der NE allerdings wird für noch nicht hinreichend ausgereift angesehen. Die zusammenfassende Auswertung des relevanten Schrifttums ermöglichte die Ableitung einer Schätzgleichung zur energetischen Bewertung des Futters für Pferde auf der Stufe der ME.

Ermittlung der ME in Futtermitteln und Rationen

Der Verlust an **Methanenergie** variiert beim Großpferd zwischen 1,9 und 4,2 % der GE. Er kann beim Pony um bis zu 40 % höher sein als beim Großpferd (Vermorel et al. 1997b). Der Unterschied basiert offenbar nicht allein auf einer beim Pony überlegenen Verdauung von schwerverdaulichen Kohlenhydraten in Rationen mit höherem Gehalt an Rohfaser bzw. NDF (Hoffmann und Fuchs 1983, Vermorel et al. 1997b); denn auch in Bezug auf die DE verliert das Großpferd weniger Methanenergie (Vermorel et al. 1997b). Der auf die DE bezogene Methanenergieverlust variiert beim Großpferd zwischen 3,5 und 7 %.

Der deutlich überwiegende Teil der Varianz des Methanenergieverlustes wird beim Pferd durch den Gehalt an Rohfaser im Futter erklärt. Pro g verdauliche Rohfaser (DXF) bzw. XF gingen $4,2 \pm 1,3$ kJ bzw. $2,0 \pm 0,66$ kJ Methanenergie verloren (n = 51).

Weiterhin ist festzuhalten, dass der praecaecal nicht verdaute Anteil der Stärke beim Pferd eine beachtliche Größenordnung erreichen kann, mit möglichen Konsequenzen für den Energieverlust über Gärgase. Dieser Verlust kann jedoch zum gegenwärtigen Kenntnisstand auf folgenden Gründen bei der energetischen Futterbewertung nicht berücksichtigt werden:

1. Das Ausmaß des ileocaecalen Stärkeübertrittes kann mit den derzeit für die Futterbewertung vorliegenden Instrumentarien nicht hinreichend gut quantifiziert werden.
2. Stärkefermentation im equinen Dickdarm ist mit einer deutlich stärkeren Erhöhung der Wasserstoff- als der Methanbildung verbunden (in vivo: Zeyner 2002, Coenen et al. 2006; in vitro: Zeyner et al. 2007a, Müller et al. 2008), und dies offenbar bereits bei physiologischen Milieuverhältnissen (Müller et al. 2008).

Der **renale Energieverlust** variiert im Mittel zwischen 4 und 9,5 % der GE sowie 7 und 12 % der DE. Vermorel et al. (1997a, b) ermittelten an Ponys unter Erhaltungsbedingungen einen höheren renalen Energieverlust als bei Sportpferden, welche mit ähnlichen Rationen auf einem höheren Ernährungsniveau (1,25-1,35) gefüttert worden waren. Die körperliche Aktivität scheint als Einflussfaktor von untergeordneter Bedeutung zu sein. Dagegen steht der Harnenergieverlust in positiver Beziehung zur verzehrten Menge an Rohprotein (XP) (Hoffmann et al. 1967, Vermorel et al. 1997a, b). Die Aufnahme sowohl von leicht löslichen als auch von schwer verdaulichen Kohlenhydraten vermag offenbar den Harnenergieverlust zu reduzieren (Hoffmann et al. 1967, Vermorel et al. 1997a, b). Eine negative Beziehung zwischen Kohlenhydrataufnahme und renaler Energieausscheidung könnte aufgrund inverser Gehalte an XP und Kohlenhydraten im Futter artifizierlicher Natur sein, aber auch eine kohlenhydratinduzierte Stimulierung postilealer Fermentationsprozesse und die damit verbundene mikrobielle Stickstofffixierung widerspiegeln.

Nach einer Zusammenfassung der relevanten Literatur (Fingerling 1931, Burlacu et al. 1993, Kienzle et al. 2009) ist der XP-Gehalt im Futter der wichtigste Einflussfaktor auf den Harnenergieverlust. Er beträgt $16,7 \pm 1,80$ kJ/g nicht retiniertes XP, $10,1 \pm 1,98$ kJ/g verdauliches XP (DXP) bzw. $8,00 \pm 1,29$ kJ/g XP (n = 91). Systematische Effekte hinsichtlich der Nutzungsrichtung und der Aufnahmemenge bestanden nicht. Ein wesentliches Regulativ stellt offenbar der Gehalt an phenolischen Verbindungen im Futter dar, welche vor allem mit Zellwandbestandteilen assoziiert sind. Im Darm wird aus phenolischen Säuren Phenylalanin gebildet und nach der Absorption in der Leber zu Benzoessäure umgewandelt. Benzoessäure

wird nach der Konjugation mit Glycin renal als Hippursäure ausgeschieden. Diese ist energiereicher als Harnstoff. Aufgrund variabler Konzentrat-Grobfutter-Verhältnisse in Rationen für Pferde ist der geschilderte Umstand auch für die energetische Futterbewertung relevant, kann aber auf dem gegenwärtigen Stand des Wissens nicht hinreichend gut quantifiziert werden. So führte die Fütterung von 1 g XP/kg Lebendmasse und Tag über eine heureiche im Vergleich zu einer haferbetonten Ration bei Ponys zu einem deutlich höheren renalen Energieverlust pro g DXP (Kienzle et al. 2009). Da die XP-Verdaulichkeit bei der heureichen Fütterung niedriger war, wurde der Unterschied im renalen Energieverlust durch den Bezug auf XP weitgehend korrigiert. Ein solcher Effekt ist zwar nicht kausal begründet, aber systematisch zu erwarten, weswegen aus gegenwärtiger Sicht der Bezug des renalen Energieverlustes auf die Aufnahme an XP vor der an DXP der Vorzug gegeben werden sollte. Aus der Einbeziehung des renalen Energieverlustes von 8 kJ/g XP in Gleichung 2.1 resultiert die folgende Schätzung des Gehaltes an ME in Einzelfuttermitteln, Mischfuttermitteln und Rationen für Pferde:

ME (MJ/kg TM) = - 3,54 + 0,0129 XP + 0,0420 XL - 0,0019 XF + 0,0185 NFE, mit

ME = umsetzbare Energie

XP = Rohprotein

XL = Rohfett

XF = Rohfaser

NFE = Stickstofffreie Extraktstoffe (Rohnährstoffe in g/kg TM) [Gleichung 2.2]

Die Auswertung lassen die Schlussfolgerung zu, dass die energetische Futterbewertung auf der Stufe der ME auch beim Pferd möglich ist. Für die Neuauflage der Versorgungsempfehlungen hat der Ausschuss für Bedarfsnormen daher eine Veränderung im Bewertungssystem vorgesehen.

Proteinbewertung von Futtermitteln für Pferde

Beim Pferd erfolgt die Verdauung des XP bis zum Ende des Dünndarms durch körpereigene Enzyme und im Dickdarm mittels proteolytisch aktiver Mikroorganismen. Eine Absorption mikrobiell gebildeter Aminosäuren (AS) über die Dickdarmschleimhaut kann bei Equiden weitgehend ausgeschlossen werden (Slade et al. 1971, Wysocki und Baker 1975, McMeniman et al. 1987, Schmitz et al. 1990, Schubert 1992, Bochröder 1994, Schubert 1995). Daher sind Pferde auf die Zufuhr essentieller AS über die Nahrung angewiesen.

Zur praecaecalen Verdaulichkeit (pcVQ) von XP aus verschiedenen Futtermitteln liegen nur wenige Daten vor. Die angegebenen Verdaulichkeiten variieren zwischen 1 und 70 %. Neben der Konzentration an XP in der Ration (Farley et al. 1995) wird anderen Faktoren wie dem Gehalt an Nicht-Stärke-Polysacchariden (NSP) und der Intensität der kauenden Zerkleinerung des Futters ein Einfluss auf die pcVQ des XP zugesprochen (Meyer et al. 1989). Ein systematischer Einfluss der verwendeten Futtermittel bzw. Rationstypen war bei der Auswertung der Literaturdaten nicht erkennbar. Methodische Unterschiede zwischen den einzelnen Studien erschwerten den Vergleich der Versuchsergebnisse.

Zur pcVQ von AS liegt im Schrifttum nur eine experimentelle Studie vor (Almeida et al. 1999). In dieser Arbeit wurde an wachsenden Pferden (n = 5, mittlere Lebendmasse 330 kg) bei annähernd konstantem Gehalt an NDF und infolge der Zulage von Sojaschrot ansteigendem XP-Gehalt in der Ration pcVQ von AS zwischen 30 und 90 % gemessen. Über die pcVQ von AS aus Einzelfuttermitteln liegen für das Pferd keine gesicherten Angaben vor.

Konsequenzen für die Proteinbewertung

Aufgrund der quantitativ und qualitativ geringen Bedeutung des im Dickdarm verdauten XP (Ralston et al. 1986, Bertone 1988, Bertone et al. 1989) und dem bei Equiden bestehenden Erfordernis, essentielle AS mit der Nahrung zuzuführen, kann eine Proteinbewertung allein auf der Basis von XP oder verdaulichem XP fachlich nicht ausreichend begründet werden. Eine Proteinbewertung der Pferdefutter sollte daher auf der Basis des praecaecal verdaulichen (pcv) XP und von pcv AS erfolgen. Dieser Forderung steht das ausgesprochene Defizit an experimentell abgesicherten Ergebnissen zur pcVQ von XP und AS beim Pferd gegenüber.

Ein neues Konzept zur Proteinbewertung

Für die Bewertung der Proteinqualität in Futtermitteln für Pferde kann analog zu der Futtermittelbewertung für Wiederkäuer die Rohproteinfraktionierung des US-Amerikanischen Futtermittelbewertungssystems (Cornell-net-Carbohydrat-and Protein-System, Licitra et al. 1996) zu Grunde gelegt werden. Bei dieser Herangehensweise kann das XP unterschieden werden in die Fraktion des Zellinhaltes (Neutral Detergent lösliches Rohprotein – NDSCP) und in die Fraktion des an die Zellwand gebundenen Proteins (Neutral Detergent unlösliches Rohprotein – NDICP), welches als durch körpereigene Enzyme unverdaulich gilt (Mertens 1979, Waters et al. 1992).

Angaben zu den Gehalten an NDICP liegen sowohl für Raufuttermittel als auch Konzentratfuttermittel aus dem Bereich der Wiederkäuerernährung vor (Gruber et al. 2005, Kirchhof 2007, NRC 2001).

Im Umkehrschluss kann das NDSCP als potentiell praecaecal verdaulich angesehen werden. Die Datenauswertung ergab eine relativ enge Korrelation ($r^2=0,69$) zwischen dem experimentell ermittelten pcv XP und dem anhand von Tabellenwerten geschätzten aufgenommenen NDSCP in g/kg LM und Tag, wodurch oben getroffene Annahme bestätigt wird .

Eine gesondert zu bewertende Fraktion wird durch nicht fasergebundene NPN-Verbindungen gebildet. Mit Ausnahme von Silagen kann davon ausgegangen werden, dass diese Fraktion überwiegend durch freie AS repräsentiert wird, welche dem Pferd potentiell praecaecal verdaulich sind.

Das NDSCP berechnet sich wie folgt:

$$\text{NDSCP} = \text{XP} - \text{NDICP} \quad \text{[Gleichung 2.3].}$$

Für Silagen gilt:

$$\text{NDSCP} = \text{XP} - \text{NDICP} - (\text{NH}_3\text{-N} \times 6,25) \quad \text{[Gleichung 2.4].}$$

Weiterhin wird angenommen, dass das AS-Muster von NDICP und NDSCP weitgehend identisch ist (Rebolé et al. 2001, Tedeschi 2001). Unter dieser Bedingung kann der AS-Gehalt im Protein einzelner Futtermittel (DLG 1976, Kristensen et al. 1996) auch für das NDSCP unterstellt werden. Nach Anwendung der hier vorgeschlagenen Vorgehensweise auf die

Studie von Almeida et al. (1999) liegt die pcVQ der AS aus dem NDSCP in einem sehr hohen Bereich (97 ± 21 %). Auf Basis des gegenwärtigen Kenntnisstandes kann zwischen der pcVQ einzelner AS aus dieser Fraktion nicht sicher unterschieden werden. Vorläufig wird daher vorgeschlagen, für die pcVQ von NDSCP und aller potentiell pcv AS (= Neutral Detergent lösliche AS, NDSAS) pauschal einen Wert von 90 % zu unterstellen.

Der praecaecal verdauliche Anteil der Neutral Detergent löslichen Fraktionen (NDSCP, NDSAS) wird als pcv XP bzw. pcv AS bezeichnet. Die Berechnung des Gehaltes an pcv XP im Futter erfolgt gemäß Gleichung 2.5:

$$\text{pcv XP [g/kg TM]} = \text{NDSXP [g/kg TM]} \times 0,90 \quad \text{[Gleichung 2.5].}$$

Aufgrund der für alle AS unterstellten einheitlichen pcVQ kann weiterhin angenommen werden, dass das AS-Muster des NDSCP dem von pcv XP entspricht. Damit kann der Gehalt an pcv AS im Futter wie folgt geschätzt werden:

$$\text{pcv AS [g/kg TM]} = \text{pcv XP [g/kg TM]} \times 0,01 \text{ AS [g/100 g pcv XP]} \quad \text{[Gleichung 2.6].}$$

Ermittlung des Gehaltes an XP und pcvAS in Futtermitteln und Rationen

Der Gehalt an XP liegt für den deutlich überwiegenden Teil von Einzel- und Mischfuttermitteln tabellarisch vor bzw. er wird in der Routineanalytik erfasst. Die wichtigsten essentiellen AS können als pcv AS auf der Basis tabellierter bzw. analysierter Gehalte an XP, AS im XP, NDSCP und ggf. NH_3 sowie der Gleichungen 2.3 bis 2.6 ermittelt werden. Gleiches trifft auf den Gehalt an pcvXP zu, welcher für die Bedarfsableitung benötigt wird.

Schlussfolgerung

Die vorliegenden experimentellen Ergebnisse unter Zuhilfenahme modellhafter Ableitungen lassen eine Proteinbewertung von Pferdefutter auf der Basis von XP und pcv AS zu. Auch wenn die Datenlage zur Verdaulichkeit derzeit noch völlig unzureichend ist, so ermöglicht der Aufbau des Systems jederzeit eine Konkretisierung im Falle des Vorliegens neuer Daten zur Verdaulichkeit von Aminosäuren.

2.2.4 Artgerechte Fütterung und Futtermittelhygiene

Futtermittel- bzw. nährstoffspezifische Restriktionen

Praxisübliche Rationen für Pferde sind häufig energiereich, entweder um die gewünschte Leistung zu erreichen oder aufgrund einer Fehleinschätzung des tatsächlichen Bedarfes durch den Pferdehalter. Als Hauptenergieträger wird traditionell Getreidestärke eingesetzt, es werden aber auch Futterfette als energiereiche Komponente in die Rationsgestaltung einbezogen. Der Verdauungstrakt von Equiden ist an die Zufuhr hoher Mengen an Stärke und Fett nicht adaptiert. Überhöhte Einsatzmengen können über unterschiedliche Mechanismen enterale Fermentationsprozesse negativ beeinflussen und sogar zu gesundheitlichen Störungen führen. Daher sollte die Aufnahme stärke- und fettreichen Futters limitiert werden.

Stärke

Aufgrund der niedrigen Amylaseaktivität im Dünndarm des Pferdes, besteht bei der Zufuhr hoher Stärkemengen das Risiko, dass unerwünscht hohe Anteile den Dünndarm unverdaut passieren und im Dickdarm Verdauungsstörungen auslösen. Dies kann zu Koliken und Hufrehe führen, letztere im Gefolge einer caecalen Acidose). Die pcVQ von Stärke aus Getreidekörnern und stärkereichem Mischfutter variiert je nach Herkunft, Menge und Aufbereitung zwischen 20 und nahezu 100 % (Hintz et al. 1971, Wolter und Gouy 1976, Rosenfeld und Austbø 2009).

In der praktischen Fütterung sollte mehlähnliches und fein geschrotetes Getreide aufgrund der möglichen Begünstigung von Magenschleimhautschäden nicht eingesetzt werden, allerdings könnten fein zerkleinerte Komponenten als Bestandteil pelletierter Mischfuttermittel eine verbesserte Verdaulichkeit der Stärke bis zum Ende des Dünndarmes bedingen (Rosenfeld und Austbø 2009). Die praxisüblich gröbere Zerkleinerung von Getreidekörnern durch Quetschen, Brechen oder grobes Schrotten beeinflusst die pcVQ der Stärke nicht signifikant. Ein wesentlicher Teil der bestehenden Unterschiede hinsichtlich der Verdaulichkeit von Stärke bis zum Ende des Dünndarmes kann auf die Morphologie der Stärkegranula zurückgeführt werden (Kienzle et al. 1997). Diese ist durch Temperatur, Druck, Dampf- oder Mikrowellenbehandlung modifizierbar (Rosenfeld und Austbø, 2009). Experimente an Pferden unter Nutzung von Methoden, die Rückschlüsse auf eine Stärkewirkung in verschiedenen Segmenten des Verdauungstraktes erlauben (postprandiale glycaemische und insulinaemische Antwort, Wasserstoff- und Methanekonzentration im Exhalat, Milieuparameter und Metaboliten des mikrobiellen Stoffwechsels im Kotwasser, Gasbildung inkubierter Faeces) geben Hinweise darauf, dass verschiedene Aufschlussverfahren die pcVQ von Getreidestärke in unterschiedlichem Maße verbessern können, unter Umständen aber auch verschlechtern können (Zeyner 2002, Julliand et al. 2006, Vervuert et al. 2009). Aussagen zur systematischen Wirkung unterschiedlicher Aufschlussverfahren auf die pcVQ der Stärke sind bisher nicht möglich.

Precaecal hoch verdauliche Stärken können zu einer unerwünscht hohen postprandialen glycaemischen und insulinaemischen Antwort führen, welche möglicherweise bei disponierten Pferden ein noch nicht abschließend bewertbares Risikopotential birgt (Asplin et al. 2007, Bailey et al. 2007). Ein eindeutiges Risiko stärkereicher Fütterung besteht in der Begünstigung der Entwicklung auch schwerwiegender Magenschleimhautläsionen (Luthersson et al. 2009).

Die Auswertung der oben genannten Literatur legt den Schluss nahe, dass die an Pferde verabfolgte Stärkemenge aufgrund der beschriebenen Risiken limitiert werden sollte. Als Obergrenze wird eine Versorgung von **1 g Stärke je kg LM pro Mahlzeit** angesehen.

Fette

Equiden besitzen keine Gallenblase, außer bei Saugfohlen wurden Chylomikronen nicht oder nur in Spuren nachgewiesen (van Dijk und Wensing 1989, Kurcz et al. 1991, Watson et al. 1991) und das Cholesterinester-transferierende Protein, welches beim Menschen für die Übertragung von Cholesterinestern auf lebergängige Strukturen verantwortlich ist, fehlt offenbar (van Dijk und Wensing 1989, Kurcz et al. 1991, Watson et al. 1991). Die zur nahrungsabhängigen postprandialen Induzierbarkeit der Pankreaslipase vorliegenden Ergebnisse sind widersprüchlich (Heintzsch 1995).

Moderate Mengen an Futterfetten werden überwiegend gut aufgenommen. Auch die Verdaulichkeit des Rohfettes (XL) ist trotz fehlender Gallenblase hoch. Wie die Auswertung von 258 Verdauungsversuchen an Pferden zeigt, steigt die Verdaulichkeit des XL mit zunehmendem Fettgehalt im Futter zunächst linear an und bildet zwischen etwa 5 und 8 % XL in der TM ein Plateau (Zeyner 2008). Die pcVQ der Rohfettfraktion variierte in Rationen ohne Einsatz von Futterfetten zwischen 27 und 89 % (Krull 1984, Zeyner 2002, Zeyner et al. 2005). Bei Verwendung von Futterfetten lag sie regelmäßig in einem vergleichsweise hohen Bereich zwischen 61 bis 74 % (Eilmans 1991, Flothow 1994). Mögliche Effekte von Art und Menge des verabfolgten Fettes sind derzeit nicht sicher quantifizierbar.

Eine fettreiche Fütterung erhöht auch den Fettgehalt des Dickdarminhalts und kann ab einem bestimmten Niveau die cellulolytische Aktivität der dort etablierten Mikroorganismen reduzieren. Tatsächlich nimmt die Verdaulichkeit von Faserfraktionen (XF, NDF) beim Pferd mit ansteigendem Fettgehalt im Futter ab (Jansen et al. 2002, Zeyner 2002, Zeyner 2008). Unter der Bedingung, dass bei isoenergetischem Austausch von Stärke gegen Fett einer Acidose im Dickdarmbereich entgegengewirkt wird, ist der Substrataustausch zunächst mit einem Anstieg der Verdaulichkeit von Faserfraktionen verbunden. Bei weiter zunehmendem Fettgehalt erfolgt dann wiederum eine Reduktion der Faserverdaulichkeit (Zeyner 2002). Es kann erwartet werden, dass die fettbedingte Verdauungsdepression von einer verzögerten Dickdarmpassage des Chymus begleitet wird.

Bei langsamer Gewöhnung an fettreiches Futter und Verteilung des Futterfettes auf wenigstens drei Mahlzeiten pro Tag können Pferde bis zu 1 g separat zugelegtes Pflanzenöl pro kg LM erhalten (Zeyner 2002). Teilgehärtete Öle als Bestandteil kompaktierter Mischfuttermittel sind möglicherweise besser verträglich (Zeyner 2008), dies kann jedoch noch nicht abschließend bewertet werden. Es wird daher empfohlen, nicht mehr als 1 g Fett pro kg LM und Tag bzw. maximal 0,33 g/kg LM und Mahlzeit zu verabreichen.

Anforderungen an die Versorgung mit strukturwirksamen Futtermitteln

Bei domestizierten Pferden beeinflussen die Art und die Menge an strukturwirksamen Futtermitteln sowohl die Gesundheit des Verdauungstraktes als auch postabsorptive Vorgänge und verantworten so maßgeblich das Wohlbefinden der Tiere. Besonders kritisch ist eine inadäquat niedrige Versorgung im Hinblick auf die Entstehung von Schäden am Gebiss (Bonin et al. 2007) und an der Magenschleimhaut (Meyer et al. 1986) sowie hinsichtlich der Entwicklung von Dickdarmacidose (Medina et al. 2002, Williamson et al. 2007), Koliken (Tinker et al. 1997) und Verhaltensauffälligkeiten (McGreevy et al. 1995, Zeyner 2002) zu werten. Derartige Probleme werden wahrscheinlich durch ein gleichzeitig hohes Angebot an stärke-reichen Futtermitteln verstärkt (Medina et al. 2002). Orale Stereotypien und Dysphagien konnten in einigen Experimenten durch die Zulage von Heu zu stärkereichen Konzentraten abgestellt werden (Gillham et al. 1994, Zeyner et al. 2004). Pferde sind offenbar auch spontan bestrebt die Auswirkungen einer zeitweise niedrigen Aufnahme an strukturwirksamen Futtermitteln durch exzessiven Konsum rohfaserreichen Futters zu kompensieren.

Insgesamt stellt das Angebot ausreichender Mengen an strukturwirksamen Futtermitteln eine wesentliche Forderung artgerechter Rationsgestaltung dar. Die dafür relevante Menge kann auf der Basis der vorliegenden experimentellen Ergebnisse nicht exakt ermittelt werden. Basierend auf Ergebnissen zum Kot-pH-Wert empfehlen Williamson et al. (2007) die Gabe von mindestens 2,25 kg Heu pro Tag an Galopprennpferde. Dem entsprechen bei einer angenommenen LM von 450 kg 0,5 kg/100 kg LM und Tag. In einem Versuch mit konstantem Konzentratangebot (2 x 0,5 kg Hafer/100 kg LM pro d) an Warmblutpferde waren bei schrittweiser Zunahme der Menge an Knaulgrasheu (0,50, 0,67, 0,83 und 1,00 kg/100 kg LM pro d mit 60 % NDF, 36 % ADF und 3,9 % ADL in der TM) mit der Gabe von 1 kg Heu/100 kg LM und Tag sowohl ein Plateau der bis zu dieser Menge angestiegenen Titrationsazidität des Kotes erreicht als auch Verhaltensanomalien abgestellt worden (Zeyner et al. 2004). Es kann daher die Gabe von **1 kg Heu/100 kg LM und Tag** an adulte Pferde als die unbedingt erforderliche Menge zur Gesunderhaltung des Verdauungstraktes und zur Vermeidung von abnormem Verhalten empfohlen werden. Vermutlich können die Effekte auch mit Futtermitteln erreicht werden, die eine dem Heu vergleichbare Strukturwirksamkeit haben. Dies wird gegenwärtig in einer Arbeitsgruppe des AfBN noch diskutiert.

Die angegebene Versorgung mit 1 kg Heu/100 kg LM und Tag bzw. die TM-äquivalente Zufuhr an anderen Grobfuttermitteln charakterisiert die zur Aufrechterhaltung der Darmgesundheit unbedingt notwendige Menge. Es ist zu erwarten, dass eine höhere Versorgung dem artspezifischen Bedürfnis nach lang anhaltender Futteraufnahme und dem damit verbundenen physiologischen Zahnabrieb in weit stärkerem Maße gerecht würde. Die dafür erforderliche Menge kann auf dem derzeitigen Stand des Wissens nicht sicher quantifiziert werden. Bei der Aufnahme von 1 kg Heu/100 kg LM und Tag und einer mittleren Verzehr-dauer von 40 min/kg Heu (Zeyner et al. 2009) würde ein Warmblutpferd etwa 4 Stunden am Tag mit der Aufnahme des Grundfutters beschäftigt sein. Da auch domestizierte Pferde auf der Weide 12 bis 16 Stunden am Tag grasen (Krull 1994), ist die über die geschilderte Heumenge zu erreichende Zeit artspezifischen Futteraufnahmeverhaltens offenbar zu kurz. Mit der Gabe von 1,5 kg Heu pro 100 kg LM und Tag könnte die Futteraufnahmezeit deutlich erhöht werden, ohne bei den meisten Pferden eine zu hohe Energiezufuhr über das

Grundfutter befürchten zu müssen. Jedoch ist zu beachten, dass bei Equiden, die zur Verfettung neigen, Heu und Silage aus energetischen Gründen teils deutlich limitiert angeboten werden müssen. Die Gabe an Stroh sollte generell auf 1 kg pro 100 kg LM und Tag begrenzt werden um Obstipationskoliken zu vermeiden.

Anforderungen an die Wasserversorgung und Wasserqualität

Neben der Versorgung mit Energie und essentiellen Nährstoffen ist die Bereitstellung einer ausreichenden Wassermenge in geeigneter Qualität eine entscheidende Voraussetzung für Gesundheit und Leistung der Pferde. Dabei ist die Wasserversorgung aber nicht nur unter dem Aspekt der Qualität des Tränkwassers zu sehen. Ausdrücklich wird unter den allgemeinen Anforderungen der Tierschutz-Nutztierhaltungs-Verordnung (VO) (31. August 2006) auch die Wasserversorgung aufgeführt. Wasser hat nachweislich eine wesentliche Bedeutung für den Zellturnover, diverse Verdauungsprozesse, den Nährstofftransport, die Ausscheidung harnpflichtiger Substanzen und, beim Pferd besonders wichtig, die Thermoregulation.

Wasserbedarf und Wasseraufnahme

Die Versorgung der Pferde mit Wasser erfolgt über Futtermittel sowie separat vom Futter angebotenes Tränkwasser. Über Kot und Harn, bei Pferden aber auch, je nach Beanspruchung und körperlicher Arbeit, über den Schweiß geht Wasser dem Tier wieder verloren. Bei laktierenden Stuten erfolgt des Weiteren eine erhebliche Abgabe von Wasser über die Milch. Generell ist bei Pferden in Abhängigkeit von der Leistung auch eine mengenmäßig bedeutende Abatmung von Wasser zu berücksichtigen, die zwischen 5 (Ruhe) und 15 (moderate Belastung) L/Tag bei einem 500 kg schweren Pferd variieren kann (Heilemann et al. 1990).

Während in früheren Jahren häufig absolute Angaben zur Wasseraufnahme („Wasserbedarf“) verwendet wurden, dient heute die Relation von Wasser- zur Futteraufnahme einer näheren Charakterisierung des notwendigen Wasserangebots. Hierbei wird die Abhängigkeit der Wasseraufnahme von der Futteraufnahme, die selbst wieder entsprechend der Leistung variiert, berücksichtigt (Tabelle 2.2.13).

Ist die Wasserbilanz durch eine größere Abgabe von Wasser infolge der Leistung des Tieres beeinflusst, so sind prinzipiell zwei Situationen zu unterscheiden: Bei laktierenden Tieren steigt infolge des höheren Energiebedarfs auch die Futteraufnahme, so dass die Wasser:Futter-Relation nicht wesentlich verändert wird. Kommt es jedoch bei Pferden zu einer forcierten Schweißbildung, so sind die schweißbedingten Wasserverluste (Meyer 1995) häufig um ein Vielfaches höher als die aufgrund der höheren Futteraufnahme erfolgende forcierte Wasseraufnahme.

Tabelle 2.2.13: Wasseraufnahme von Pferden

	Liter je kg TM-Aufnahme
Übliche Haltungs- und Fütterungsbedingungen	3 – 3,5
Körperliche Belastung und höhere Umgebungstemperatur ¹⁾	bis 7

¹⁾ weitere Einflussfaktoren: Rohfaseraufnahme und Verdaulichkeit der Ration sowie Nährstoffe, deren Überschüsse renal ausgeschieden werden

Tränkwasserqualität

Nach der Futtermittelhygiene-VO muss Tränkwasser generell so beschaffen sein, dass es für die betreffenden Tiere geeignet ist (Tabelle 2.2.14). Allgemein ist davon auszugehen, dass Trinkwasser für den Menschen, das den Vorschriften der Trinkwasser-VO entspricht, grundsätzlich für Tiere geeignet und damit unbedenklich ist. Das Grundwasser bzw. das angebotene Wasser sollten frei sein von Salmonella, Campylobacter und E. coli sein. Die aerobe Gesamtkeimzahl sollte 1.000 KbE/mL bei 37°C und 10.000 KbE/mL bei 20°C nicht überschreiten.

Tabelle 2.2.14: Charakterisierung eines für Pferde geeigneten Tränkwassers

Anforderungen ¹⁾	Erläuterung
Schmackhaftigkeit	Voraussetzung für eine ausreichende Wasseraufnahme (damit auch Voraussetzung für adäquate TM-Aufnahme)
Verträglichkeit	Inhaltsstoffe und/oder unerwünschte Stoffe sowie Organismen nur in einer für die Tiere bzw. die von ihnen gewonnenen Lebensmittel nicht schädlichen bzw. nachteiligen Konzentration
Verwendbarkeit	Keine nachteiligen Effekte auf die bauliche Substanz (z.B. die Gebäude- und Tränketeknik) sowie bei sonstiger Nutzung ²⁾ des Wassers

¹⁾ implizieren eine entsprechende sensorische Qualität (z.B. keine Trübung, frei von Fremdgeruch und Fremdgeschmack)

²⁾ z.B. auch bei Applikation von Arzneimitteln, bestimmten Futtermittelzusatzstoffen etc.

Anforderungen an die Futtermittel- und Fütterungshygiene

Neben der bedarfsgerechten Versorgung mit Energie und Nährstoffen ist ein entsprechender Hygienestatus des Futters und der Einstreu eine wesentliche Voraussetzung für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Pferde. Koliken oder Störungen am Atmungstrakt stehen nicht selten im Zusammenhang mit Mängeln im Hygienestatus von Futtermitteln und Einstreu (Kamphues 1996, 2005a).

Bei der Beschreibung der hygienischen Beschaffenheit von Futter und Einstreu geht es um Parameter (Übersicht 1), die zum Teil schon makroskopisch erkannt werden können (evtl. Lupenbetrachtung zur Identifizierung von Vorratsschädlingen (Kamphues und Reichmuth 2000), teils aber auch erst mit aufwendigen Analysen aufzudecken bzw. zu quantifizieren sind (insbesondere mikrobiell gebildete Toxine).

Übersicht 1: Parameter der hygienischen Qualität von Futtermitteln und Einstreu
(modifiziert nach Kamphues 1996)

Belastung des Futters mit	Vorkommen in Futtermitteln für Pferde (Beispiele)
- Verunreinigungen	Spreu in ungereinigtem Hafer; Erde/Sand an Rüben, Möhren in Silagen sowie in Heu und Stroh; Nagerkot in offen gelagerten Futtermitteln
- Vorratsschädlingen	Käfer/Motten in Getreide, Mischfutter; Milben in Getreide, Kraft- und Raufutter; Moderkäfer in feuchtem Heu und Stroh
- Pilzen/Hefen	Feldpilze an Grünfutter, Getreide; Lagerpilze an Kraft- und Raufutter; Hefen in Silagen und feuchten Futtermitteln
- Bakterien	Epiphyten in frisch geerntetem Getreide; Verderbniserreger auf allen Futtermitteln bei unsachgemäßer Lagerung
- mikrobiell gebildeten Substanzen	von Feld- bzw. Lagerpilzen gebildete Toxine (Mykotoxine); von Bakterien stammende Endo- und Exotoxine

Wegen seiner großen Bedeutung in der Pferdefütterung verdient der Hygienestatus von **Hafer** besondere Beachtung. Als Folge einer häufig höheren Belastung mit Keimen und des bei Hafer verbreiteten Quetschens oder Walzens ist eine besondere Disposition für den mikrobiellen Verderb unabweisbar (Zeyner et al. 2007b). Quetsch- oder Walzhafer können nur kurzfristig gelagert werden, es sei denn, es erfolgen entsprechende konservierende Zusätze. Auch Zusätze von Öl können evtl. günstig, d.h. einem schnellen Verderb entgegen wirken (Zeyner et al. 2007b).

Zudem lässt sich mit bestimmten Techniken der Futterzubereitung (Wässern von staubendem Raufutter, Heuaufbereitungsmaschinen) die Verträglichkeit von Futtermitteln ganz entscheidend verbessern (Coenen und Vervuert 2008), da bei Minderung des Staubgehalts in trockenen Futtermitteln die Exposition des Atmungstraktes erheblich reduziert wird.

Werden Futtermittel mit Mängeln im Hygienestatus verwendet, so sind neben möglichen Infektionen mit pathogenen Mikroorganismen (Futter als Vektor für Salmonellen, Listerien, Leptospiren usw.) nachteilige Effekte wie eine forcierte Gasbildung im Verdauungstrakt, eine partiell gestörte Passage, leichte Reizungen der Darmschleimhaut in Form von unspezifischen Koliken, evtl. auch Durchfall oder Obstipationen möglich (Meyer 1979, Kamphues 2005b, Wolf et al. 2005).

Der Einsatz hygienisch kritischer Futtermittel ist für den Atmungstrakt eine besondere Belastung, da feinpartikuläre Bestandteile, die um ein Vielfaches stärker mit Milben, Pilzsporen und Endotoxinen belastet sind als das Futter insgesamt (Rade und Kamphues 1999), die Qualität der inhalierten Luft beeinflussen. Diese Exposition ist dabei nicht auf die Zeit der eigentlichen Futteraufnahme begrenzt, sondern erstreckt sich auf längere Phasen zwischen den Fütterungszeiten.

Abschließende Anmerkungen zum Kapitel 2.2

Mit den Ausarbeitungen des Kapitels 2.2 sind neue Konzepte zur Futterbewertung entwickelt und Grunddaten für die Formulierung von Versorgungsempfehlungen, einschließlich Aspekten der artgerechten Fütterung, zusammengestellt worden. Die Ausarbeitungen sind kontinuierlich in die Arbeit des AfBN eingeflossen. Die Neufassung der Versorgungsempfehlungen des Ausschusses ist somit weit vorangeschritten. Bei der letzten Sitzung des Ausschusses, die am 3. und 4. März 2011 stattfand und bei der ausschließlich die Pferdebrochure auf der Tagesordnung stand, haben sich die Mitglieder des Ausschusses und die Sachverständigen darauf verständigt, die Brochure noch im Jahr 2011 fertigzustellen.

Literatur zum Kapitel 2.2

- Almeida F.Q., S. C. Valadares Filho, J. L. Donzele, J. F. C. da Silva, A. C. Queiroz, M. I. Leão, P. R. Cecon (1999). Prececal digestibility of amino acids in diets for horses. Proceedings of the 16th Equine Nutrition and Physiology Symposium, 274-779.
- Anderson, R. R. (1992). Comparison of trace elements in milk of four species. Journal of Dairy Science 75(11), 3050 – 5.
- Asplin, K., Sillence, M., Pollitt, C., McGowan, C. M. (2007). Induction of laminitis by prolonged hyperinsulinaemia in clinically normal ponies. The veterinary Journal doi:10.1016/j.tvjl.2007.07.003.
- Bailey, S.R., N.J. Menzies-Gow, P.A. Harris, J.L. Habershon-Butcher, C. Crawford, Y. Berhane, R.C. Boston, J. Elliott (2007). Effect of dietary fructans and dexamethasone administration on the insulin response of ponies predisposed to laminitis. Journal of American Veterinary Medical Association 231,1365-1373.
- Bertone A. L. (1988). Equine intestinal function and adaptation to extensive large colon resection. Dissertation. Abstr. Int. B 49, 1566.
- Bertone A. L., P. J. Van Soest, D. Johnson, S. L. Ralston (1989). Large intestinal capacity, retention times, and turnover rates of particulate ingesta associated with extensive large-colon resection in horses. American Journal of Veterinary Research 50, 1621-1627.
- Bochröder B. (1994). Untersuchungen zur Passage basischer Aminosäuren durch Mukosa-Membranen des proximalen Kolons in vitro sowie zum Lysinbedarf laktierender Stuten mittels 15N-Isotopenverdünnungsmethode. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- Bonin S.J., H. M. Clayton , J. L. Lanovaz, T. Johnston (2007). Comparison of mandibular motion in horses chewing hay and pellets. Equine Veterinary Journal 39, 258 – 262.
- Burlacu G., D. Voicu, I. Voicu, M. Nicolae, E. Petrache, Gh. Georgescu, S. Balan (1993). Study on the energy and protein metabolism in horses. Archives of Animal Nutrition 45, 173-185.
- Coenen, M., S. Kirchhof, E. Kienzle, A. Zeyner (2010). Aktualisierung von Grunddaten für die faktorielle Ableitung des Energie- und Nährstoffbedarfs laktierender Stuten. Übersichten zur Tierernährung 38, 91-121.

- Coenen M., A. Mosseler, I. Vervuert (2006). Fermentative gases in breath indicate that inulin and starch start to be degraded by microbial fermentation in the stomach and small intestine of the horse in contrast to pectin and cellulose. *Journal of Nutrition* 136, 2108S-2110S.
- Coenen, M., I. Vervuert (2008). Bitte nicht durchatmen - Die Gesundheit des Atemtraktes beim Pferd - eine Aufgabe für Futter und Fütterung. *HundkatzePferd* 1, 38-41.
- DLG (1976). Aminosäuregehalte in Futtermitteln. Hrsg.: Universität Hohenheim – Dokumentationsstelle. Frankfurt am Main: DLG-Verlag.
- Doreau, M., S. Boulot, W. Martin-Rosset, J. Robelin (1986). Relationship between nutrient intake, growth and body composition of the nursing foal. *Reprod. Nutr. Dévelop.* 26 (2B), 683-690.
- Douglas, R. H., O. J. Ginther (1975). Development of the equine fetus and placenta. *Journal of Reproduction and Fertility Suppl.* 23, 503-505.
- Dusek, J., L. Richter (1972). Änderungen der Körpermasse von Stuten im Verlauf der Gravidität. *Archiv für Tierzucht* 15, 361-366.
- EAAP (2004). Nutrition of the performance horse. Publication No. 111. (Ed.: Juliand V., Martin-Rosset M.) Wageningen Academic Publishers.
- EAAP (2006). Nutrition and feeding of the broodmare. Publication No. 120. (Ed.: Juliand V., Martin-Rosset M.) Wageningen Academic Publishers.
- Eilmans, I. (1991). Fettverdauung beim Pferd sowie die Folgen einer marginalen Fettversorgung. Hannover. Tierärztl. Hochsch., Diss.
- Farley E., G. Potter, P. G. Gibbs, J. Schumacher, M. Murray-Gerul (1995). Digestion of soybean meal protein in the equine small and large intestine. *Proceedings of the 14th Equine Nutrition and Physiology Symposium*, 24-29.
- Flade, J.E. (1957). Wachstum und Entwicklung beim Pferd - eine Betrachtung über die Fohlenaufzucht. *Tierzucht* 11[163 (B)], 163-170.
- Flade, J.E., 1959: Shetlandponies. Ziemsen Verlag, Wittensen.
- Flothow, C. (1994) Einfluss von kokosfett und Sojaöl auf Preileale Verdauungsvorgänge beim Pferd. Hannov. Tierärztl. Hochsch. Diss.
- Fingerling, G. (1931). Energieumsatz im Ruhestoffwechsel. *Landwirtschaftliches Jahrbuch* 73, 301 – 314.
- Fowden, A. L., A. J. Forhead, White, K. L., Tayler, P. M. (2000a). Equine uteroplacental metabolism at mid- and late gestation. *Experimental Physiology* 85(5), 539-545.
- Fowden, A. L., P. M. Taylor, K. L. White, A. J. Forhead (2000b). Ontogenic and nutritionally induced changes in fetal metabolism in the horse. *Journal of Physiology* 528 (1), 209-219.
- Gee, E.K., P. F. Fennessy, P. C. H. Morel, N. D. Grace, E. C. Firth, T. D. Mogg (2003). Chemical body composition of 20 Thoroughbred foals at 160 days of age, and preliminary investigation of techniques used to predict body fatness. *New Zealand Veterinary Journal* 51(3), 125-131.
- GfE (1994). Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung des Pferdes. DLG-Verlag, Frankfurt.
- GfE (2003). Communications of the Committee for Requirement Standards of the Society of Nutritional Physiology. Prediction of digestible energy (DE) in horse feed. *Proceedings of the Society of Nutrition and Physiology* 12, 123-126.

- Gillham, S.B., N.H. Dodman, L. Shuster, R. Kream, W. Rand (1994). The effect of cribbing behavior and plasma β -endorphin in horses. *Applied Animal Behaviour Science* 41, 147-153.
- Grace, N. D., S. G. Pearce, E. C. Firth, P. F. Fennessy (1999). Content and distribution of macro- and micro-elements in the body of pasture-fed young horses. *Australian Veterinary Journal* 77, 172- 180.
- Gruber L., G. Stögmüller, K. Taferner, L. Haberl, G. Mairhofer, B. Steiner, A. Steinwidder, A. Schauer, W. Knaus (2005). Protein- und Kohlenhydratfraktionen nach dem Cornell System sowie ruminaler Trockenmasseabbau in situ von energie- und proteinreichen Kraftfuttermitteln. *Übersichten Tierernährung* 33, 129 – 143.
- Heilemann, M., A. J. Woakers, D. H. Snow (1990). Untersuchungen zum respiratorischen Wasserverlust bei ruhenden und arbeitenden Pferden. *Fortschritt in Tierphysiologie und Tierernährung* 21, 52-59.
- Heintzsch A. (1995). Effekte einer Zumischung (alpha-Amylase, ylanase, β -Glucosidase, Pectinase) als Futteradditiv auf die praeileale Verdaulichkeit stärkereicher Rationen beim Pferd. Hannover: Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Hesse, H. (1957) Entwicklung und Wachstumsverlauf bei Kleinpferden. *Tierzüchtung und Züchtungsbiologie* 70, 175-181.
- Hintz, H. F., Hogue, D. E., Walker, E. F., Lowe, J. E., Schryver, H. F. (1971). Apparent digestion in various segments of the digestive tract of ponies fed diets with varying roughage-grain ratios. *Journal of Animal Science* 32, 245 – 248.
- Hoffmann L., W. Klippel, R. Schiemann (1967). Untersuchungen über den Energieumsatz beim Pferd unter besonderer Berücksichtigung der Horizontalbewegung. *Archiv für Tierernährung* 17, 441-449.
- Hoffmann M., R. Fuchs (1983). Vergleichende Untersuchungen zur Verdaulichkeit der Rohrnährstoffe bei Warmblutpferden und Ponys. In: *Züchtung, Ernährung und Wachstum von Pferden. IV. Internationales Wissenschaftliches Symposium (Bd. II)*. Leipzig: 01.-03. Nov. 1983, 325-333.
- Hois, C. (2004). Feldstudie zur Gewichtsentwicklung und Gewichtsschätzung beim wachsenden Pferd. Dissertation. Tierärztliche Fakultät der LMU München.
- Hois, C., E. Kienzle, A. Schulze (2005). Gewichtsschätzung und Gewichtsentwicklung bei Fohlen und Jungpferden. *Pferdeheilkunde* 21 (6), 552-558.
- Jansen, W.L., S.N. Geelen, J. van der Kuilen, A.C. Beynen (2002). Dietary soyabean oil depresses the apparent digestibility of fibre in trotters when substituted for an iso-energetic amount of corn starch or glucose. *Equine Veterinary Journal* 34(3), 302-305.
- Julliand, V., A. de Fombelle, M. Varloud (2006). Starch digestion in horses: The impact of feed processing. *Livestock Science* 100(1), 44 – 52.
- Kamphues, J. (1996). Risiken durch Mängel in der hygienischen Qualität von Futtermitteln für Pferde. *Pferdeheilkunde* 12, 326 – 332.
- Kamphues, J., C. Reichmuth (2000). Vorratsschädlinge in Futtermitteln. Potenzielle Schadorganismen und Stoffe in Futtermitteln sowie in tierischen Fäkalien. Sachstandsbericht, Mitteilung 4, DFG, Wiley-VCH, Weinheim 238 – 284.
- Kamphues, J. (2005a). Futter-/Fütterungshygiene. *Proceedings of the Society of Nutrition and Physiology* 14, 169 – 173.
- Kamphues, J. (2005b). A systematic approach to evaluate the hygienic quality of feedstuffs for horses. *Pferdeheilkunde* 21, 15 – 18.

- Kienzle, E., S. Schramme (2004). Beurteilung des Ernährungszustandes mittels Body Condition Scores und Gewichtsschätzung bei adulten Warmblutpferden. *Pferdeheilkunde* 20 (6), 517-524.
- Kienzle, E., J. Pohlenz, S. Radicke (2007). Morphology of starch digestion in the horse. *Journal of Veterinary Medicine Series A* 44(1-10), 207 – 221.
- Kienzle E., L. Berchthold, A. Zeyner (2009). Effect of hay versus concentrate on urinary energy excretion in horses. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 18, 118.
- Kirchhof, S. (2007). Kinetik des ruminalen in situ-Nährstoffabbaus von Grünlandaufwüchsen des Alpenraumes unterschiedlicher Vegetationsstadien sowie von Maissilagen und Heu – ein Beitrag zur Weiterentwicklung der Rationsgestaltung für Milchkühe. Dissertation, Agrarwissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrechts-Universität Kiel.
- Kristensen M. B., J. C. Flye, M. R. Weisbjerg, T. Hvelplund (1996). Aminosyretabel. Indhold af aminosyrer AATmetionin & AATLysin i fodermidler til kvæg. Landsudvalget for Kvæg. Rapport Nr. 60.
- Krull, H.D. (1984): Untersuchungen über die Aufnahme und Verdaulichkeit von Grünfütter beim Pferd. Hannover: Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Kurcz. E. V., W. A. Schurr. J. A. Marchello., S. P. Cuneo (1991). Dietary fat supplementation changes lipoprotein composition in horses. In: *Proc. 12th Eq. Nutr. Physiol. SOC. Symp.* p 253. Univ. of Calgary, Alberta, Canada.
- Licitra G., T. M. Hernandez, P. J. Van Soest (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57, 347 – 358.
- Lindner, A. (1983). Untersuchungen zum Natriumstoffwechsel des Pferdes bei marginaler Versorgung und zusätzlicher Bewegungsbelastung. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Luthersson, N., K. Hou Nielsen, P. Harris, T. D. H. Parkin (2009). Risk factors associated with equine gastric ulceration syndrome (EGUS) in 201 horses in Denmark. *Equine Veterinary Journal* 41(7), 625 – 630.
- Mack, J. (2006). Einfluss des Kraftfutterangebots auf Parameter des Wachstums bei Warmblutfohlen. Dissertation, Tierärztliche Fakultät, LMU München.
- Martin-Rosset W. (2000). Feeding standards for energy and protein for horses in France. *Proc. 2000 Equine Nutr. Conf. for Feed Manufacturers*, pp. 31-94.
- McGreevy, P., C. J. Nicol, P. Cripps, L.Green, N. French (1995). Management factors associated with stereotypic and redirected behaviour in the thoroughbred horse. *Equine Veterinary Journal* 27, 86 – 91.
- McMeniman N. P., R. Elliot, S. Groenendyk, K. F. Dowsett (1987). Synthesis and absorption of cysteine from the hindgut of the horse. *Equine Veterinary Journal* 19, 192-194.
- Médina, B., I. D. Girard, E. Jacotot, V.Julliand (2002). Effect of a preparation of *Saccharomyces cerevisiae* on microbial profiles and fermentation patterns in the large intestine of horses fed a high fiber or a high starch diet. *Journal of Animal Science* 80: 2600-2609.
- Mertens D.R. (1979). Adjusting heat-damaged protein to a CP basis. *Journal of Animal Science* 42, 259.

- Meyer, H., L. Ahlswede (1976). Über das intrauterine Wachstum und die Körperzusammensetzung von Fohlen sowie den Nährstoffbedarf tragender Stuten. *Übersichten Tierernährung* 4, 263-292.
- Meyer, H. (1979). Bedeutung von Futter und Fütterung bei Koliken des Pferdes. *Tierärztliche Praxis* 7, 221 - 227
- Meyer, H., M. Coenen, D. Probst (1986). Futtereinspeichelung und –passage im Kopfdarm des Pferdes. Beiträge zur Verdauungsphysiologie des Pferdes, 14. Mitteilung, *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 56,171-183.
- Meyer H., J. Arndt, T. Behfeld, H. Elbers, C. Schünemann (1989). Praecaecale und postileale Verdaulichkeit verschiedener Eiweiße. *Fortschritt in Tierphysiologie und Tierernährung* 19, 59-77.
- Meyer, H., B. Stadermann (1991). Energie- und Nährstoffbedarf tragender Stuten. *Pferdeheilkunde* 7, 10-20.
- Meyer, H. (1995). *Pferdefütterung*. 3rd ed. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin/Wien, Österreich.
- Müller, C.E., D. von Rosen, P. Udén (2008). Effect of forage conservation method on microbial flora and fermentation pattern in forage and in equine colon and faeces. *Livestock Science* 119(1-3), 116 - 128.
- NRC (2001). *Nutrient Requirement of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition.* (Ed.: National Research Council of the National Academies) Washington DC: National Academy Press.
- NRC (2007). *Nutrient Requirements of Horses* (Ed.: National Research Council of the National Academies. Committee on Nutrient Requirements of Horses. Board on Agriculture and Natural Resources. Division on Earth and Life Studies). 6th revised edition. Washington D.C.: The National Academies Press.
- Pagan, J. D., S. G. Jackson, S. Caddel (1996). A summary of growth rates of thoroughbreds in Kentucky. *Pferdeheilkunde Sonderheft* 12:291-295.
- Platt, H. (1978). Growth and maturity in the equine fetus. *Journal of the Royal Society of Medicine* 71(9), 658-61.
- Platt, H. (1984). Growth of the equine foetus. *Equine Veterinary Journal* 16, 247-252.
- Rade, C., J. Kamphues (1999). Zur Bedeutung von Futter und Fütterung für die Gesundheit des Atmungstraktes von Tieren sowie von Menschen in der Tierbetreuung. *Übersichten zur Tierernährung* 27, 65 – 121.
- Ralston S. L., K. E. Sullins, T. S. Stashak (1986). Digestion in horses after resection or ischemic insult of the large colon. *American Journal of Veterinary Research* 47, 2290-2293.
- Rebolè, A., J. Treviño, R. Caballero, C. Alzueta (2001). Effect of maturity on the amino acid profiles of total and nitrogen fractions in common vetch forage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81, 455 – 461.
- Rosenfeld, I., D. Austbø (2009). Digestion of cereals in the equine gastrointestinal tract measured by the mobile bag technique on caecally cannulated horses. *Animal Feed Science and Technology* 150(3-4), 249 – 258.
- Schmitz, M., F. Ahrens, H. Hagemeister (1990). Beitrag der Absorption von Aminosäuren im Dickdarm zur Proteinversorgung bei Pferd, Rind und Schwein. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 64, 12-13.
- Schubert, R. (1992). Verwertung von 15N-Harnstoff für die intestinale Synthese von Bakterienprotein und für die Milchbildung bei Ponystuten. *Pferdeheilkunde. Sonderausgabe*, 137-139.

- Schubert, R. (1995). Untersuchungen zum Stickstoff- und Aminosäuren-Stoffwechsel laktierender Stuten am Modelltier Shetland-Pony unter Verwendung oraler Gaben von ¹⁵N-Harnstoff. Habilitationsschrift, Universität Halle.
- Slade, L. M., R. Bishop, J. G. Morris, D. M. Robinson (1971). Digestion and absorption of ¹⁵N-labelled microbial protein in the large intestine of the horse. *British Veterinary Journal* 127, XI-XIII.
- Schmidt, J., D. Lauprecht, H. Stegen (1932). Beitrag zur Beurteilung des wachsenden Pferdes anhand von Körpermaßen. Berlin, Paul Parey.
- Schryver, H. F., H. F. Hintz, J. E. Lowe, R. L. Hintz, R. B. Harper, J. T. Reid (1974). Mineral composition of the whole body, liver and bone of young horses. *Journal of Nutrition* 104, 126-132.
- Tedeschi, L. O., A. N. Pell, D. G. Fox, C. R. Llamas (2001). The amino acid profiles of the whole plant and of four plant residues from temperate and tropical forages. *Journal of Animal Science*. 79, 525-532.
- Tinker, M.K., N.A.White, P. Lessard, C.D. Thatcher, K.D. Pelzer, B. Davis, D.K. Carmel. (1997). Prospective study of equine colic risk factors. *Equine Veterinary Journal* 29,454-458.
- Van Dijk, S., T. Wensing (1989). Comparison of the lipoprotein pattern of the horse, the pony and the lactating and non-lactating cow obtained by a combination of an ultracentrifugation and a precipitation technique . *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry* 94(4), 735 – 738.
- Vermorel M., W. Martin-Rosset (1997). Concepts, scientific bases, structure and validation of the French horse net energy system (UFC). *Livestock Production Science* 47, 261-275.
- Vermorel M., W. Martin-Rosset, J. Vernet (1997a). Energy utilization of twelve forages or mixed diets for maintenance by sport horses. *Livestock Production Science* 47, 157-167.
- Vermorel M., J. Vernet, W. Martin-Rosset (1997b). Digestive and energy utilisation of two diets by ponies and horses. *Livestock Production Science* 51, 13-19.
- Vernet J., M. Vermorel, W. Martin-Rosset (1995). Energy cost of eating long hay, straw and pelleted food in sport horses. *Animal Science* 61, 581-588.
- Vervuert, I., A. Borchers, M. Granel, S. Winkelsett, L. Christmann, O. Distl, E. Bruns, B. Hertsch, M. Coenen (2005). Estimation of growth rates in warmblood foals and the incidence of osteochondrosis. *Pferdeheilkunde* 21 (Conference), 129-130.
- Vervuert, I., K. Voigt, T. Hollands, D. Cuddefort, M. Coenen (2009). Effect of feeding increasing quantities of starch on glycaemic and insulinamic responses in healthy horses. *The Veterinary Journal* 182 (1), 67 - 72.
- Waters, C. J., M. A. Kitcherside, A. J. F. Webster (1992). Problems associated with estimating the digestibility of undergraded dietary nitrogen from acid-detergent insoluble nitrogen. *Animal Feed Science and Technology* 39, 279-291.
- Watson, T. D. G., Bums, L., Love, S., Packard, C. J., Shepherd, J. (1991). The isolation, characterization and quantitation of the equine plasma lipoproteins. *Equine Veterinary Journal* 23, 353-359.
- Williamson, A., C. W. Rogers, E. C. Firth (2007). A survey of feeding, management and faecal pH of Thoroughbred racehorses in the North Island of New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal* 55 (6), 337-341.
- Wolf, P., M. Coenen, J. Kamphues (2005). A survey on the hygienic standard of feeds for horses associated with diseases. *Pferdeheilkunde* 21, 24 – 25.

- Wolter, R., D. Gouy (1976). Etude experimentale de la digestion chez les equides par analyse du contenu intestinal après abattage. *Revista Medicina Veterinaria* 127(12), 1723 – 1736.
- Wysocki, A.A., J. P. Baker (1975). Utilization of bacterial protein from the lower gut of the equine. *Proceedings of the 4th Equine Nutrition and Physiology Symposium*, 21-43.
- Zeyner, A. (2002). Ernährungsphysiologische Wirkungen eines Austausches von stärkereichen Komponenten durch Sojaöl in der Reitpferdeernährung. *Habilitationsschrift, Georg-August-Universität Göttingen*.
- Zeyner, A., E. Kienzle (2002). A method to estimate digestible energy in horse feed. *Journal of Nutrition* 132, 1771S-1773S.
- Zeyner, A., Geißler C., Dittrich A. (2004): Effects of hay intake and feeding sequence on variables in faeces and faecal water (dry matter, pH value, organic acids, ammonia, buffering capacity) of horses. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 88, 7-19.
- Zeyner, A., Bosch B., Markuske K.D., Fuerll M., Krueger M. (2005): Fermentation of selected substrates in vitro using a batch culture with equine faeces as inoculum. *Pferdeheilkunde* 21, 67-68.
- Zeyner, A., W. Engelmann, B. Dill, K. D. Markuske, J. R. Aschenbach (2007a). Effects of slowly increasing fructan load on equine caecum content in a semi-continuous in vitro-technique. *Proceedings of the 11th Congress ESVCN, Leipzig: 01.-03. Nov. 2007*, 51.
- Zeyner, A., K. Romanowski, H. Mietke-Hofmann, C. Will-Macamo, A. Wagner, K. Büsing, K. Westphal (2007b). Storage induced alterations in the hygienic quality of differently treated oats grown under atypically hot and dry conditions in Germany. *Proceedings of the 11th ESVCN Congress. Leipzig: 1.-3. November 2007*, 102.
- Zeyner, A. (2008): Energy providing nutrient sources. In: *Nutrition of the exercising horse* (Eds.: M.T. Saastamoinen, W. Martin-Rosset). EAAP publication no. 125. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, pp. 277-294. (ISBN 978-90-071-5)
- Zeyner, A., S. Quellmalz, J. Dill, O. Lengwenat (2009). Validation of a novel technique for the measurement of the chewing activity in horses. *Proceedings of the Society of Nutrition and Physiology* 18, 71.

2.3 Erarbeitungen zu den Versorgungsempfehlungen für Schafe

2.3.1 Einleitung

Die Bandbreite der Nutzungsrichtungen ist beim Schaf erheblich größer als bei anderen Nutztieren. Neben der Produktion von Fleisch, Milch und Wolle findet das Schaf aufgrund seiner Robustheit auch zunehmend Verwendung in der Landschaftspflege und im Naturschutz. Infolgedessen variiert der Bedarf an Energie und Nährstoffen von Schafen in hohem Maße, eine Tatsache, die differenzierte Fütterungsempfehlungen erfordert.

1996 wurde in den Mitteilungen des AfBN der GfE eine erste Empfehlung zur Energieversorgung von Schafe gegeben (GfE 1996). Dabei wurde die Erarbeitung einer eigenen Broschüre für Schafe im Rahmen der Reihe „Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere“ in Aussicht gestellt und zum Ziel erklärt.

Aufbauend auf diesen ersten Empfehlungen zur Energieversorgung von Schafen konnten nun nach umfangreicher Literaturrecherche weitere Erkenntnisse zum Energiebedarf von Schafen gewonnen werden, die als Basis für eine Neubearbeitung und weiteren Differenzierung der Empfehlungen zur Energieversorgung dienen können.

Ein besonderer Focus lag dabei zunächst auf der Definition des Erhaltungsbedarfs an Energie, der die Basis für die faktorielle Bedarfsableitung darstellt. Weiterhin wurde Literatur zur Milchmenge und Milchezusammensetzung laktierender Mutterschafe und auch Milchschafe zusammengestellt sowie anhand von neueren Daten Ableitungen zur Futteraufnahme gemacht. Im Folgenden soll zunächst die Datengrundlage zu einzelnen Aspekten des Energiebedarfs dargestellt werden.

2.3.2 Grunddaten für die Berechnung des Energiebedarfs von Schafen

Grundumsatz

Der Grundumsatz - also die Wärmeproduktion im Hungerstoffwechsel - für ausgewachsene Schafe mit einer Lebendmasse von 50 kg wird in Studien von Blaxter (1962) und Marston (1962) relativ übereinstimmend mit 226 bzw. 230 kJ/kg LW^{0,75} angegeben. Allerdings kann der Grundumsatz nicht unabhängig von der Leistung beschreiben werden, was eine rein faktorielle Ableitung des Energiebedarfs für Erhaltung erschwert. Beispielsweise untersuchte Graham (1968) Widder von Rassen unterschiedlicher Wollleistungen auf ihren Grundumsatz und fand für die Gruppe mit dem höheren Wollproduktionspotential einen täglichen Grundumsatz von 285 kJ/kg BW^{0,75} im Gegensatz zu 252 kJ/kg BW^{0,75} für die Gruppe mit dem niedrigen Wollproduktionspotential.

Erhaltungsbedarf an Energie

Die publizierten Befunde zum energetischen Erhaltungsbedarf schwanken zwischen 292 und 515 kJ ME/kg BW^{0,75} pro Tag (Tabelle 2.3.1). Verschiedene Gremien geben in ihren Empfehlungen unterschiedliche Bereiche an, die allerdings Zuschläge für leichte Bewegungsaktivität beinhalten (Tabellen 2.3.1 und 3.3.2).

Tabelle 2.3.1: Literaturangaben zum Erhaltungsbedarf von Schafen an Energie

	kJ ME/kg BW ^{0,75} und Tag	Spezifikation
Aguilera et al. 1986	374	ausgewachsene Schafe
Vermorel et al. 1987	292	ausgewachsene Schafe
Thomson et al. 1979	339	wachsende Lämmer
Pfeffer et al. 1979	336	wachsende Lämmer
Jentsch und Schiemann 1982	515	wachsende Lämmer
Theriez et al. 1982b	418	wachsende Lämmer
Flatt et al. 1972	436	laktierende Schafe
GfE 1996	430	alle (inkl. mittlere Bewegungsaktivität und Wollwachstum)

Tabelle 2.3.2: Angaben zum Erhaltungsbedarf an ME und zum Teilwirkungsgrad (k_m) im Vergleich von internationalen Bewertungssystemen

	AFRC 1993	CSIRO 1990	INRA 1989	NRC 2006
k_m^*	0,64 – 0,75	0,65 – 0,76	0,56 – 0,64	0,73
ME + Zuschlag für leichte Bewegung (kJ/kg BW ^{0,75})	325 - 378	333 - 390	397	321**

*Effizienz der ME-Verwertung für Erhaltung

**ohne Zuschlag für die durch Futteraufnahme auf der Weide benötigte Energie

Energieansatz während des Wachstums

Die Zusammensetzung des Zuwachses von früh abgesetzten Lämmern ist maßgeblich vom Genotyp und vom Geschlecht determiniert, weniger von der Futterzusammensetzung (Energiedichte) oder der Futtermenge (Theriez et al. 1982b). Die Zusammensetzung des Zuwachses verändert sich außerdem mit zunehmendem Alter der Lämmer. Der Fettanteil nimmt relativ zum Proteingehalt zu.

Da die Verwertung der ME für die Bildung von Körperfett höher ist als die für die Bildung von Körperprotein, hängt die Verwertung der ME für Wachstum vom Alter und vom Geschlecht der Schafe ab.

Tiere mit relativ höherem Fettanteil im Zuwachs (weibliche oder ältere) verwerten die ME effizienter als sehr junge oder männliche Tiere mit einem relativ höheren Proteinansatz (Theriez et al. 1982b). Wegen des höheren Brennwertes des Fettes wird aber dennoch mehr ME für den Fettansatz benötigt als für die gleiche Menge Proteinansatz.

Tabelle 2.3.3. enthält eine Zusammenstellung von Daten zum Energiegehalt des Zuwachses von Schafen, die auf verschiedenen Literaturquellen basiert und zudem Interpolationen enthält.

Tabelle 2.3.3: Energiegehalte im Zuwachs von Schafen: Gemittelte und teilweise interpolierte Werte (MJ pro kg LM-Zuwachs)

kg LM	Zunahme in g/d							
	100		200		300		400	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
10				12,0	9,0			
15				12,3	9,6			
20		13,3	9,0	12,3	9,6			
25	10,6	13,3	10,5	14,0	10,5			
35		22,1	13,0	17,5	13,7			
45		23,1		22,9	13,7			
55		23,1	17,1	22,9				

Bellof und Pallauf (2004), Fix et al. (1988), Manso et al. (1998), Theriez et al. (1982a), Urbaniak (1995)

Milchbildung

Milchmenge

Milchleistung und Milchinhaltsstoffe werden vom Laktationsstadium, der Rasse, dem genetischen Potential des Tieres, dem Alter, der Laktationszahl, der Nutzungsrichtung, der Anzahl der Lämmer, und der Futteraufnahme beeinflusst. Literaturbefunde zum Laktationsverlauf sind in Tabelle 2.3.4 zusammengestellt. Die Dauer der Laktation ist bei asaisonaler Brünstigkeit wesentlich kürzer (21 Wochen beim Bergschaf gegenüber 31 Wochen beim Milchschaaf, Gruber et al. 2008), wobei die Kraftfuttergabe einen deutlich laktationsverlängernden Effekt hatte.

Tabelle 2.3.4: Angaben zum Laktationsverlauf von Schafen

	Rasse	n =	Laktations peak (d)	Menge im Peak (kg/d)	Laktations- dauer (d)	Laktationslei- stung (kg)
Gardner & Hogue 1964	White Face, Rambouillet, Columbia	20			89	
Torres- Hernandez & Hohenboken 1980	k.A.		16,5			
Cappio-Borlino et al. 1997	Valle del Belice	244			255	
Portolano et al. 1996	Comisana		14			
Franci et al. 1999	Massese	37	9			
Cardellino & Benson 2002	Kreuzungen Rambouillet Dorset Suffolk	27	21-30	2,8 – 3,9		
	Awassi	3740	45	3,4		
Pollot & Gootwine 2004	Awassi x Ostfriesisches Milchschaaf	18976	24	2,6		
Morgan et al. 2006	Merino- Kreuzungen Ostfriesisches Milchschaaf,	1270	21	2,1		
Morrissey et al. 2007	Dorset, Suffolk	180	45	3,4	130	
Gruber et al. 2008	Österreichisch es Bergschaf	30			144	143
	Ostfriesisches Milchschaaf	30			215	228
Mekoya et al. 2009	Ethiopian Highland Menz	30	21		84	17-20
Veit 2009	Bergschaf, Merinoland- schaf	90	25	2,7		

1) k.A.: keine Angabe

Zusammensetzung der Milch

Generell kann von einer negativen Beziehung zwischen Milchmenge und Milchinhaltsstoffen ausgegangen werden, so dass der geringere Energiegehalt der Milch bei hoher Leistung auf einen Verdünnungseffekt zurückgeführt werden kann.

Im Verlauf der Laktation steigen Fett- und Proteingehalte an. Beide sind mit der Milchleistung negativ korreliert. Die Auswertung der Literatur ergab Proteingehalte von 3,7 bis 6,8 %. Die Angaben zum Fettgehalt liegen zwischen 4,6 und 11 % (Tabelle 2.3.5). Der Energiegehalt in der Milch schwankt folglich in Abhängigkeit von variierenden Fett- und

Proteingehalten in einem weiten Bereich. Die Auswertung von Studien, die die Rassen Border Leicester, Merino, Coopworth, Finnsheep, East Friesian, Cheviot, Dorset, Romney, Sarda, Karagouniki, Serron, Churra, Comisana und Awassi als Rein- oder Kreuzungszüchtung über den Zeitraum der Laktation (7-105 Tage) untersuchten, ergab einen durchschnittlichen Energiegehalt der Milch von 5,1 MJ/kg. Dabei wurde der Energiegehalt aus dem Fettgehalt der Stichproben nach folgender Gleichung berechnet (Milis 2008):

$$\text{KJ/kg Milch} = 39 \cdot \text{g Fett} + 2090$$

Bei Verwendung anderer Gleichungen, die den Energiegehalt von Kuhmilch anhand der Inhaltstoffe berechnen, ergaben sich für dieselben Milchproben 5,2 MJ/kg Milch (Kirchgessner 1997) bzw. 5,0 MJ/kg Milch (NRC 2001).

Je nach Milchleistung ergibt sich daraus eine tägliche Energieabgabe mit Milch zwischen 2 und 12 MJ. Bei der Interpretation der in Tabelle 2.3.5 aufgeführten Daten ist zu berücksichtigen, dass ein Großteil von mediterranen Schafrassen stammt. Tabelle 2.3.6 enthält eine Zusammenfassung der Daten aus Tabelle 2.3.5.

Tabelle 2.3.5: Literaturangaben zur Zusammensetzung von Schafmilch

Rasse	Milch/g/d	Konzentration (g/kg Milch)			Quelle
		Fett	Protein	Laktose	
Columbia x Hampshire-Suffolk	1776	91,4	43,6		Varela-Alvarez et al. 1970
Verschiedene Kreuzungen	1090	67	49		Torres-Hernandez & Hohenboken 1979
Merino de Palas		64,1	53,6	45,0	Christian et al. 1980
Dorset	952-985	116-129	51 - 53	33,4-49,5	Wohlt et al. 1981
Naidi		50,0-66,8	42,6-59,5	47-48	Sawaya et al. 1984
Nuaimi		56,5-83,0	51,4-58,1	38,2-50,3	
Karragouniko	k.A.	64	60	50	Polychroniadou & Vafofoulou 1985
Serron	k.A.	67	56	47	
Chios	1337-1440	55,8-60,4	49,4-57,9	45,5-46,9	Economides 1986
Karakoul		64,1	54,0	46,0	Burlacu et al. 1987
Merino		64,1	53,6	45,0	
Turkana		65,0	52,1	47,1	
Dorset	584 ± 51	65 ± 2	61 ± 1	48 ± 1	Sakul & Boylan 1992
Finsheep	526 ± 70	60 ± 3	54 ± 2	47 ± 1	
Lincoln	487 ± 43	61 ± 20	56 ± 1	48 ± 1	
Rambouillet	576 ± 48	61 ± 2	59 ± 10	49 ± 1	
Romanov	299 ± 79	59 ± 3	61 ± 2	47 ± 1	
Suffolk	680 ± 39	66 ± 2	58 ± 2	48 ± 1	
Targhee	591 ± 42	59 ± 2	57 ± 1	48 ± 1	
Synthetic I	409 ± 40	56 ± 2	56 ± 1	47 ± 1	
Synthetic II	616 ± 43	59 ± 2	61 ± 1	48 ± 1	
Synthetic III	564 ± 40	58 ± 2	58 ± 1	48 ± 1	
Suffolk	1350 ± 70	95,0 ± 2,7	50,1 ± 0,7	56,1 ± 0,5	Peeters et al. 1992
Texel	1000 ± 150	92,7 ± 6,1	45,3 ± 1,6	53,8 ± 1,2	
Flemish	3330 ± 290	68,0 ± 12	51,6 ± 3,1	56,9 ± 2,4	
Milksheep	1410-1520	86,1-89,8	47,0-48,5	55,7-56,4	

Crossbreds	1970-2670	48,8-59,9	54,8-59,4	42-46*	Hadjipanayiotou
Chios		49,2	57,7	46*	1992 und 1995
Corriedale	1021-1043	66,7-69,3	53,2-54,6	48,4-48,8	Fegeros et al. 1995
Najdi	1550-1880	49,0-57,0	47,8-52,8	51,3-53,0	Abdel-Rahman and Mehaja 1996
	92 ± 2,4	62,0-96,0	58,4-84,0	42,6-52,3	Simos et al. 1996
Epirus Mountain		57,1± 1,6	53,5±0,7	47,0±0,3	Jelinek et al. 1996
Cigaye	1471-1853	69 -75	52-55		Cappio-Borlino 1997
Valle de Belice		56 – 58	54 – 55	46*	Cannas et al. 1998
Sarda	1008	65	57	54	Fuertes et al. 1998
Churra	242 -1027	57,6-77,6	49,7-65,8	45,4-50,6	Ploumi et al. 1998
Chios	612 -2458	56,1-82,7	44,0-67,6	38,5-51,4	Brozos et al. 1998
		89,8-92,1	59,2-63,9	49,0-50,5	Rotunno et al. 1998
Comisana	484-590	82-89	60-62	45	Chiofalo et al. 1999
	1250-1590	43,8-66,6	53,1-62,7	52,9-55,5	Sevi et al. 2000
	2610 ± 80	53,5-54,5	49,0-49,5		Horstick et al. 2001
Fries,Milchscha	2330 ± 140	57,4-58,1	52,7-53,4		
Schw./Br. Milchscha	769 - 943	67,5	5,92		Sevi et al. 2001
Comisana	590-730	61,8-88,6	53,3-55,1	46,7-52,3	Zamiri et al. 2001
Mehraban	472-643	66	57	48	Nudda et al. 2002
Sarda	325-396	72	54	49	
Awassi	139-181	80	60	47	
Merino		56	52	45	Ochoa-Cordero et al. 2002
Rambouillet		46,8± 0,8	51,3± 0,3	53,0± 0,2	Leitner et al. 2003
Assaf and Awassi	2770 ± 40	64,4-72,3	47,8-58,4	38,3-52,1	Sevi et al. 2004
Comisana		65,4-70,5	55,7-58,7	44,9-45,6	Chiofalo et al. 2004
Comisana	649-772	65,7-78,4	43,7-44,9	54,4-58,3	Volanis et al. 2004
Sfakian	680-769	35,6-38,2	45,8-49,0	47,8-48,1	Sallam et al. 2005
Rahmani	683-868	51,2-56,3	41,7-46,9	39,6-44,5	Landau et al. 2005
Assaf	1510-1950	51,6-60,5	46,7-52,1	48,5-49,8	Zenou & Miron 2005
Assaf	2100-2410	47,7-63,5	44,8-53,0	50,3-52,7	Milis et al. 2005
Chios	1672-2085	53,8-57,3	49,6-51,5	46,1-47,5	Chiofalo et al. 2005
Valle de Belice	686-861	75,4-86,2	62,9-66,0	42,7-43,7	Zhang et al. 2006a
Suffolk x Friesian	816-868	49,7	44,4	47,8	Zhang et al. 2006b
Suffolk x Friesian	1447	52	50	49	Masucci et al. 2006
Sarda		65	57	48	Maurer et al. 2006
Ostfr. Milchscha		75	56	49	
Lacaune		68	56	48	
Ostfr.					
Milchs.xLacaune	982	93 – 104	38 – 54	53 – 59	Morgan et al. 2006
B.-Leic. x Merino	983	99 – 110	37 – 54	52 – 59	
Coopw. x Merino	975	94 – 104	37 – 57	50 – 61	
Finish. x Merino	830	84 – 93	39 – 50	52 – 59	
East Fris. x	1001	94 – 105	37 – 54	53 - 58	
Merino	k.A.	78	59		Oravcova et al. 2007
Andere Kreuzg.	k.A.	76	58		
Tsigai	k.A.	71	56		
Improv.	1139-1701	75,9-78,6	44,0-45,5	49,5-51,5	Araujo et al. 2008
Valachian	983	61	49	49	Gruber et al. 2008
Lacaune	1022	50	50	50	

Santa Inês	830	84,7	60		Jaramillo et al. 2008
Österr. Bergschaf	930	93	56		
Ostfr. Milchschaaf	k.A.	68	56	49	Raynal-Ljutovac et al. 2008
Manchega	810-882	64-66	35-38		Yurtseven et al. 2009
Verschiedene				45-46	
Awassi					

Tabelle 2.3.6: Auswertung der Angaben zur Zusammensetzung von Schafmilch (45 Quellen)

Angaben	Gehalte in g je kg Milch		
	Fett 95	Protein 107	Lactose 92
Bereich	46 – 110	37 – 68	33 – 61
Mittelwert	68	53	50
Median	63	53	48
Erfasster Anteil der Angaben			
75 %	71	56	50
80 %	85	60	53
85 %	90	61	55
90 %	95	62	56
95 %	105	64	58

Wollwachstum

Zur Quantifizierung des Wollwachstums gibt es nur sehr wenige Angaben. Reis und Salhu (1994) fanden bei Merinoschafen ein tägliches Wollwachstum von 13 g, während die Angaben bei Graham (1988) in Abhängigkeit vom Klima zwischen 3 – 16 g/Tag lagen.

Graham und Searle (1982) stellten in Untersuchungen mit wachsenden Schafen der Rassen Dorset Horn und Corriedale ein durchschnittliches tägliches Wollwachstum von 5 (Dorset) – 10 g (Corriedale) fest. In einer Studie von Rattray und Joyce (1976) lag das durchschnittliche Wollwachstum bei wachsenden Schafen (Kreuzungen der Rassen Border-Leicester, Romney und Perendale, älter als 7 Monate) bei 7,5 g/Tag.

Die tägliche Energieretention im Vlies wird von Graham und Searle (1982) für die Rasse Dorset mit 0,16 – 0,18 MJ und für die Rasse Corriedale mit 0,31 – 0,34 MJ angegeben. AFRC (1993) rechnet mit einem Energiegehalt der Wolle von 24 MJ/kg, wogegen der Energiegehalt der Wolle nach der Studie von Graham und Searle mit 34 MJ/kg (Dorset) und 31 MJ/kg (Corriedale) anzusetzen ist.

Die Verwertung der ME für Wollwachstum lag in der Studie von Graham und Searle (1982) bei 16 – 19 %. Die GfE (1996) rechnet mit einem k-Wert für Wollbildung von 0,2.

Wird von einem durchschnittlichen täglichen Wollwachstum von 10 g, einem Energiegehalt von 24 MJ/kg Wolle und einer Verwertung der ME für Wollwachstum von 20 % ausgegangen, ergibt sich für ein 50 kg schweres Schaf ein durchschnittlicher täglicher Energiebedarf für Wollbildung von 1,2 MJ ME. Die quantitative Bedeutung des Wollwachstums für den ME-Bedarf ist also eher gering.

Futteraufnahme von Schafen

Mutterschafe

Die Schätzung der TM-Aufnahme von Mutterschafen erfolgt in Anlehnung an die bei AFRC (1993) angegebenen Gleichungen. Dabei wurde der in den Originalgleichungen gebrauchte Term DOMD (Digestible Organic Matter in Dry Matter) in ME umgerechnet, da die ME ein hier gebräuchlicher Maßstab ist, der auch für andere Berechnungen notwendig ist. Die Umrechnungsformel lautet wie folgt (Barber et al. 1984, siehe AFRC (1993) Gleichung 142):

$$\text{ME (MJ/kg TM)} = 0,0157 * \text{DOMD (g/kg TM)} \quad [\text{Gleichung 2.7}]$$

Güste und niedertragende Schafe

Diese Tierkategorie zeichnet sich durch einen geringen Energie- und Nährstoffbedarf aus, der im Wesentlichen den Bedarf für Erhaltung sowie ggf. einen relativ geringen Zuschlag für Bewegung und Umweltfaktoren beinhaltet. Gemessen daran ist die Futteraufnahmekapazität nicht begrenzend, so dass der Bedarf bereits durch Grundfuttermittel mäßiger Qualität gedeckt werden kann, solange genügend Futter zur Verfügung steht, auch vor dem Hintergrund der Futterselektion bei Angebot geringer Futterqualitäten. Auf eine spezielle Formel zur Schätzung der Futteraufnahme wird daher verzichtet. Für eine Abschätzung des Futterangebots der Weide wird auf das Kapitel „Schätzung des Futterangebotes auf Dauergrünland und Weide“ verwiesen.

Tragende Schafe

Die Schätzung der Gesamt-TM-Aufnahme bei Fütterung von **Heu und Grünfutter** erfolgt in Anlehnung an AFRC (1993, Gleichung 167). Anders als bei AFRC (1993) wird hier jedoch ein Gleichungsterm, in dem die Trächtigkeitswoche eingeht, weggelassen, da in der Literatur in der überwiegenden Zahl der Fälle mit zunehmendem Trächtigkeitsstadium die Futteraufnahme nicht (negativ) beeinflusst wird (Pöckl 2007). Da die Gleichung des AFRC die Grundfutteraufnahme als Zielgröße hat, hier aber die Gesamt-TM-Aufnahme geschätzt werden soll, beinhaltet die vorliegende Gleichung 2.8 die Kraftfutteraufnahme als additives Glied.

$$\begin{aligned} & \text{Gesamt-TM-Aufnahme (kg/d)} \\ & = 0,1557 * \text{ME}_{\text{gf}} - 0,096 * \text{LZ} + 0,01891 * \text{LM}_{-8} + \text{KF} - 1,44 \end{aligned} \quad (\text{Gleichung 2.8})$$

mit

ME_{gf} ME im Grundfutter (MJ/kg TM)

LZ Zahl der Lämmer

LM₈ Lebendmasse 8 Wochen ante partum

KF Kraftfutter (kg TM/d).

Voraussetzung für die Gültigkeit der Gleichung 2.8 bei Weidefütterung ist, dass das Weideangebot die Futteraufnahme nicht begrenzt (siehe unten).

Bei Einsatz von Silage als Grundfutter ist die zu erwartende Futteraufnahme geringer. Gegenüber den in Tabelle 2.3.7 angegebenen Werten ist je nach Silagequalität ein Abzug von

0,1 bis 0,2 kg TM vorzunehmen. Bei Einsatz von kompaktiertem Futter (Pellets, Cobs) erfolgt ein Zuschlag von 0,2 kg TM. Die in Tabelle 2.3.7 angegebene Futteraufnahme gilt für ein Mutterschaf mit Einlingsträchtigkeit. Die zu erwartende TM-Aufnahme bei Mehrlings-trächtigkeit reduziert sich um jeweils ca. 0,1 kg TM pro Lamm.

Tabelle 2.3.7: Grundfutteraufnahme tragender Schafe (Einlingsträchtigkeit) (kg/Tag)

Lebendmasse (kg)	Kraftfutter (kg TM)	ME im Grundfutter (MJ/kg TM)		
		8	9	10
60	0	0,84	1,00	1,16
	0,5	1,34	1,50	1,66
	1,0	1,84	2,00	2,16
80	0	1,22	1,38	1,53
	0,5	1,72	1,88	2,03
	1,0	2,22	2,38	2,53
100	0	1,60	1,76	1,91
	0,5	2,10	2,26	2,41
	1,0	2,60	2,76	2,91

Anmerkung: graue Werte nicht relevant, da erhebliche energetische Unter- bzw. Überversorgung

Die Gleichung 2.8 wurde mit Daten aus 8 Studien aus referierter Literatur mit 60 Behandlungsgruppen und 535 Tieren validiert. Dabei wurden nur Untersuchungen herangezogen, bei denen eine *ad libitum* Futteraufnahme vorlag. Studien, bei denen bestimmte Zusatzstoffe wie z.B. Fütterungsantibiotika eingesetzt wurden, sowie Untersuchungen bei denen gravierende Nährstoffdefizite bzw. -überschüsse vorlagen, sind nicht berücksichtigt worden. Der verwendete Datensatz zeichnet sich wie folgt aus (Tabelle 2.3.8).

Tabelle 2.3.8: Kennzahlen des Datensatzes zur Validierung der Futteraufnahme für tragende Schafe

	Mittelwert	Standardabw.	Minimum	Maximum
Lebendmasse (kg)	69,2	13,5	41	98
Kraftfutter (kg TM/d)	0,2	0,3	0	1,0
ME Grundfutter (MJ/kg TM)	8,9	1,5	6,4	11,0
Zahl d. Lämmer	1,6	0,6	0	3
Trächtigkeitswoche	16,7	3,9	0	20
TM-Aufnahme gemessen (kg/d)	1,25	0,41	0,24	2,40
TM-Aufnahme geschätzt (kg/d)	1,32	0,47	0,38	2,51
Differenz TM-Aufnahme (geschätzt – gemessen; kg)	0,07	0,20	-0,31	+0,72

Die Beziehung zwischen geschätzten und gemessenen Daten weist ein befriedigendes Bestimmtheitsmaß von 74% auf (Variationskoeffizient 16 %) bei einer Steigung nahe 1,0 (Abbildung 2.3.1).

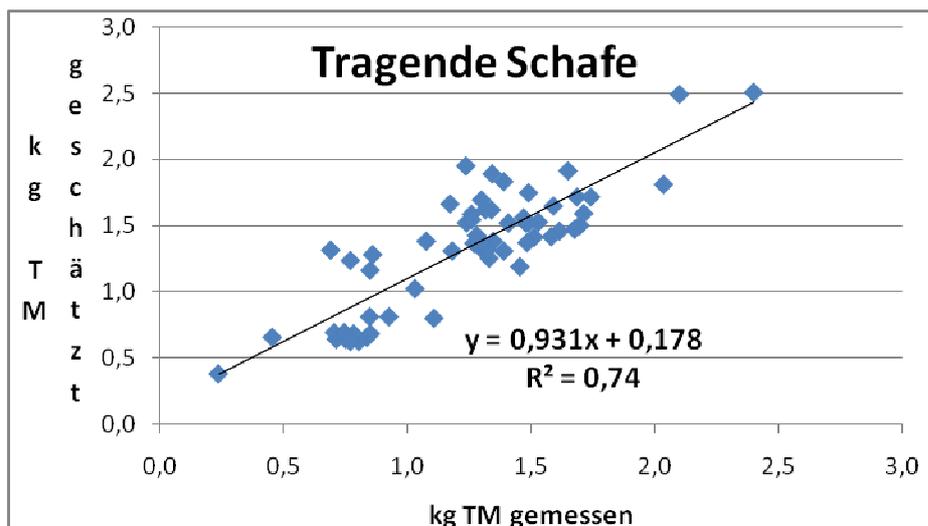


Abbildung 2.3.1: Gegenüberstellung der nach Gleichung 2.8 geschätzten Futteraufnahme mit den Messwerten für tragende Schafe

Laktierende Schafe

Nach dem Ablammen steigt die Futteraufnahme durch den erhöhten Bedarf für die Milchproduktion sowie auch aufgrund des nunmehr wieder größer werdenden Verdauungsraumes. Für alle Grundfutterarten dient die nachstehende Gleichung 2.9. Der Teil der Gleichung zur Berechnung der Grundfutteraufnahme (eckige Klammer) wurde aus Gleichung 170 des AFRC (1993) übernommen und durch die Kraftfuttermenge als additives Glied ergänzt.

$$\text{Gesamt-TM-Aufnahme (kg/d)} = 0,001 * \text{LM} [I - 0,0691(I * C)] + \text{KF} \quad (\text{Gleichung 2.9})$$

mit

LM = Lebmass (kg)

I = Grundfutteraufnahme (g TM/kg LM);
Berechnung: $I = 3,06 * \text{ME}_{\text{Gf}} - 5,25$

ME_{Gf} = ME Grundfutter (MJ/kg TM)

C = Kraftfutteraufnahme (g/kg LM)

KF = Kraftfutteraufnahme (kg TM/d).

Die Gleichung gilt für ein Mutterschaf mit Zwillingssämlern. Für Mutterschafe mit Einlingen wird die nach Gleichung 2.9 ermittelte TM-Aufnahme mit 0,94 multipliziert. Bei Drillingen und gemolkenen Milchschafern wird die TM-Aufnahme aus Gleichung 2.9 mit 1,1 multipliziert. Die sich aus der Gleichung 2.9 ergebenden TM-Aufnahmen für verschiedene Grundfutterqualitäten und Kraftfutterniveaus sind in Tabelle 2.3.9 dargestellt.

Auch die Gleichung 2.9 wurde validiert. Grundlage war ein Datensatz, der 15 referierte Studien mit 80 Behandlungsgruppen und 809 Tieren enthielt. Auch hier wurden nur Untersuchungen mit *ad libitum* Futteraufnahme berücksichtigt. Der verwendete Datensatz zeichnet sich hier wie folgt aus (Tabelle 2.3.10).

Tabelle 2.3.9: Trockenmasseaufnahme laktierender Schafe (Zwillingslämmer)

LM (kg)	Grundfutter (MJ ME/kg TM)	Kraftfutter (kg TM)				
		0	0,5	1	1,5	2,0
50	8 - 9	1,06	1,56	2,06	2,56	3,06
	9 - 10	1,22	1,72	2,22	2,72	3,22
	10 - 11	1,38	1,88	2,38	2,88	3,38
70	8 - 9	1,49	1,99	2,49	2,99	3,49
	9 - 10	1,71	2,21	2,71	3,21	3,71
	10 - 11	1,93	2,43	2,93	3,43	3,93
90	8 - 9	1,91	2,41	2,91	3,41	3,91
	9 - 10	2,20	2,70	3,20	3,70	4,20
	10 - 11	2,48	2,98	3,48	3,98	4,48

Anmerkung: graue Werte nicht relevant, da erhebliche energetische Unter- bzw. Überversorgung

Tabelle 2.3.10: Kennzahlen des Datensatzes zur Validierung der Futteraufnahme für laktierende Schafe

	Mittelwert	Standardabw.	Minimum	Maximum
Lebendmasse (kg)	67,8	9,6	49	86
Kraftfutter (kg TM/d)	1,0	0,6	0	2,6
ME Grundfutter (MJ/kg TM)	8,8	1,5	6,4	11,0
TM-Aufnahme gemessen (kg/d)	2,58	0,68	1,21	4,71
TM-Aufnahme geschätzt (kg/d)	2,38	0,69	0,79	4,44
Differenz TM-Aufnahme (geschätzt – gemessen; kg)	-0,20	0,21	-0,63	+0,29

Mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,91 bei einem Variationskoeffizienten von 8 % ist eine gute Übereinstimmung der geschätzten zu den gemessenen Werten festzustellen (Abbildung 2.3.2). Die Beziehung zwischen der geschätzten und gemessenen Futteraufnahme weist eine Steigung nahe 1 auf. Besonders hervorzuheben ist die Güte der Gleichung auch bei extrem hoher Futteraufnahme.

Allerdings besteht eine systematische Unterschätzung von im Mittel 0,2 kg TM. Dieser Bias könnte vollständig aufgehoben werden, wenn der Multiplikator der eckigen Klammer von $0,001 \cdot LM$ auf $0,00115 \cdot LM$ angehoben würde. Die Steigung zwischen gemessenen und geschätzten Werten läge dann exakt bei 1,0, das Bestimmtheitsmaß erhöhte sich auf 0,92 und der Variationskoeffizient reduzierte sich um 0,3 Einheiten. Diese Änderung würde jedoch eine Abweichung von der Originalgleichung bedeuten und streng genommen eine neue Validierung dieser Modifikation an einem unabhängigen Datenpool erfordern.

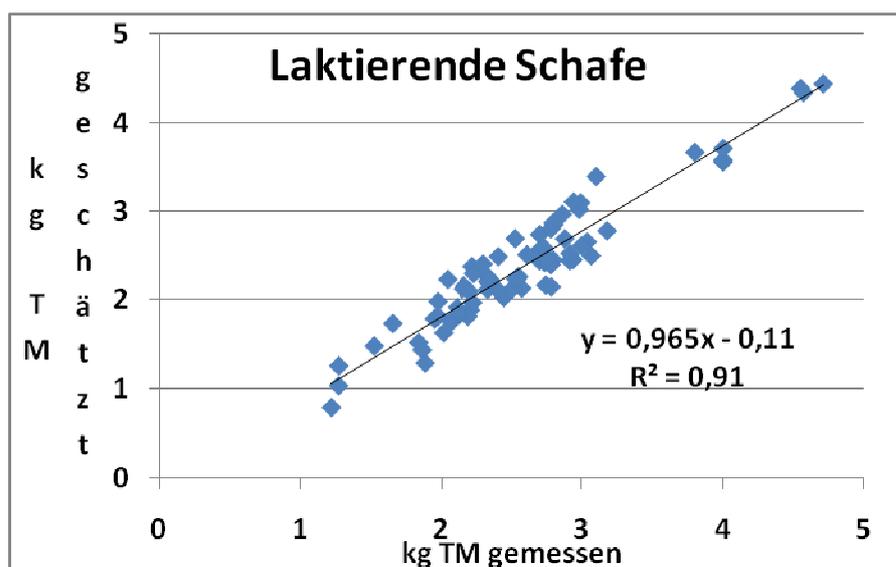


Abbildung 2.3.2: Gegenüberstellung der nach Gleichung III geschätzten Futteraufnahme mit den Messwerten (laktierende Schafe)

Mastlämmer

Anhand einer begrenzten Zahl an Daten wurde von Steingäß (2008) eine einfache Formel zur Schätzung der TM-Aufnahme von Mastlämmern anhand der Lebendmasse und der täglichen Zunahmen abgeleitet:

$$\text{Gesamt-TM-Aufnahme (g/d)} = 22 \cdot \text{LM} + \text{dLM} + 210 \quad (\text{Gleichung 2.10})$$

mit

LM = Lebendmasse (kg)

dLM = Tageszunahmen (g)

Der Vorteil einer Gleichung, in der die Lebendmasse und die Tageszunahmen eingehen besteht darin, dass diese Größen auch für die Berechnung des Bedarfs notwendig sind. Somit ist es leicht möglich, für ein bestimmtes Leistungsniveau aus dem Bedarf und der Futteraufnahme eine notwendige Konzentration der Ration an ME und Nährstoffen zu berechnen.

Die Gleichung 2.10 wurde an einem Datensatz aus referierter Literatur bestehend aus 29 Studien mit 107 Gruppen und 1338 Tieren mit *ad libitum* Futterangebot überprüft. Der verwendete Datensatz ist in Tabelle 2.3.11 charakterisiert.

Tabelle 2.3.11: Kennzahlen des Datensatzes zur Validierung der Futteraufnahme für Mastlämmer

	Mittelwert	Standardabw.	Minimum	Maximum
Lebendmasse (kg)	28,6	7,0	15,9	47,5
Tageszunahmen (g)	210	105	-4	420
Krafftfutteranteil in der Ration (%)			0	100
TM-Aufnahme gemessen (g/d)	1063	255	543	1890
TM-Aufnahme geschätzt (g/d)	1048	226	558	1577
Differenz TM-Aufnahme (geschätzt – gemessen; g)	-15	116	-313	+304

Die Beziehung zwischen den geschätzten und gemessenen Werten wies zwar ein befriedigendes Bestimmtheitsmaß von 0,79 mit einem Variationskoeffizienten von 11% auf, es lag jedoch eine geringe systematische Unterschätzung vor und die Steigung beträgt nur 0,79. Daher wurde die Gleichung anhand des bestehenden Datensatzes nachstehend modifiziert mit dem Ziel, den Bias zu beseitigen und die Steigung zwischen Schätz- und Messwerten gleich 1 zu setzen:

$$\text{Gesamt-TM-Aufnahme (g/d)} = 33,2 \cdot \text{LM} + 0,77 \cdot \text{dLM} - 47 \quad (\text{Gleichung 2.11})$$

mit

LM = Lebendmasse (kg)

dLM = Tageszunahmen (g)

Wie aus Abbildung 2.3.3 ersichtlich, ist mit Gleichung 2.11 nunmehr ein direkter X/Y Vergleich gegeben, das Bestimmtheitsmaß beträgt 0,82 (Variationskoeffizient 11%). Da der vorliegende Datensatz für die Modifizierung der Gleichung herangezogen wurde, ist eine Validierung nicht mehr möglich. Die Überprüfung der Güte der Gleichung 2.11 soll daher noch mit Hilfe von Futteraufnahmedaten aus verschiedenen Mastprüfanstalten in Deutschland erfolgen.

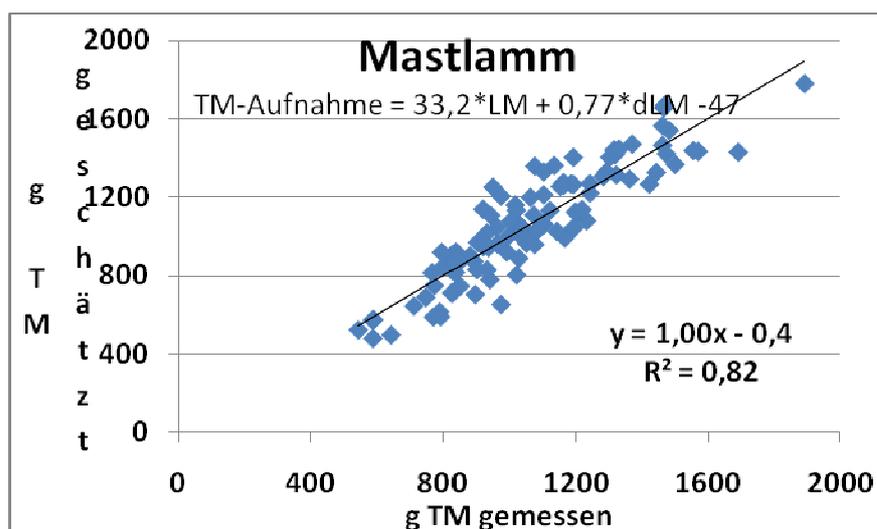


Abbildung 2.3.3: Gegenüberstellung der nach Gleichung 2.11 geschätzten Futteraufnahme mit den Messwerten (Mastlämmer)

Schätzung des Futterangebotes auf Dauergrünland und Weide

Die Futteraufnahme ist positiv korreliert mit der Aufwuchsmenge auf der Weide - also dem Futterangebot (Gibb and Treacher 1976; Freer 1981; Penning et al 1986; Avondo et al. 2002). Daher ist die Schätzung des Futterangebotes als Trockenmasseertrag je ha von Grünland und Weide ein wichtiger Parameter bei der Optimierung des Weidemanagements.

Verschiedene Autoren belegen den engen Zusammenhang zwischen der Bestandeshöhe und dem Trockenmasseertrag (Castle 1976, Michel 1982, Murphy et al. 1995, Weißbach et al. 1995). Dabei scheinen Nutzungsart, Düngungsintensität und Aufwuchszahl keinen signifikanten Einfluss auf die Beziehung zwischen TM-Ertrag und Bestandeshöhe zu haben (Trott 2003). Allerdings erfordert die standortspezifische Heterogenität von Pflanzengesellschaften

auf Dauergrünland und Weide eine differenzierte Kalibrierung dieser Beziehung. Eine universelle Gleichung zur Schätzung des Trockenmasseertrages für sämtliche Flächen kann nicht empfohlen werden.

Zur Erstellung einer individuellen Kalibrierungsgleichung für den eigenen Bestand ist die Bestandshöhe zu ermitteln sowie parallel dazu die Biomasse oberhalb 5 cm zu erfassen (Castle 1976, Michel 1982, Murphy et al. 1995, Trott 2003). Dabei hängt die Genauigkeit der Schätzung von der Anzahl der Feldwiederholungen ab. Insbesondere bei niedrigem Ertragsniveau (<10 dt TM/ha) ist eine ausreichende Schätzgenauigkeit nur mit hohem Messaufwand zu erreichen (Trott, 2003).

Literatur zum Kapitel 2.3

- Abdel-Rahman, K.M., M.A. Mehaja (1996). Influence of feeding different crude fiber levels on milk yield and milk composition of Najdi ewes. *Small Ruminant Research* 19, 137-141.
- AFRC (1993). Energy and protein requirements of ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB INTERNATIONAL, Wallingford, UK, 159.
- Aguilera, J. F., Molina, E., Prieto, C., Boza, J. (1986). Estimacon de las necesidades energeticas de mantenimiento en Ganado ovino de raza segurena. *Archivos de zootecnia* 35, 89 – 96.
- Araujo, R. C., A. V. Pires, I. Susin, C. Q. Mendes, G. H. Rodrigues, I. U. Packer, M. L. Eastridge (2008). Milk yield, milk composition, eating behaviour, and lamb performance of ewes fed diets containing soybean hulls replacing coastcross (*Cynodon* species) hay. *Journal of Animal Science* 86, 3511-3521.
- Avondo, M., S. Bordonaro, D. Marletta, A. M. Guastella, G. D`Urso (2002). A simple model to predict the herbage intake of grazing dairy ewes in semi-extensive Mediterranean systems. *Livestock Production Science* 73, 275-283.
- Barber, W.P.B., Adamson, A.H. & Altman, J.F.B. (1984). New methods of feed evaluation. In: *Recent advances in Animal Nutrition*, Eds. Haresign, W. & Cole, D.J.A., Butterworths London, 161-176.
- Bellof, G., Pallauf, J. (2004). Deposition of protein, fat and energy in lambs of the breed German Merino Landsheep. *Animal Science* 78(3), 369 - 378.
- Blaxter, K. L. (1962). Fasting metabolism of sheep. *British Journal of Nutrition* 16, 615 – 626.
- Brozos, C. Ph. Saratsis, C. Boscós, S.C. Kyriakis, P. Tsakalof (1998). Effects of long-term recombinant bovine somatotropin (bST) administration on milk yield, milk composition and mammary gland health of dairy ewes. *Small Ruminant Research* 29, 113-120.
- Burlacu, G., M. Nicolae, P. Caramida, R. Petrescu (1987). The comparative efficiency of feed utilization in Merino, Turcana and Karakoul sheep. *Archive of Animal Nutrition* 37, 665-684.
- Cannas, A., A. Pes, R. Mancuso, B. Vodret, A. Nudda (1998). Effect of dietary energy and protein concentration on the concentration of milk urea nitrogen in dairy ewes. *Journal of Dairy Science* 81, 499-508.

- Cappio-Borlino, A., B. Portolano, M. Todaro, N. P. P. Macchiotta, P. Giaccone, G. Pulina (1997). Lactation curves of Valle del Belice dairy ewes for yields of milk, fat, and protein estimated with test day models. *Journal of Dairy Science* 80, 3023-3029.
- Cardellino, R. A., Benson, M. E. (2002). Lactation curves of commercial ewes rearing lambs. *Journal of Animal Science* 80, 23-27.
- Castle, M. E. (1976). A simple disc instrument for estimating herbage yield. *Journal of the British Grassland Society* 17, 89 – 99.
- Chiofalo, V., A. Bldi, Savoini, F. Polidori, V. Dell’Orto, I. Polotis (1999). Response of dairy ewes in late lactation to recombinant bovine somatotropin. *Small Ruminant Research* 34, 119-125
- Chiofalo, B., L. Liotta, A. Zumbo, V. Chiofalo (2004). Administration of olive cake for ewe feeding: effect on milk yield and composition. *Small Ruminant Research* 55, 169-176.
- Chiofalo, V., M. Todaro, L. Lotta, S. Margotta, T. Manzo, G. Lato (2005). Effect of propylene glycol on pre- and postpartum performance by dairy ewes. *Small Ruminant Research* 58, 107-114.
- Christian, A., E.E. Meneses, G. Burlacu, J. Stavri (1980). Die Verwertung von Futterrationen auf Silomaisbasis bei trächtigen und säugenden Schafen. *Archiv Tierernährung* 30, 397-405.
- CSIRO (1990). Feeding Standards for Australian Livestock: Ruminants. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. CSIRO Publishing, Melbourne, Australia.
- Economides, S. (1986). Comparative studies of sheep and goats: milk yield and composition and growth rate of lambs and kids. *Journal of Agricultural Science Camb.* 106, 477-484.
- Fegeros, K., G. Zervas, F. Apsokardas, J. Vastardis, E. Apostolaki (1995). Nutritive evaluation of ammonia treated olive tree leaves for lactating sheep. *Small Ruminant Research* 17, 9-15.
- Fix, H.-P., M. Brützke, I. Peschke, M. Hoffmann (1988). Untersuchungen zum Stoff- und Energieansatz wachsender Lämmer. 2. Mitteilung: Ergebnisse der Ausschlachtungen und Tierkörperanalysen. *Archive of Animal Nutrition* 38(4), 327-341.
- Flatt, W. P., Moe, P. W., Moore, L. A. (1972). Energy Requirements in Lactation. In *Handbuch der Tierernährung* (Hrsg.: W. Lenkeit und K. Breirem). Verlag P. Parey, Hamburg und Berlin, 341 – 392.
- Fuertes, J. A., C. Gonzalo, J. A. Carriedo, F. San Primitivo (1998). Parameters of test day milk yield and milk components for dairy ewes. *Journal of Dairy Science* 81, 1300-1307.
- Franci, O., Pugliese, C., Acciaioli, A., Parisi, G., Lucifero, M. (1999). Application of two models to the lactation curve of Massese ewes. *Small Ruminant Research* 31, 91-96.
- Freer, M. (1981). The control of food intake by grazing animals. In: Morley, F. W. H. (Ed.) *Grazing Animals*. Elsevier, Amsterdam, pp. 105 – 124.
- Gardner, R.W., D. E. Hogue (1964). Effects of energy intake and number of lambs suckled on milk yield, milk composition and energetic efficiency of lactating ewes. *Journal of Animal Science* 23, 935-942.
- GfE (1996). Energie-Bedarf von Schafen. *Proceedings of the Society of Nutrition and Physiology* 5, 149 - 152.
- Gibb, M. J., T. T. Treacher (1976). The effect of herbage allowance on herbage intake and performance of lambs grazing perennial ryegrass and red clover swards. *Journal of Agricultural Science Camb.* 86, 355 – 365.

- Graham, N. McC. (1968). The metabolic rate of merino rams bred for high or low wool production. *Australian Journal for Agricultural Research* 19, 821 – 824.
- Graham, C.A. (1988). The opportunity to improve wool growth by rumen manipulation or strategic supplementation. *Wool Technology and Sheep Breeding* 35(4), 211 - 215.
- Graham, N. McC., T. W. Searle (1982). Energy and nitrogen utilization for body growth in young sheep from two breeds with differing capacities for wool growth. *Australian Journal of Agricultural Research* 33, 607 – 615.
- Gruber, L., F. Ringdorfer, E. Pöckl (2008). Effizienz der Milchproduktion von Schafen und Ziegen in Abhängigkeit von Rasse, Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau. 5. Fachtagung für Schafhaltung 1-19.
- Hadjipanayiotou, M. (1992). Effect of protein source and formaldehyde treatment on lactation performance of Chios ewes and Damascus goats. *Small Ruminant Research* 8, 185-197.
- Hadjipanayiotou, M. (1995). Composition of ewe, goat and cow milk and of colostrums of ewes and goats. *Small Ruminant Research* 18, 255-262.
- Horstick, A., H. Hamann, O. Distl (2001). Analyse von Milchleistungsmerkmalen bei ostfriesischen und schwarz-braunen Milchschaften. *Züchtungskunde* 73, 277-289.
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) (1989). *Ruminant Nutrition. Recommended Allowances and Feed Tables*, R. Jarrige, ed., Paris.
- Jaramillo, D. P., A. Zamora, B. Guamis, M. Rodriguez, A. J. Trujillo (2008). Cheesemaking aptitude of two Spanish dairy ewe breeds: Changes during lactation and relationship between physico-chemical and technological properties. *Small Ruminant Research* 78, 48-55.
- Jelinek, P., S. Gajdusek, J. Illek (1996). Relationship between selected indicators of milk and blood in sheep. *Small Ruminant Research* 20, 53-57.
- Jentsch, W., Schiemann, R. (1982). Zum Energiebedarf bei der intensiven Lämmermast und der Aufzucht von Jungböcken. *Archiv für Tierernährung* 38, 327 – 341.
- Kirchgessner, M. (1997). *Tierernährung*. 10. Auflage. DLG- Verlag. Frankfurt/M.
- Landau, S., D. Kababya, N. Silinikore, R. Nitsan, L. Lifshitz, H. Baram, I. Bruckenthal, S. J. Mabweesh (2005). The ratio between dietary rumen degradable organic matter and crude protein may affect milk yield and composition in dairy sheep. *Small Ruminant Research* 58, 115-122.
- Leitner, G., M. Chaffer, Y. Caraso, E. Ezra, D. Kababea, M. Winkler, A. Glickman, A. Savan (2003). Udder infection and milk somatic cell count, NAGase activity and milk composition – fat, protein and lactose – in Israeli-Assaf and Awassi sheep. *Small Ruminant Research* 49, 157-164.
- Manso, T., A. R. Mantecon, F. J. Giraldez, P. Lavin, T. Castro (1998). Animal performance and chemical body composition of lambs fed diets with different protein supplements. *Small Ruminant Research* 29, 185 – 191.
- Marston, H. R. (1962). In: Blaxter, K. L., *Fasting metabolism of sheep*. *British Journal of Nutrition* 16, 615 – 626.
- Masucci, F., A. DiFrancia, R. Romano, M. T. Maresca di Serracapriola, G. Lambiase, M.L. Varricchio, V. Proto (2006). Effect of lipinus albus as protein supplement on yield, constituents, clotting properties and fatty acid composition in ewes' milk. *Small Ruminant Research* 65, 251-259.
- Maurer, J., W. Schaeren, R. Badertscher, U. Bütikofer, M. Collomb, R. Sieber (2006). Beitrag zur Kenntnis der Zusammensetzung von Schafmilch schweizerischer Herkunft. *Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchung und Hygiene* 97, 433 – 453.

- Mekoya, A., S. J. Oostinga, S. Fernandez-Rivera, S. Tamminga, A. J. Van der Zijpp (2009). Effect of supplementation of *Sesbania sesban* to lactating ewes on milk yield and growth rate of lambs. *Livestock Science* 121(1), 126-131.
- Michel, P. (1982). Value of a rising-plate meter for estimating herbage mass of grazed perennial ryegrass-white clover swards. *Grass and Forage Science* 37, 81 – 87.
- Milis, Ch. (2008). Prediction of the energy value of ewe milk at early lactation. *Acta Agriculturae Scandinavica, A*, 58(4) 191 – 195.
- Milis, Ch., Liamadis, N. Roubies, V. Christodoulou, A. Giouseljiannis (2005). Comparison of corn gluten products and a soybean-bran mixture as sources of protein for lactating Chios ewes. *Small Ruminant Research* 58, 237-244.
- Morgan, J.E., N.M. Fogarty, S. Nielsen, A.R. Gilmour (2006). Milk yield and milk composition from grazing primiparous non-dairy crossbred ewes. *Australian Journal of Agricultural Research* 57, 377-387.
- Morrissey, A.D., A. W. N. Cameron, D. J. Caddy, A. J. Tilbrook (2007). Predicting milk yield in sheep used for dairying in Australia. *Journal of Dairy Science* 90, 5056-5061.
- Murphy, W. M., J. P. Silman, A. D. Mean Barreto (1995). A comparison of quadrat, capacitance meter, HFRO sward stick and rising plate for estimating herbage mass in a smooth-stalked, meadow-grass-dominant white clover sward. *Grass and Forage Science* 50, 452 – 455.
- NRC (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th revised edition. National Academy Press, Washington, D.C.
- NRC (2006). *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Nudda, A., R., S. Bencini, S. Mijatovic, G. Pulina (2002). The yield and composition of milk in Sarda, Awassi and Merino sheep milked unilaterally at different frequencies. *Journal of Dairy Science* 85, 2879-2884.
- Ochoa-Cordero, M. A., G. Torres-Hernandez, A. E. Ochoa-Alfaro, L. Vega-Roque, P. B. Mandeville (2002). Milk yield and composition of Rambouillet ewes under intensive management. *Small Ruminant Research* 43, 269-274.
- Oravcova, M., M. M. Peskovicova, J. Dano, M. Milerski, L. Hetenyi, P. Polak (2007). Factors affecting ewe's milkfat and protein content and relationships between milk yield and components. *Czech Journal of Animal Science* 52, 189-198.
- Peeters, R., N. Buys, L. Robijns, D. Vanmontfort, J. Van Istendael (1992). Milk yield and milk composition of Flemish Milkshew and Texel ewes and their crossbreds. *Small Ruminant Research* 7, 279-288.
- Penning, P. D., G. E. Hooper, T. T. Treacher (1986). The effect of herbage allowance on intake and performance of ewes suckling twin lambs. *Grass and Forage Science* 41, 199 – 208.
- Pfeffer, E., K. Becker, H. Prigge, H. Soller (1979). Untersuchungen an wachsenden Lämmern über den Energieansatz bei Fütterung von Mischfutter mit unterschiedlichen Anteilen von NaOH-behandeltem Stroh. *Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde* 42, 206 – 215.
- Ploumi, K., S. Balibasaki, G. Trientaphillidis (1998). Some factors affecting daily milk yield and composition in a flock of Chios ewes. *Small Ruminant Research* 28, 89-92.
- Pöckl, E. (2007). Production of sheep and goat milk depending on breed, forage quality and concentrate level. Dissertation, Wien.

- Pollott, G. E., E. Gootwine (2004). Reproductive performance and milk production of Assaf sheep in an intensive management system. *Journal of Dairy Science* 87, 3690-3703.
- Polychroniadou, A., A. Vafopoulou (1985). Variations of major mineral constituents of ewe milk during lactation. *Journal of Dairy Science* 68, 147-150.
- Portolano, B., F. Spatafora, G. Bono, S. Margiotta, M. Todaro, V. Ortoleva, G. Leto (1996). Application of the Wood model to lactation curves of Comisana sheep. *Small Ruminant Research* 24, 7-13.
- Ratray, P. V., J. P. Joyce (1976). Utilization of the metabolizable energy for fat and protein deposition in sheep. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 19, 299 - 305.
- Raynal- Ljutovac, K., G. Lagriffoul, P. Paccard, I. Guillet, Y. Chilliard (2008). Composition of goat and sheep milk products: an update. *Small Ruminant Research* 79, 57-72.
- Reis, P. J., T. Sahlu (1994). The nutritional control of the growth and properties of mohair and wool fibers: a comparative review. *Journal of Animal Science* 72(7), 1899-1907.
- Rotunno, T., A. Sevi, R. DiCaterina, A. Muscio (1998). Effects of graded levels of dietary rumen-protected fat on milk characteristics of Comisana ewes. *Small Ruminant Research* 30, 137-145.
- Sakul, H., W.J. Boylan (1992). Evaluation of U.S. sheep breeds for milk production and milk composition. *Small Ruminant Research* 7, 195-201.
- Sallam, S., M. E. A. Nasser, M. I. Yousef (2005). Effects of recombinant bovine somatotropin on sheep milk production and some hemato-biochemical components. *Small Ruminant Research* 56, 165-171.
- Sawaya, W. N., W. J. Safi, A. F. Al-Shalhat, H. M. Mohammad (1984). Studies on the chemical composition and nutritive value of sheep milk. *Milchwissenschaft* 39, 90-93.
- Sevi, A., L. Taibi, M. Albenzio, A. Muscio, G. Annichiaric (2000). Effect of parità on milk yield, composition, somatic cell count, renneting parameters and bacteria counts of Comisana ewes. *Small Ruminant Research* 37,99-107.
- Sevi, A., M. Albenzio, R. Marino, A. Santillo, A. Muscio (2004). Effects of lambing season and stage of lactation on ewe milk quality. *Small Ruminant Research* 51,251-259.
- Sevi, A., L. Taibi, M. Albenzio, G. Annicchiarico, A. Muscio (2001). Airspace effects on the yield and quality of ewe milk. *Journal of Dairy Science* 84(12), 2632-2640.
- Simos, E. N., E. M. Nikolaou, P. E. Zoiopoulos (1996). Yield, composition and certain physicochemical characteristics of milk of the Epirus mountain sheep breed. *Small Ruminant Research* 20, 67-74.
- Steingäß, H. (2008) : Fütterung der Schafe. In : Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, Hrs. Jeroch, H., Drochner, W., Simon, O.. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 467 – 486.
- Theriez, M., Y. Villette, C. Castrillo (1982a). Influence of metabolizable energy content of the diet and of feeding level on lamb performance. I. Growth and body composition. *Livestock Production Science* 9, 471 - 485.
- Theriez, M., C. Castrillo, Y. Villette (1982b). Influence of metabolizable energy content of the diet and of feeding level on lamb performances. II. Utilization of metabolizable energy for growth and fattening. *Livestock Production Science* 9, 487 - 500.
- Thomson, D. J., J. S. Fenlon, S. B. Cammell (1979). Estimates of maintenance requirements of growing lambs. *British Journal of Nutrition* 41, 223 – 229.
- Torres-Hernandez, G. und W. Hohenboken (1979). Genetic and environmental effects on milk production, milk composition and mastitis incidence in crossbred ewes. *Journal of Animal Science* 49, 410-417.

- Torres-Hernandez, G., W. Hohenboken (1980). Relationships between ewe milk production and composition and preweaning lamb weight gain. *Journal of Animal Science* 50, 597-603.
- Trott, H. (2003). Mittelfristige Auswirkungen einer variierten Bewirtschaftungsform und N-Intensität auf Leistungsparameter und die Stickstoffbilanz von Dauergrünland. Dissertation, Agrarwissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- Urbaniak, M. (1995). Effects of blood meal, fish meal, soybean meal or casein on growth and body composition in lambs. *Small Ruminant Research* 18, 213 – 217.
- Veit, M. (2009). Einfluss der Milchleistung auf die Lebendmasse-Zunahme von Lämmern der Rasse Merinolandschaf und Bergschaf. Diplomarbeit. Universität für Bodenkultur Wien.
- Varela-Alvarez, H., L.L. Wilson, M.C. Rugh, E. Gracia-Garza, M. J. Simpson (1970). Prediction of the energy value of ewe milk from amount and composition characters. *Journal of Dairy Science* 53, 1783-1786.
- Vermorel, M., J. P. Dulphy, J. C. Bouvier (1987). Energy utilization of sodium hydroxide treated or untreated straw supplemented with protein or concentrates by adult sheep. 1. Feed intake, digestibility, metabolizability and net energy value. *Archives of Animal Nutrition* 37, 805 – 821.
- Volanis, M., P. Zoiopoulos, K. Tzerakis (2004). Effects of feeding ensiled sliced oranges to lactating dairy sheep. *Small Ruminant Research* 53, 115-21.
- Weißbach, F., T. Hoppe, L. Schmidt (1995). Kontrolle des Weidemanagements durch Bestandshöhenmessung. Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. 39. Jahrestagung Freising-Weißenstephan, 115 – 119.
- Wohlt, J. E., D. H. Kleyn, G. W. Vandernoot, D. J. Selfridge (1981). Effect of stage of lactation, age of ewe, sibling status, and sex of lamb on gross and minor constituents of Dorset ewe milk. *Journal of Dairy Science* 64, 2175-2184.
- Yurtseven, S., M. Cetin, I. Ozturk, A. Can, M. Boga, T. Sahin, H. Turkoglu (2009). Effect of different feeding method on methane and carbon dioxide emissions, milk yield and composition of lactating Awassi sheep. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* 4 (2), 76-85.
- Zamiri, M. J., A. Qotbi, J. Isadifard (2001). Effect of daily oxytocin injection on milk yield and lactation length in sheep. *Small Ruminant Research* 40, 179-183.
- Zenou, A., J. Miron (2005). Milking performance of dairy ewes fed pellets containing soy hulls as starchy grain substitute. *Small Ruminant Research* 57, 187-192.
- Zhang, R., A. F. Moustafa, X. Zha (2006a). Effects of flax seed supplementation to lactating ewes on milk composition, cheese yield, and fatty acid composition of milk and cheese. *Small Ruminant Research* 63, 233-241.
- Zhang, R. H., A. F. Mustaf, K. F. Ng-Kwai-Hang, X. Zhao (2006b). Effects of freezing on composition and fatty acid profiles of sheep milk and cheese. *Small Ruminant Research* 64, 203-210.

3. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

In dem Projekt wurden eine Reihe von Erkenntnissen und Konzepten gewonnen und erarbeitet. Teilweise sind die Ergebnisse des Projektes bereits in Anwendung, teilweise werden sie zunächst weiter wissenschaftlich verwendet, bevor sie zur Anwendung kommen. Für die 3 Teilprojekte ist die Situation wie folgt.

1. Energiebewertung von Mischfuttermitteln für Schweine

Die Ergebnisse dieses Teilprojektes sind mittlerweile als offizielle Mitteilung vom AfBN berücksichtigt und publiziert worden (GfE 2008). Sie wurden dem zuständigen Fachreferat des BMELV übermittelt. Die Gleichung 2 ist 2010 als verbindliche Schätzgleichung für die Ermittlung des ME_S-Gehaltes in Mischfuttermitteln für Schweine in die Futtermittelverordnung aufgenommen worden.

2. Vorbereitung einer Überarbeitung der Versorgungsempfehlungen für Pferde

Die Ergebnisse der Recherchen und Konzeptentwicklungen dienen dem AfBN als Grundlage der Überarbeitung der Versorgungsempfehlungen. Durch die intensive Kooperation mit den Mitgliedern des Ausschusses wurden und werden die Ergebnisse zeitnahe aufgegriffen und die Empfehlungen schrittweise weiterentwickelt. Die Neufassung der Versorgungsempfehlungen des Ausschusses ist somit weit vorangeschritten. Bei der letzten Sitzung des Ausschusses, die am 3. und 4. März 2011 stattfand, haben sich die Mitglieder des Ausschusses und die Sachverständigen darauf verständigt, die Broschüre noch im Jahr 2011 fertigzustellen. Danach werden die Erkenntnisse in Form einer „blauen Broschüre“ der Praxis, den Beratern, den Tierhaltern, der Futtermittelindustrie und der Agrarverwaltung zur Verfügung stehen.

3. Vorbereitung von Versorgungsempfehlungen für Schafe

Ähnlich wie unter Punkt 2. dienen die Ergebnisse des Projektes dem AfBN als Grundlage für die erstmalige Erarbeitung von Versorgungsempfehlungen. Durch den Ausschuss sind jedoch noch einige konzeptionelle Arbeiten zu erledigen. Die nächste Befassung mit den Versorgungsempfehlungen für Schafe ist für den November 2011 vorgesehen. Bis dahin wird der Ausschuss die absolute Priorität auf die Fertigstellung der Arbeiten zu den Pferden legen. Es darf erwartet werden, dass Versorgungsempfehlungen für Schafe Ende 2012, spätestens 2013, als Broschüre vorliegen werden.

4. Zusammenfassung

Mit diesem Projekt wurden die wissenschaftlichen Arbeiten des Ausschusses für Bedarfsnormen (AfBN) der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) unterstützt und Entscheidungshilfen für die Politik im Hinblick auf die energetische Futtermittelbewertung erarbeitet. Das Projekt verfolgte drei Ziele und war daher in die folgenden Teilprojekte gegliedert:

1. Überarbeitung und Aktualisierung der Schätzgleichungen zur Ermittlung des Energiegehaltes von Mischfuttermitteln für Schweine;
2. Vorbereitung einer Überarbeitung der Versorgungsempfehlungen für Pferde;
3. Vorbereitung von Versorgungsempfehlungen für Schafe.

Mit der Überarbeitung der Versorgungsempfehlungen für Schweine und den Veränderungen bei der energetischen Futtermittelbewertung war auch die Überarbeitung der rechtsverbindlichen Formel zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie (ME_S) in Mischfuttermitteln für Schweine notwendig geworden. Hierzu wurden Gleichungen entwickelt und validiert. Daraufhin wurde eine neue Schätzgleichung vom AfBN publiziert. Diese Gleichung wird mittlerweile in der Praxis angewendet und ist futtermittelrechtlich verankert.

Die derzeit noch gültigen Versorgungsempfehlungen für Pferde stammen aus dem Jahre 1994. Ihre grundlegende Überarbeitung ist eine Aufgabe des AfBN. Im Projekt wurden intensive Literaturrecherchen und –auswertungen zu Fragen der Energie- und Nährstoffversorgung und -umsetzung vorgenommen. Die Auswertungen erfolgten in enger Abstimmung mit den Mitgliedern des AfBN und seinen Sachverständigen. Wesentliche Punkte sind die Umstellung der energetischen Futtermittelbewertung von der Verdaulichen auf die Umsetzbare Energie, die Berücksichtigung der praecaecalen Verdaulichkeit des Rohproteins und der Aminosäuren, die Neuformulierung von Laktationskurven, ein neuer Ansatz zur Quantifizierung der körperlichen Arbeit, Aktualisierungen der Bedarfsschätzung für Mineralstoffe und Vitamine sowie die Berücksichtigung von Aspekten der artgerechten Ernährung des Pferdes und von nährstoffspezifischen Restriktionen.

Umfassende Versorgungsempfehlungen für Schafe, die auf die Bedingungen im deutschsprachigen Raum abgestimmt sind, gibt es bislang, abgesehen von der Energieversorgung, nicht. Für die Erarbeitung von Versorgungsempfehlungen wurden daher, ebenfalls in enger Abstimmung mit den Mitgliedern des AfBN und seinen Sachverständigen, vorbereitende Arbeiten durchgeführt. Die internationale Literatur wurde insbesondere im Hinblick auf Faktoren des Energiebedarfes und hinsichtlich der Futteraufnahme ausgewertet. Formeln zur Schätzung der Futteraufnahme, die für die Ableitung notwendiger Konzentrationen für alle Nährstoffe benötigt werden, wurden abgeleitet und validiert. Hiermit wurden die wesentlichen Grundlagen für die Erarbeitung der Versorgungsempfehlungen durch den AfBN gelegt.

5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen

Die Ziele konnten weitgehend erreicht werden. Dem Projektverlauf und dem erzielten Erkenntnisgewinn war allerdings geschuldet, dass die Arbeiten zögerlicher voranschritten als ursprünglich geplant. Insbesondere bei der Bearbeitung des 2. Projektteils (Überarbeitung der Versorgungsempfehlungen für Pferde) ergaben sich neue Erkenntnisse, die letztlich in enger Abstimmung zwischen dem Ausschuss, seinen Sachverständigen und diesem Projekt zu neuen Systemen der Energie- und Proteinbewertung geführt haben. Dies war vorher so nicht geplant und erforderte einen erheblichen Mehraufwand an Zeit, auch für Plausibilitätsprüfungen. Auch andere Aspekte des Bedarfes (Arbeit, Trächtigkeit, Laktation) wurden völlig neu konzipiert. So werden die Empfehlungen einige innovative Konzepte und Ableitungen enthalten, die nicht nur ein Fortschritt für die Praxis der Pferdefütterung sein werden, sondern auch die Wissenschaft in diesem Feld und das internationale Interesse hieran befördern.

Stuttgart, 7. April 2011

Prof. Dr. M. Rodehutschord
Projektleiter