

INHALTSVERZEICHNIS

Verzeichnis der Abkürzungen	10
1 Einleitung	15
2 Energie	17
2.1 Vorbemerkungen	17
2.2 Energetische Futterbewertung	18
2.2.1 Hintergrund zur Einführung des <i>dreistufigen Verfahrens</i>	19
2.2.2 Übersicht über die der Auswertung zugrunde liegenden Daten	19
2.2.3 Beziehung zwischen der Verdaulichkeit der Organischen Masse und der Verdaulichkeit der Energie	21
2.2.4 Harnenergieverluste	24
2.2.5 Energieverluste über Methan	27
2.2.6 Zusammenfassung der Berechnungsschritte zur Ermittlung der Umsetzbaren Energie	29
2.2.7 <i>In-vitro</i> -Methoden zur Ermittlung der Verdaulichkeit der Organischen Masse	30
2.2.8 Kritische Analyse und Hinweise bei Anwendung der Faktoren und Gleichungen	31
2.2.9 Genauigkeit der Bestimmung der Umsetzbaren Energie	35
2.2.10 Die Vorzüge des <i>dreistufigen Verfahrens</i> zur Bestimmung der Umsetzbaren Energie	35
2.2.11 Einfluss des Futteraufnahmeniveaus auf die Umsetzbare Energie von Rationen	37
2.3 Energiebedarf der Milchkuh	45
2.3.1 Energetischer Erhaltungsbedarf	45
2.3.2 Energiebedarf für Milchbildung	47
2.3.2.1 Energiegehalt der Milch	47
2.3.2.2 Verwertung der Umsetzbaren Energie für die Milchbildung	48
2.3.3 Körpermasseänderung	50
2.3.4 Energiebedarf für Trächtigkeit	51
2.3.5 Energiebedarf für körperliche Bewegung	52
2.3.6 Energiebedarf für Thermoregulation	54
2.4 Vergleich der energetischen Futterbewertung nach dem <i>dreistufigen Verfahren</i> und des auf der Stufe der ME angegebenen Energiebedarfs mit dem früheren NEL-System	56
3 Protein und Aminosäuren	63
3.1 Vorbemerkungen	63
3.2 Bedarf an Protein und Aminosäuren	65
3.2.1 Nettobedarf an Protein und Aminosäuren	65
3.2.1.1 Unvermeidliche N-Verluste	65
3.2.1.2 Ansatz von Körperprotein	68
3.2.1.3 Milchprotein	72
3.2.2 Bedarf an dünndarmverdaulichem Protein und dünndarmverdaulichen Aminosäuren	72
3.3 Versorgung mit Protein und Aminosäuren	75

3.3.1	Ruminaler Rohprotein- und Aminosäurenabbau	75
3.3.2	Fluss an mikrobiellen Aminosäuren aus dem Pansen	78
3.3.3	Dünndarmverdaulichkeit der mikrobiellen Aminosäuren und der Aminosäuren des im Pansen nicht abgebauten Futterrohproteins	82
4	Einflüsse auf die Futter- und Wasseraufnahme sowie Aspekte der Fütterungshygiene	93
4.1	Futterraufnahme	93
4.1.1	Futterraufnahme in der Trockenstehzeit	93
4.1.2	Futterraufnahme in der Laktation	95
4.1.3	Besondere Aspekte der Grobfutterraufnahme	101
4.2	Wasserversorgung von Milchkühen	103
4.3	Futtermittel- und Fütterungshygiene	106
4.3.1	Nähere Charakterisierung und Beurteilung des Hygienestatus	106
4.3.2	Mykotoxine in Futtermitteln für Rinder	109
4.3.3	Auswirkungen von Mängeln im Hygienestatus	110
5	Strukturbewertung und -versorgung	117
5.1	Entwicklungen des Vorgehens	117
5.2	Konzept der physikalisch effektiven Neutral-Detergenzien-Faser	118
5.2.1	Datenbasis	118
5.2.2	pH-Wert im Panseninhalt und Fütterungseinflüsse	119
5.2.3	Interaktionen zwischen peNDF, Stärke, NFC und TM-Aufnahme	120
5.3	Bestimmung der peNDF in Rationen	122
5.3.1	Bestimmung der Partikelgrößenverteilung von Rationen	122
5.3.2	Bestimmung des Faktors physikalische Wirksamkeit (pef)	124
5.3.3	Bestimmung der peNDF	124
5.4	Empfehlungen zur Versorgung mit peNDF	125
5.4.1	Ableitung der Gleichungen für die Empfehlungen	125
5.4.2	Zielwerte für die Rationen	126
5.5	Einschätzung von Einzelfuttermitteln bei der Rationsplanung	128
6	Wiederkäuergerechte Ernährung	131
6.1	Vorbemerkungen	131
6.1.1	Trockensteh- und Transitphase	131
6.1.2	Laktation	132
6.2	Kohlenhydrate und peNDF	133
6.3	Fette und Öle	135
6.4	Besondere Anforderungen bei sehr hohen Leistungen	136
7	Mengen- und Spurenelemente	139
7.1	Mengenelemente	139
7.1.1	Nettobedarf an Mengenelementen	140
7.1.1.1	Unvermeidliche Verluste an Mengenelementen	140
7.1.1.2	Konzentration von Mengenelementen in der Milch	142
7.1.1.3	Ansatz von Mengenelementen während des Wachstums	144

7.1.1.4	Ansatz von Mengenelementen in Fötus und Adnexe	144
7.1.2	Verwertung der Mengenelemente	144
7.2	Spurenelemente	156
7.2.1	Spurenelementversorgung über die Futtermittel	157
7.2.2	Erläuterungen zu einzelnen Spurenelementen	158
7.2.2.1	Eisen	158
7.2.2.2	Kobalt	159
7.2.2.3	Kupfer	160
7.2.2.4	Mangan	161
7.2.2.5	Selen	162
7.2.2.6	Zink	163
7.2.2.7	Iod	164
7.2.2.8	Weitere Spurenelemente	165
8	Vitamine	173
8.1	Vitamine und Bedarfsableitung	173
8.2	Fettlösliche Vitamine	174
8.2.1	Vitamin A	174
8.2.2	Vitamin D	177
8.2.3	Vitamin E	179
8.2.4	Vitamin K	180
8.3	Wasserlösliche Vitamine (B-Vitamine)	180
8.3.1	Thiamin (Vitamin B1)	182
8.3.2	Riboflavin (Vitamin B2)	182
8.3.3	Niacin (Vitamin B3)	183
8.3.4	Pantothensäure (Vitamin B5)	183
8.3.5	Pyridoxin (Vitamin B6)	184
8.3.6	Folsäure (Vitamin B9)	185
8.3.7	Biotin (Vitamin H)	186
8.3.8	Cobalamin (Vitamin B12)	186
9	Besondere Ernährungsmaßnahmen	195
9.1	Energiemangel als Ursache für Gesundheitsstörungen	195
9.2	Pansenacidose	197
9.3	Pansenalkalose	199
9.4	Labmagenverlagerung	199
9.5	Störungen der Dickdarmverdauung	200
9.6	Postpartale Hypocalcaemie	200
9.7	Hypomagnesaemie (Weidetetanie)	203
9.8	Hypophosphataemie	203
9.9	Indikationen für eine gezielte Nutzung bestimmter ernährungsphysiologischer Futtermittelzusatzstoffe	204
9.10	Hohe Umgebungstemperaturen als Anlass für besondere Ernährungsmaßnahmen	207

10	Einfluss der Fütterung auf die Milchezusammensetzung	217
10.1	Milchfett	217
10.1.1	Quellen des Milchfetts	217
10.1.2	Milchfettkonzentration	218
10.1.3	Fettsäurezusammensetzung des Milchfetts	220
10.2	Milchprotein	221
10.2.1	Milchproteinkonzentration	221
10.2.2	Zusammensetzung des Milchproteins	222
10.3	Lactose	222
10.4	Mengen- und Spurenelemente	223
10.5	Vitamine	224
10.6	Milchinhaltsstoffe zur Beurteilung der Versorgung	224
10.7	Unerwünschte Veränderungen der Milch	225
11	Ernährung und Methanproduktion	231
11.1	Grundlegende Zusammenhänge und Biochemie der Methansynthese	231
11.1.1	Vorbemerkungen	231
11.1.2	Fermentativer Kohlenhydratabbau und Wasserstoffsynthese	231
11.1.3	Biochemie der Methansynthese	234
11.1.4	Einflüsse des Wirtes auf die Methanproduktion	236
11.2	Möglichkeiten zur Schätzung der Methanproduktion	237
11.2.1	Notwendigkeit und Herausforderungen	237
11.2.2	Methodische Grenzen der Erfassung der Methanproduktion	238
11.2.3	Schätzung der Methanproduktion anhand rations- und tierbasierter Variablen	238
11.2.4	Schätzung der Methanproduktion bei Minderungsszenarien	242
11.3	Potenziale und Grenzen der Minderung der Methanproduktion durch Verringerung des Futteraufwandes sowie Rationsgestaltung und Futterzusatzstoffe	246
11.3.1	Verringerung des Futteraufwandes als Schlüssel zur nachhaltigen Minderung der Methanemissionen des Produktionssystems	248
11.3.2	Faser- und Nichtfaser-Kohlenhydrate	248
11.3.3	Fette, Öle und fettreiche Futtermittel	249
11.3.4	Weitere pflanzliche Inhaltsstoffe	250
11.3.5	Synthetische Futterzusatzstoffe	253
11.4	Rahmenbedingungen und Schlussfolgerungen für die Implementierung nutritiver Maßnahmen zur Verringerung der Methanproduktion	254
11.4.1	Variabilität der Wirkung nutritiver Ansätze	254
11.4.2	Langzeitwirkung von nutritiven Maßnahmen	255
11.4.3	Höhe der zu erwartenden Effekte in der Praxis	256
11.5	Abschließende Überlegungen	256
12	Anhang	269