

Inhalt

Vorwort zur 3. Auflage	16
------------------------------	----

Teil 1 Ernährungsphysiologie

1 Grundlagen der Ernährung

Ortwin Simon und Jürgen Zentek

1.1 Grundbausteine der Biosphäre und molekularer Bauplan des Lebens

1.1.1 Allgemeines	18
1.1.2 Kohlenhydrate	18
1.1.3 Lipide	24
1.1.4 Proteine (Eiweiße)	29
1.1.5 Nucleinsäuren	32
1.1.6 Nucleotide als energiereiche Verbindungen	33
1.1.7 Nährstoff- und Futtermittelanalytik	33

1.2 Enzyme und ihre Wirkung

1.2.1 Was sind Enzyme?	40
1.2.2 Spezifität der Enzyme	40
1.2.3 Cofaktoren und Coenzyme	41
1.2.4 Hemmung der Enzymreaktionen	42
1.2.5 Einflussfaktoren auf enzymatisch katalysierte Reaktionen	42
1.2.6 Enzymnomenklatur	43
1.2.7 Herstellung und Anwendung von Enzymen	43

1.3 Stoffwechsel der Hauptnährstoffe

1.3.1 Einführung	44
1.3.2 Stoffwechsel der Eiweiße und der Aminosäuren	45
1.3.3 Stoffwechsel der Lipide	53
1.3.4 Stoffwechsel der Kohlenhydrate und zentrale Abbauwege	59

1.4 Funktionen einiger Hormone ..

1.5 Einfluss von Nahrungsfaktoren auf das Immunsystem und die Genexpression

Jürgen Zentek

1.6 Mikroorganismen und ihr Stoffwechsel

1.6.1 Bedeutung der Mikroorganismen ..	70
1.6.2 Nutzung mikrobieller Stoffwechselleistungen durch den Menschen ..	71

2 Mineralstoffe und Wasser

Annette Simon

2.1 Allgemeines

2.2 Mengenelemente

2.2.1 Calcium und Phosphor	78
2.2.2 Magnesium	83
2.2.3 Natrium, Kalium und Chlorid	85

2.2.4 Schwefel

2.3 Spurenelemente

2.3.1 Eisen	87
2.3.2 Kupfer	89
2.3.3 Cobalt	91

2.3.4	Iod	92	2.3.9	Fluor.....	97
2.3.5	Mangan	93	2.3.10	Chrom	97
2.3.6	Zink	93	2.3.11	Nickel.....	97
2.3.7	Selen	95			
2.3.8	Molybdän.....	96	2.4	Wasser	97

3 Vitamine

Ortwin Simon

3.1	Allgemeines	99	3.5.3	Vitamin E (Tocopherol).....	107
3.2	Einteilung der Vitamine	100	3.5.4	Vitamin K	108
3.3	Charakterisierung des Versorgungsgrades mit Vitaminen	101	3.6	Wasserlösliche Vitamine	110
3.4	Vitaminbedarf und Versorgungsempfehlungen ...	101	3.6.1	Vitamin B ₁ (Thiamin)	110
3.5	Fettlösliche Vitamine	102	3.6.2	Vitamin B ₂ (Riboflavin)	111
3.5.1	Vitamin A (Retinol) und seine Vorstufen	102	3.6.3	Vitamin B ₆ (Pyridoxin)	111
3.5.2	Vitamin D (Calciferole)	105	3.6.4	Niacin (Nicotinsäure)	112
			3.6.5	Biotin	113
			3.6.6	Pantothensäure	114
			3.6.7	Folsäure	114
			3.6.8	Cobalamin (Vitamin B ₁₂)	115
			3.6.9	Ascorbinsäure (Vitamin C)	115
			3.6.10	Stoffe mit vitaminähnlichem Charakter	116

4 Futteraufnahme und ihre Regulation

Ortwin Simon

4.1	Einleitung	118	4.4	Zentralnervensystem und Verzehrsregulation	121
4.2	Regulationsebenen der Nahrungsaufnahme	119	4.5	Chemische und physiologische Signale	121
4.3	Physikalische Faktoren der Regulation	120	4.6	Signalvermittlung	123

5 Verdauung und Resorption

Ortwin Simon

5.1	Bau des Verdauungstraktes ...	125	5.2.1	Verdauung durch körpereigene Enzyme	127
5.2	Verdauung	127	5.2.2	Mikrobielle Verdauung	134
			5.2.3	Resorption	143

5.3	Nährstoffverdaulichkeit und ihre Bestimmung	148	5.3.2	Praecaecale Verdaulichkeit	149
5.3.1	Scheinbare und wahre Verdaulichkeit	148	5.3.3	Bestimmung der Verdaulichkeit . .	149
			5.3.4	Beeinflussung der Verdaulichkeit .	151

6 Energiehaushalt

Klaus Männer

6.1	Grundlagen	153	6.3.1	Grundumsatz	162
6.2	Energieumsatz	154	6.3.2	Erhaltungsbedarf	164
6.2.1	Energetische Effizienz bei oxidativen Prozessen	154	6.3.3	Leistungsbedarf	165
6.2.2	Energetische Effizienz für Biosynthesen	155	6.3.4	Faktorielle Bedarfsableitung	171
6.2.3	Energetische Effizienz auf der Grundlage von Stoffwechseluntersuchungen	156	6.4	Energetische Futtermittelbewertungssysteme	171
6.2.4	Methodik der Energie-wechselmessung	158	6.4.1	Futtermittelbewertung auf der Basis der umsetzbaren Energie . . .	172
6.2.5	Energetische Verwertung der Nährstoffe	160	6.4.2	Futtermittelbewertung auf der Grundlage der Nettoenergie-Laktation (NEL)	174
6.3	Energiebedarf	162	6.5	Formeln zur Schätzung energetischer Futterwerte	175

7 Verwertung des Eiweißes und Eiweißbewertung

Ortwin Simon

7.1	Allgemeines	177	7.4	Proteinbewertung für Wiederkäuer	180
7.2	Tierexperimentelle Methoden der Proteinbewertung	177	7.5	Aminosäurenbedarf und Aminosäurenbedarfsdeckung	182
7.2.1	PER (protein efficiency ratio, Proteinwirkungsverhältnis)	177	7.5.1	Bestimmung des Aminosäurenbedarfs	182
7.2.2	Proteinbewertung mithilfe der N-Bilanz	178	7.5.2	„Ideales Protein“ und unausgeglichene Aminosäurenzufuhr	183
7.3	Proteinbewertung auf Basis chemisch-analytischer Daten . .	179	7.5.3	Aminosäurenbedarfsdeckung und Stickstoffausscheidung	184
7.3.1	Eiproteinverhältnis (EPV)/Milchproteinverhältnis (MPV) und „chemical score“	179			
7.3.2	Verfügbarkeit des Lysins	180			

Teil 2 Futtermittelkunde

8	Einleitende Bemerkungen	186
	<i>Heinz Jeroch</i>	
9	Definition und Einteilung der Futtermittel	187
	<i>Heinz Jeroch</i>	
10	Futtermittelrechtliche Vorschriften	189
	<i>Hans Schenkel</i>	
11	Grünfutter	
	<i>Olaf Steinhöfel, Martin Gierus und Heinz Jeroch</i>	
11.1	Allgemeine Angaben	194
11.2	Inhaltsstoffe und Futterwert	196
11.2.1	Energieliefernde Inhaltsstoffe (Kohlenhydrate, Fette)	196
11.2.2	Rohprotein	197
11.2.3	Mineralstoffe	198
11.2.4	Provitamine und Vitamine	199
11.2.5	Antinutritive und toxische Substanzen	199
11.2.6	Verdaulichkeit, energetischer Futterwert und Energieertrag	201
11.3	Einsatzempfehlungen	208
12	Stroh	
	<i>Olaf Steinhöfel und Martin Gierus</i>	
12.1	Inhaltsstoffe und Futterwert	210
12.2	Strohbehandlung zur Steigerung des Futterwertes	210
12.3	Einsatzempfehlungen	212
13	Knollen und Wurzeln	
	<i>Heinz Jeroch und Olaf Steinhöfel</i>	
13.1	Allgemeine Angaben	213
13.2	Kartoffeln	213
13.2.1	Gehalt an Hauptnährstoffen	214
13.2.2	Gehalte an Mineralstoffen und Vitaminen	214
13.2.3	Gehalt an antinutritiven Substanzen	215
13.2.4	Verdaulichkeit, energetischer Futterwert und Proteinqualität	216
13.2.5	Einsatzempfehlungen	216
13.3	Beta-Rüben	217
13.3.1	Inhaltsstoffe	217
13.3.2	Verdaulichkeit und energetischer Futterwert	217
13.3.3	Einsatzempfehlungen	217

13.4	Brassica-Rüben	218	13.6	Maniok (Tapioka, Cassava)	219
13.4.1	Inhaltsstoffe	218	13.6.1	Inhaltsstoffe	219
13.4.2	Verdaulichkeit und energetischer Futterwert	218	13.6.2	Verdaulichkeit und energetischer Futterwert	220
13.4.3	Einsatzempfehlungen	218	13.6.3	Einsatzempfehlungen	220
13.5	Mohrrüben	219	13.7	Weitere Knollen für Futterzwecke	220

14 Körner und Samen

Heinz Jeroch und Olaf Steinhöfel

14.1	Allgemeine Angaben	221	14.2.10	Spezifische Futterqualitäts- eigenschaften einzelner Getreidearten und Einsatzempfehlungen	231
14.2	Getreide	222	14.3	Körnerleguminosen	236
14.2.1	Morphologischer Aufbau des Getreidekorns	222	14.3.1	Gehalt an Hauptnährstoffen	236
14.2.2	Gehalt an Hauptnährstoffen	222	14.3.2	Mineralstoff- und Vitamingehalt ..	238
14.2.3	Mineralstoffgehalt	224	14.3.3	Gehalt an antinutritiven Inhaltsstoffen	238
14.2.4	Vitamingehalt	224	14.3.4	Proteinqualität	239
14.2.5	Gehalt an antinutritiven Substanzen und Kontamination mit unerwünschten Stoffen	225	14.3.5	Verdaulichkeit und energetischer Futterwert	239
14.2.6	Verdaulichkeit und energetischer Futterwert	225	14.3.6	Einsatzempfehlungen	240
14.2.7	Proteinqualität	227	14.4	Fettreiche Samen	241
14.2.8	Futterwert von erntefrischem Getreide	229	14.5	Buchweizen	242
14.2.9	Futterwert von Auswuchsgetreide	229			

15 Futtermittel aus der industriellen Verarbeitung pflanzlicher Rohstoffe

Hans Schenkel und Heinz Jeroch

15.1	Allgemeine Angaben	243	15.3.1	Nebenprodukte bei der Stärke- gewinnung aus Mais und Weizen .	247
15.2	Nebenprodukte der Mehl- und Schälmmüllerei	243	15.3.2	Nebenprodukte aus der Kartoffelstärkegewinnung	249
15.2.1	Nebenprodukte der Mehlmüllerei .	243	15.4	Nebenprodukte der Brennerei	250
15.2.2	Nebenprodukte und Produkte der Schälmmüllerei	246	15.5	Nebenprodukte der Bierbrauerei	253
15.3	Nebenprodukte der Stärkeindustrie	247			

15.6 Nebenprodukte der Obstverarbeitung	255	15.7.5 Gehalte an Mineralstoffen und Vitaminen	261
15.7 Nebenprodukte der Ölindustrie	256	15.7.6 Vorkommen an antinutritiven Inhaltsstoffen und unerwünschten Stoffen	261
15.7.1 Allgemeine Angaben	256	15.7.7 Einsatzempfehlungen	261
15.7.2 Verfahren der Ölgewinnung	257	15.7.8 Nebenprodukt aus Biodieselproduktion	261
15.7.3 Rohproteingehalt und Proteinqualität	258	15.8 Nebenprodukte der Zuckerrübenverarbeitung	264
15.7.4 Gehalt an Kohlenhydraten und Faser, Verdaulichkeit und energetischer Futterwert	260	15.8.1 Verfahren der Zuckerherstellung .	264
		15.8.2 Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatzempfehlungen	264

16 Futtermittel auf mikrobieller Basis sowie Algen und daraus gewonnene Erzeugnisse

Hans Schenkel und Heinz Jeroch

16.1 Allgemeine Angaben	268	16.3 Erzeugnisse und Nebenerzeugnisse aus der Fermentation mit Bakterien und Pilzen	271
16.2 Hefen	269	16.4 Algen und daraus gewonnene Erzeugnisse	271
16.2.1 Inhaltsstoffe	270		
16.2.2 Proteinqualität, Verdaulichkeit und energetischer Futterwert	270		
16.2.3 Einsatzempfehlungen	271		

17 Futtermittel tierischer Herkunft

Hans Schenkel und Heinz Jeroch

17.1 Allgemeine Angaben	273	17.3 Futtermittel aus Fischen	276
17.2 Milch und Milchverarbeitungsprodukte	273	17.3.1 Fischmehl	276
17.2.1 Milchverarbeitung und anfallende Produkte	274	17.3.2 Weitere Fischprodukte	278
17.2.2 Inhaltsstoffe und Futterwert	274	17.4 Futtermittel aus warmblütigen Landtieren	279
17.2.3 Einsatzempfehlungen	275	<i>Hans Schenkel</i>	
		17.5 Insekten	279
		<i>Hans Schenkel</i>	

18	Futterfette <i>Hans Schenkel und Heinz Jeroch</i>	
18.1	Futterfettquellen	281
18.2	Ziele des Fetteinsatzes	281
18.3	Fettsäurenmuster von Futterfetten	282
18.4	Fettqualitätsveränderungen . . .	283
18.5	Verdaulichkeit und energetischer Futterwert	284
18.6	Einsatzempfehlungen	285
19	Erzeugnisse und Nebenerzeugnisse aus der Lebensmittelindustrie <i>Hans Schenkel und Heinz Jeroch</i>	
19.1	Allgemeine Angaben	287
19.2	Produkte und Nebenprodukte der Back- und Teigwarenindustrie	287
	19.2.1 Inhaltsstoffe und Futterwert	287
	19.2.2 Einsatzempfehlungen	288
20	Ergänzungs- und Zusatzstoffe <i>Ortwin Simon</i>	
20.1	Allgemeine Angaben	289
20.2	Ergänzungstoffe – Mengenelemente	289
20.3	Futterzusatzstoffe	290
	20.3.1 Einteilung der Futterzusatzstoffe	290
	20.3.2 Technologische Zusatzstoffe	290
	20.3.3 Sensorische Zusatzstoffe	291
	20.3.4 Ernährungsphysiologische Zusatzstoffe	292
	20.3.5 Zootechnische Zusatzstoffe	294
21	Futtermittel aus gentechnisch veränderten Organismen	296
	<i>Hans Schenkel und Heinz Jeroch</i>	
22	Mischfuttermittel <i>Heinz Jeroch und Jürgen Zentek</i>	
22.1	Allgemeine Bemerkungen	299
22.2	Einteilung und Verwendungsart	301
22.3	Mischfutterberechnung	302
22.4	Herstellung	303
22.5	Allgemeine Anforderungen . . .	304
22.6	Deklaration	305
22.7	Qualitätskontrolle	308

23 Konservierung von Futtermitteln

Olaf Steinhöfel

23.1 Ziele der Konservierung	310	23.2.1 Silierung	312
23.2 Verfahren der Konservierung	312	23.2.2 Chemische Konservierung	329
		23.2.3 Trocknung	331
		23.2.4 Kühlung von Hackfrüchten	333

24 Futtermittelbearbeitung und -behandlung

Jürgen Zentek und Heinz Jeroch

24.1 Reinigen von Futtermitteln	336	24.4 Chemische Behandlungsverfahren	338
24.2 Mechanische Bearbeitung und Behandlung von Futtermitteln	336	24.5 Thermische, hydrothermische, thermisch-mechanische und hydrothermisch-mechanische Behandlungsverfahren	340
24.3 Biologische Behandlungsverfahren	338		

25 Futtermittelhygiene

Hans Schenkel und Sven Dänicke

25.1 Allgemeine Vorbemerkungen und Begriffsbestimmungen	345	25.2.1 Mikrobieller Verderb	350
25.2 Futtermittelhygienestatus und Futtermittelverderb	348	25.2.2 Mykotoxine	355
		25.2.3 Maßnahmen zur Vermeidung negativer Einflüsse auf den Futtermittelhygienestatus	363

26 Futterwerttabellen 365

Hans Schenkel und Heinz Jeroch

Teil 3 Fütterung

27 Fütterung der Schweine

Markus Rodehutschord

27.1 Besonderheiten in Anatomie und Physiologie und Konse- quenzen für die Fütterung	394	27.2.1 Entwicklungen während des Wachstums	396
27.2 Ferkel und Mastschweine	396	27.2.2 Bedarf an ME	398
		27.2.3 Bedarf an Aminosäuren und Rohprotein	400

27.2.4	Bedarf an Mengenelementen	404	27.6	Zuchteber	424
27.2.5	Bedarf an Spurenelementen und Vitaminen sowie Versorgungsempfehlungen	405	27.7	Versorgung von Schweinen mit wasserlöslichen Vitaminen . . .	425
27.2.6	Fütterung der Ferkel	405	27.8	Fütterung und Produktbeschaffenheit	425
27.2.7	Fütterung der Mastschweine	409	27.9	Fütterungsbeeinflusste Gesundheitsstörungen	426
27.3	Jungsauen	415	27.10	Hygiene von Futter, Fütterung und Tränke	428
27.4	Tragende Sauen	416	27.11	Umwelt- und ressourcen- schonende Fütterung	429
27.4.1	Energie- und Nährstoffbedarf . . .	417			
27.4.2	Fütterung	418			
27.5	Laktierende Sauen	420			
27.5.1	Energie- und Nährstoffbedarf . . .	420			
27.5.2	Fütterung	423			

28 Fütterung der Pferde

Annette Zeyner und Jürgen Zentek

28.1	Grundlagen der Verdauungsphysiologie	432	28.6	Zuchtpferde	454
28.2.	Artgerechte Ernährung	440	28.6.1	Energie- und Nährstoffbedarf . . .	454
28.2.1	Empfehlungen zur Versorgung mit Grobfuttermitteln	440	28.6.2	Fütterungspraxis	457
28.2.2	Futtermittel- und nährstoff- spezifische Restriktion in Bezug auf Konzentrate	442	28.7	Wachsende Pferde	461
28.2.3	Fütterungstechnik	443	28.7.1	Energie- und Nährstoffbedarf . . .	461
28.3	Verzehrregulation und Trockenmasseaufnahme	443	28.7.2	Fütterungspraxis	462
28.4	Pferde im Erhaltungsstoffwechsel	445	28.8	Fütterungsbedingte Gesundheitsstörungen	466
28.4.1	Energie- und Nährstoffbedarf . . .	445	28.8.1	Koliken	466
28.4.2	Fütterungspraxis	448	28.8.2	Magenulcera	468
28.5	Freizeit- und Sportpferde	450	28.8.3	Durchfallerkrankungen und freies Kotwasser	469
28.5.1	Energie- und Nährstoffbedarf . . .	450	28.8.4	Endokrine Störungen	470
28.5.2	Fütterungspraxis	453	28.8.5	Hyperlipidämie	471
			28.8.6	Belastungsmyopathien	471
			28.8.7	Atypische Weidemyopathie	472
			28.8.8	Störungen des Bewegungsapparates	472
			28.8.9	Verhaltensstörungen	473

29 Fütterung der Rinder

Qendrim Zebeli und Markus Rodehutschord

29.1 Kälber	475	29.3.9 Fütterung und Milchinhaltsstoffe .	534
29.1.1 Ernährung in der ersten Lebenswoche	476	29.3.10 Fütterungsbeeinflusste Gesundheitsstörungen	535
29.1.2 Kälberaufzucht	477	29.4 Mastbullen	540
29.1.3 Kälbermast	484	29.4.1 Wiederkäuergerechte Ernährung	540
29.1.4 Fütterungsbeeinflusste Gesundheitsstörungen	487	29.4.2 Leistungskenndaten	541
29.2 Jungrinder für die Nachzucht	489	29.4.3 Energie- und Nährstoffbedarf	542
29.2.1 Tiergerechte Ernährung	489	29.4.4 Fütterung	546
29.2.2 Energie- und Nährstoffbedarf	492	29.4.5 Schlachtkörperqualität, Fleischqualität	551
29.2.3 Fütterung	496	29.4.6 Fütterungsbeeinflusste Gesundheitsstörungen	551
29.3 Milchkühe	500	29.5 Jungrindermast in der Mutterkuhhaltung	552
29.3.1 Wiederkäuergerechte Ernährung .	500	29.6 Mast von Färsen und Ochsen	553
29.3.2 Leistungsentwicklung	506	29.7 Altkühe	553
29.3.3 Futteraufnahme	506	29.8 Zuchtbullen	553
29.3.4 Strukturbewertung und Strukturversorgung	508		
29.3.5 Energie- und Nährstoffbedarf	513		
29.3.6 Wasserversorgung	523		
29.3.7 Rationsgestaltung	524		
29.3.8 Trockenstehende Kühe und Kühe am Beginn der Laktation	533		

30 Fütterung der Schafe

Herbert Steingaß

30.1 Einleitende Bemerkungen	555	30.3 Fütterung der Mutterschafe ..	560
30.2 Anforderungen an die Fütterung	555	30.3.1 Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung	560
30.2.1 Besonderheiten des Schafes hinsichtlich Futteraufnahme und Verdauungsleistung	555	30.3.2 Fütterung mit Grünfutter	564
30.2.2 Energie- und Proteinbedarf	557	30.3.3 Fütterung mit Konservaten	566
30.2.3 Mineralstoffbedarf und -versorgung	558	30.4 Fütterung der Zuchtböcke	567
30.2.4 Vitaminbedarf und -versorgung ..	559	30.5 Fütterung der Lämmer	567
30.2.5 Futterdarbietungsformen	559	30.5.1 Energie- und Nährstoffbedarf	567
		30.5.2 Kolostralmilchversorgung	567
		30.5.3 Lämmeraufzucht am Mutterschaf .	568
		30.5.4 Lämmeraufzucht mit Milchaustauschern	570

30.6 Fütterung der Mastlämmer ...	570	30.7 Fütterung der Jungschafe....	573
30.6.1 Energie- und Nährstoffbedarf	570	30.7.1 Energie- und Nährstoffbedarf	573
30.6.2 Milchlämmermast	570	30.7.2 Praktische Fütterung	573
30.6.3 Intensive Lämmermast	571		
30.6.4 Wirtschaftsmast	573	30.8 Fütterung und Wollbildung ...	574
		30.9 Fütterungsbedingte	
		Gesundheitsstörungen	574

31 Fütterung des Geflügels

Heinz Jeroch

31.1 Einflussfaktoren auf die Futter- und Wasseraufnahme .	578	31.8 Fütterung der Elterntiere	615
31.2 Besonderheiten des Verdauungstraktes und Konsequenzen für die Fütterung	580	31.8.1 Broilerelterntiere	616
31.3 Bemerkungen zum Energie und Nährstoffbedarf sowie zu Versorgungsempfehlungen	582	31.8.2 Putenelterntiere	624
31.4 Futtermittel und Futterzusatzstoffe	585	31.8.3 Entenelterntiere	628
31.5 Fütterungstechnik	590	31.8.4 Gänseelterntiere	633
31.6 Wasserbedarf, -versorgung und -qualität.....	593	31.8.5 Einfluss der Elterntierfütterung auf Bruteiqualität, embryonale Entwicklung, Schlupffähigkeit und Kükenentwicklung	634
31.7 Fütterung der Legehennen einschließlich Aufzuchttiere (Küken, Junghennen)	595	31.9 Fütterung des Mastgeflügels ...	637
31.7.1 Aufzuchttiere (Küken, Junghennen)	596	31.9.1 Broiler (Jungmasthühner).....	638
31.7.2 Legeperiode (Hennen)	601	31.9.2 Mastputen	652
31.7.3 Fütterung und Konsumeierqualität	611	31.9.3 Mastenten	660
		31.9.4 Mastgänse	665
		31.9.5 Einfluss der Fütterung auf Schlachtkörperwert, Fleisch- und Fettqualität	668
		31.10 Fütterungsassoziierte Gesundheitsstörungen	671
		31.11 Umwelt- und ressourcenschonende Fütterung	673

Weiterführende Literatur.....	675	Autorenverzeichnis	678
Abkürzungen	676	Sachverzeichnis	680