

BIOCHEMIE

VERLAG DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN, BUDAPEST

BIOCHEMIE

VON
F. BRUNO STRAUB

Mit 107 Abbildungen



Verlag der Ungarischen Akademie der Wissenschaften
Budapest 1960

I N H A L T

VORWORT	13
EINLEITUNG	15

I. T E I L

Eiweißkörper	25
A) Zusammensetzung der Eiweißkörper	26
B) Chemische Bindungen der Eiweißkörper	31
1. Peptidbindungen in den Eiweißkörpern	33
2. Disulfidbrücken im Eiweiß	38
3. Wasserstoffbindungen im Eiweiß	39
4. Ionenbindungen im Eiweiß	41
5. Andere mögliche Bindungsarten im Eiweiß	42
C) Reihenfolge der Aminosäuren innerhalb des Eiweißmoleküls	43
D) Die Spezifität der Eiweißkörper	47
E) Einteilung der Eiweißkörper	49
1. Globuläre und fibrilläre Eiweißkörper	50
2. Einteilung der Eiweißkörper nach ihren Bestandteilen und ihrer Löslichkeit	53
F) Eigenschaften der Eiweißkörper	56
1. Nachweis und Bestimmung der Eiweißkörper	56
2. Molekulargewicht der Eiweißkörper	69
3. Elektrische Ladung der Eiweißmoleküle	61
4. Eigenschaften der Eiweißlösungen — Reinigung der Eiweißkörper	67
5. Denaturierung	72
G) Peptide und Polypeptide	75
H) Abbau und Aufbau der Eiweißkörper im Organismus	79
1. Ernährungsphysiologische Bedeutung der Eiweißkörper	80
2. Geschwindigkeit und Mechanismus der Eiweißerneuerung	87
Biokatalyse, Enzyme	92
A) Allgemeines über Katalyse	93
Biokatalyse	96
B) Eigenschaften der Enzyme	97
1. Enzyme als Eiweißkörper	97
2. Enzyme als spezifische Katalysatoren	99
3. Über die die Enzymwirkung beeinflussenden Faktoren	102
4. Aktivatoren, Koenzyme, prosthetische Gruppe	113
5. Über die Enzym—Substratbindung	117
6. Über den chemischen Mechanismus der Enzymwirkung	120
7. Abbauende und aufbauende Enzyme	124

8. Wirkung der Enzyme <i>in vivo</i>	126
9. Stoffwechsel der Enzyme	130
C) Einteilung der Enzyme	132
Energiehaushalt des Organismus	139
A) Energiequelle	139
B) Grundumsatz	140
C) Biochemischer Mechanismus der Energieverwertung im Organismus	146
D) Fermentation, Glykolyse, Glykogenolyse	153
1. Mechanismus der Fermentation	153
2. Energieproduktion der Gärung	161
3. Enzyme der Gärung	162
E) Oxydation	165
1. Szent-Györgyi—Krebs Zyklus oder Zitratzyklus	167
a) Oxydation der Brenztraubensäure	167
b) Reaktionsfolge des Zitratzyklus	170
c) Lokalisierung des Zitratzyklus	175
d) Teilnahme der Zitratzyklusglieder an anderen Stoffwechselvorgängen	175
2. Terminale Oxydation	176
a) Übersicht	176
b) Mechanismus der terminalen Oxydation — Die Zytochrome	178
c) Die Verknüpfung der Dehydrogenierung mit dem Zytochromsystem	183
d) Energiebilanz der terminalen Oxydation	186
e) Energiebilanz der Glukoseoxydation	188
f) Intensität und Regulierung der Atmung	189
g) Atmungshemmende Substanzen	192
3. Photosynthese und die direkte Oxydation von Glukose-6-phosphat	193
Aminosäuren im lebenden Organismus	200
A) Vorkommen der Aminosäuren im Organismus	200
B) Allgemeine intermediäre Reaktionen der Aminosäuren	201
1. Oxydative Desaminierung	201
2. Transaminierung	202
3. Karbamidsynthese	205
4. Schicksal der Kohlenstoffkette der Aminosäuren im intermediären Stoffwechsel	207
C) Bedeutung der Aminosäuren im Aufbau anderer Substanzen	209
1. Karbamidsynthese	209
2. Kreatinsynthese	210
3. Glutathionsynthese	211
4. Entstehung des Taurins	212
5. Synthese von Koenzym-A	212
6. Biosynthese der Porphyrinderivate	213
7. Karnosin- und Anserinsynthese	215
8. Äthanolamin (Cholamin)	217
9. Bildung von Cholin	217
10. Histamin, Serotonin	218
11. Thyroxin und verwandte Derivate	219
12. Adrenalin	219
13. Bildung von Melaninfarbstoffen	219
14. Nikotinsäure	220
15. Verbindungen mit Isoprenskelett	221
16. »Aktives C ₁ «	222
17. Synthese der Purin- und Pyrimidinderivate	223
18. Hexosamine	224

D)	Endprodukte des Aminosäurestoffwechsels im Harn	224
1.	Intermediäre Reaktionen des Glykokolls	226
2.	Reaktionen des Alanins	226
3.	Reaktionen des Valins	227
4.	Reaktionen des Leuzins	227
5.	Reaktionen des Isoleuzins	227
6.	Reaktionen des Serins	227
7.	Umwandlung des Threonins	228
8.	Reaktionen des Zysteins	228
9.	Reaktionen des Methionins	228
10.	Reaktionen der Asparaginsäure	229
11.	Reaktionen der Glutaminsäure	229
12.	Reaktionen des Arginins	230
13.	Umwandlung des Lysins	230
14.	Umwandlungen des Tyrosins	230
15.	Reaktionen des Phenylalanins	230
16.	Reaktionen des Tryptophans	231
17.	Reaktionen des Histidins	231
18.	Umwandlung des Prolins	231
E)	Pathologischer Stoffwechsel der Aminosäuren	233
F)	Über den Aminosäurestoffwechsel von Mikroorganismen	236
	Kohlenhydrate im lebenden Organismus	238
A)	Wichtigere Monosaccharide	238
B)	Di- und Polysaccharide	251
C)	Übersicht des Kohlenhydratstoffwechsels	260
D)	Regulation des Kohlenhydratstoffwechsels	263
1.	Pasteur-Effekt	263
2.	Reversible Umwandlung der Kohlenhydrate in andere Stoffwechsel- produkte	264
3.	Hormonale Regulation des Kohlenhydratstoffwechsels	265
4.	Pathologischer Kohlenhydratstoffwechsel	269
	Lipide (fettartige Substanzen) im lebenden Organismus	270
A)	Fettsäuren	272
1.	Im Organismus vorkommende Fettsäuren	272
2.	Abbau und Biosynthese der Fettsäuren	274
B)	Verseifbare Lipide	282
1.	Neutralfette	282
2.	Wachse	283
3.	Phosphatide	284
4.	Zerebroside	287
C)	Abbau und Biosynthese der Neutralfette, Phosphatide und Zerebroside	288
D)	Unverseifbare Lipide	291
1.	Karotinoide	291
2.	Verbindungen mit Steranskelett im Organismus	292
a)	Stereoisomerie der Steranverbindungen	292
b)	Sterine (Alkohole mit Steranskelett, Sterole)	295
c)	Gallensäuren	296
d)	Steroidhormone	297
E)	Stoffwechsel der Steranverbindungen	298
F)	Zusammenfassung des Lipidstoffwechsels und seine Zusammenhänge mit anderen Stoffwechselvorgängen	300
1.	Über den Lipidstoffwechsel im allgemeinen	300
2.	Intensität des Lipidstoffwechsels	304
3.	Hormonale Regulation des Lipidstoffwechsels	306
4.	Pathologischer Fettstoffwechsel	306

Nukleinsäuren	309
A) Chemische Struktur der Nukleinsäuren	310
B) Nachweis der Nukleinsäuren	318
C) Vorkommen der Nukleinsäuren	319
D) Nukleinsäuren in den Viren	321
E) Stoffwechsel der Nukleinsäuren	323
1. Biosynthese der Nukleinsäurenbestandteile	324
a) Biosynthese von Pyrimidinen	324
b) Biosynthese von Purinen	326
2. Abbau der Nukleinsäuren	330
F) Nukleoproteide	332
G) Freie Nukleotide	334
Vitamine	339
A) Wasserlösliche Vitamine	341
1. Thiamin (Vitamin B ₁ , Aneurin)	341
2. Riboflavin (Vitamin B ₂)	345
3. Nikotinsäure	347
4. Pyridoxin, Vitamin B ₆	350
5. Kobalamin, Vitamin B ₁₂	353
6. Folsäure	357
7. Biotin	359
8. Pantothersäure	360
9. Andere Vitamine der B-Reihe	363
10. Ascorbinsäure, Vitamin C	365
11. Vitamin P	368
B) Lipidlösliche Vitamine	369
1. Vitamin A	369
2. Vitamin D	371
3. Vitamin E, Tokopherol	374
4. Vitamin K	376
5. Essentielle Fettsäuren	379
Hormone	381
A) Hormonproduktion der Schilddrüse	382
1. Chemische Struktur	384
2. Jodstoffwechsel und das Schilddrüsenhormon	385
B) Hormonerzeugung der Parathyreoidale	393
C) Hormone der Bauchspeicheldrüse	394
1. Insulin	394
2. Glukagon	400
D) Hormone der Nebennieren	400
1. Adrenalin und Noradrenalin	400
2. Hormonproduktion der Nebennierenrinde	404
E) Hormone der Gonaden	413
1. Männliche Sexualhormone	413
2. Weibliche Sexualhormone	416
a) Östrogene	417
b) Progesteron	420
F) Zusammenfassung der Steroidhormone	424
1. Steroidgehalt des Harns	424
2. Steroidhormone im Organismus	426
G) Hormonproduktion der Hypophyse	427
1. Hormone der Adenohypophyse	429
a) Thyreotropes Hormon	429
b) Adenokortikotropes Hormon	431

c) Wachstumshormon	433
d) Gonadotrope Hormone	436
I. Follikelstimulierendes Hormon (FSH)	437
II. Luteinisierendes Hormon (ICSH)	437
III. Prolaktin	438
2. Hormone der Neurohypophyse	439
3. Hormon des Mittellappens der Hypophyse	441
H) Grenzfälle des Hormonbegriffes — Hormone im niederen Organismus	442

II. T E I L

Biochemie der Verdauung	449
A) Der Speichel	450
Amylasen niedriger Organismen	452
B) Magensaft	452
1. Absonderung, Zusammensetzung und Wirkung	452
2. Mechanismus der Salzsäureabsonderung	455
3. Pepsinogen und Pepsin	456
C) Der Pankreassaft	458
1. Zusammensetzung, Isolierung, Verdauungswirkungen	458
2. Chemie der Pankreasenzyme	462
a) Trypsin	462
b) Chymotrypsin	465
c) Karboxypeptidase	469
3. Enzymsynthese in der Bauchspeicheldrüse	469
D) Die Galle	470
E) Verdauung im Dünndarm und Dickdarm	472
F) Resorption aus dem Darmtrakt	476
G) Bedeutung der Bakterienflora des Darmes im Laufe der Verdauung	480
H) Autolyse, weitere Verdauungsenzyme	483
Biochemie des Blutes	486
A) Zusammensetzung des Blutes	486
B) Rolle des Blutes im Atmungsvorgang	487
1. Sauerstofftransport	488
a) Das Hämoglobin	488
b) Transport des Sauerstoffes	491
2. Kohlendioxidtransport	495
a) Bindung des Kohlendioxids	495
b) Kohlendioxidtransport	497
C) Stoffwechsel der roten Blutkörperchen und des Hämoglobins	500
1. Hämolyse	500
2. Energieliefernde Vorgänge in den roten Blutkörperchen	501
3. Konservierung der roten Blutkörperchen	502
4. Stoffwechsel der Genese roter Blutkörperchen	503
5. Porphyrinstoffwechsel	505
6. Abbau des Häms, Entstehung der Gallenfarbstoffe	510
7. Hämoglobinähnliche Atmungspigmente	513
8. Stoffwechsel des Eisens	514
9. Pathologischer Hämoglobinstoffwechsel	516
D) Blutplasmaeiweißkörper und ihre Funktionen	517
1. Einteilung der Plasmaproteine und ihre Trennung	517
2. Albumine	522
3. Lipoproteine	524
4. Antikörper und γ -Globuline	526

5. Enzyme des Blutplasmas	530
6. Stoffwechsel der Plasmaproteine	532
7. Blutgerinnung	533
E) Nichtproteinartige gelöste Substanzen des Blutes	538
1. Stickstoffhaltige Substanzen	538
2. Bedeutung der anorganischen Bestandteile des Blutes	539
a) Konzentration der Anionen und Kationen	539
b) Verteilung von Anionen und Kationen in kolloidhaltigen Systemen an beiden Seiten einer semipermeablen Membran....	540
c) Ungleiche Verteilung der einzelnen Kationen.....	542
d) Rolle der anorganischen Bestandteile und der Proteine des Blutes bei Erhaltung des pH	546
Biochemie der Milch.....	549
Bewegung des Wassers und der gelösten Substanzen im Organismus.....	553
A) Nieren und Harn.....	553
1. Über die Nierenfunktion	553
2. Zusammensetzung des Harns	557
a) Normale Harnbestandteile	557
b) Anormale Harnbestandteile	559
c) Biologische Verschiedenheiten der Stickstoffausscheidung....	561
B) Flüssigkeitsräume und Sekrete	562
1. Extrazelluläres und intrazelluläres Wasser	562
2. Die Lymphe.....	566
3. Zustandekommen der ungleichen Ionenverteilung.....	567
C) Zusammenfassung des Wasser- und Elektrolytstoffwechsels.....	571
1. Quantitative Veränderung von Wasser und Salzen.....	571
2. Spezifischer Stoffwechsel einzelner Ionen	574
Biochemie der Muskelkontraktion	578
A) Zusammensetzung des Muskelgewebes	578
1. Proteine	579
2. Kohlenhydrate	583
3. Lipide	584
4. Extraktivstoffe	584
5. Anorganische Bestandteile	586
B) Stoffwechsel des Muskelgewebes	587
1. Kohlenhydratstoffwechsel und Energieproduktion.....	587
2. Energiereserven	591
3. Proteinstoffwechsel	594
4. Kationenaustausch im Muskel	595
C) Biochemische Grundlagen der Muskelkontraktion	599
D) Über die Theorien der Muskelkontraktion	605
Biochemie des Nervengewebes	609
A) Chemische Zusammensetzung	609
1. Die zerebrospinale Flüssigkeit	609
2. Zusammensetzung des Nervengewebes	610
a) Anorganische Bestandteile	611
b) Proteine	612
c) Lipide	612
B) Stoffwechsel des Nervengewebes	613
1. Stoffwechsel des Hirns <i>in vivo</i>	613
2. Stoffwechsel des Hirngewebes <i>in vitro</i>	614
3. Erneuerung der Lipide, Proteine und Nukleinsäuren	615
4. Erregungszustand der Nervenfasern und ihr Kationenaustausch	618

5. Stoffwechsel chemischer Überträgerstoffe.....	621
a) Vorkommen, Verteilung	621
b) Stoffwechsel des Acetylcholins.....	622
c) Stoffwechsel des Adrenalins und Noradrenalins.....	626
C) Biochemische Änderungen, die infolge Lichtwirkung im Auge verlaufen	628
Biochemie der Haut, des Bindegewebes und der Stützgewebe.....	631
A) Die Haut	631
B) Bindegewebe, Sehngewebe, Knorpel- und Knorpelgewebe.....	633

A N H A N G

I. Zusammenfassende biochemische Fachliteratur	643
1. Lehrbücher	643
2. Handbücher	644
3. Serienausgaben	644
II. Biochemische Zeitschriften	644
III. Chemische Gleichgewichte und Änderung der freien Energie	645
IV. Wasserstoffionenkonzentration und Pufferung	650
V. Redoxpotential	654
VI. Elektrophorese	662
VII. Elektrometrische Titration	667
VIII. Ultrazentrifuge	671
IX. Chromatographische Methoden	673
1. Adsorptionschromatographie	673
2. Das Craig-Verfahren	674
3. Papierchromatographie	675
4. Ionenaustauscher-Chromatographie	679
X. Anwendung von Isotopen in der Biochemie	683
1. Stabile Isotope	683
2. Radioaktive Isotope	684
XI. Methoden zur Untersuchung des Stoffwechsels	692
1. <i>In vivo</i> Methoden	694
2. Untersuchung isolierter Organe	695
3. Methode der Gewebeschnitte	696
4. Homogenate und Zellfraktionen	697
5. Extrakte	698
6. Spektrophotometrische und manometrische Methoden in der Untersuchung des Stoffwechsels	699
SACHVERZEICHNIS.....	

BIOCHEMIE

BIOCHEMIE

VON
F. BRUNO STRAUB

Mit 107 Abbildungen



Verlag der Ungarischen Akademie der Wissenschaften
Budapest 1960

Lektoren

Dr. ENDRE BÍRÓ

Dr. BÉLA TANKÓ

Übersetzung

von

GYÖRGY SCHWÁLM

© Akadémiai Kiadó, Budapest 1960

Zeichnungen

von

LÁSZLÓ SZÉKELY

I N H A L T

VORWORT	13
EINLEITUNG	15

I. T E I L

Eiweißkörper	25
<i>A)</i> Zusammensetzung der Eiweißkörper	26
<i>B)</i> Chemische Bindungen der Eiweißkörper	31
1. Peptidbindungen in den Eiweißkörpern	33
2. Disulfidbrücken im Eiweiß	38
3. Wasserstoffbindungen im Eiweiß	39
4. Ionenbindungen im Eiweiß	41
5. Andere mögliche Bindungsarten im Eiweiß	42
<i>C)</i> Reihenfolge der Aminosäuren innerhalb des Eiweißmoleküls	43
<i>D)</i> Die Spezifität der Eiweißkörper	47
<i>E)</i> Einteilung der Eiweißkörper	49
1. Globuläre und fibrilläre Eiweißkörper	50
2. Einteilung der Eiweißkörper nach ihren Bestandteilen und ihrer Löslichkeit	53
<i>F)</i> Eigenschaften der Eiweißkörper	56
1. Nachweis und Bestimmung der Eiweißkörper	56
2. Molekulargewicht der Eiweißkörper	69
3. Elektrische Ladung der Eiweißmoleküle	61
4. Eigenschaften der Eiweißlösungen — Reinigung der Eiweißkörper	67
5. Denaturierung	72
<i>G)</i> Peptide und Polypeptide	75
<i>H)</i> Abbau und Aufbau der Eiweißkörper im Organismus	79
1. Ernährungsphysiologische Bedeutung der Eiweißkörper	80
2. Geschwindigkeit und Mechanismus der Eiweißerneuerung	87
Biokatalyse, Enzyme	92
<i>A)</i> Allgemeines über Katalyse	93
Biokatalyse	96
<i>B)</i> Eigenschaften der Enzyme	97
1. Enzyme als Eiweißkörper	97
2. Enzyme als spezifische Katalysatoren	99
3. Über die die Enzymwirkung beeinflussenden Faktoren	102
4. Aktivatoren, Koenzyme, prosthetische Gruppe	113
5. Über die Enzym—Substratbindung	117
6. Über den chemischen Mechanismus der Enzymwirkung	120
7. Abbauende und aufbauende Enzyme	124

8. Wirkung der Enzyme <i>in vivo</i>	126
9. Stoffwechsel der Enzyme	130
C) Einteilung der Enzyme	132
Energiehaushalt des Organismus	139
A) Energiequelle	139
B) Grundumsatz	140
C) Biochemischer Mechanismus der Energieverwertung im Organismus	146
D) Fermentation, Glykolyse, Glykogenolyse	153
1. Mechanismus der Fermentation	153
2. Energieproduktion der Gärung	161
3. Enzyme der Gärung	162
E) Oxydation	165
1. Szent-Györgyi—Krebs Zyklus oder Zitratzyklus	167
a) Oxydation der Brenztraubensäure	167
b) Reaktionsfolge des Zitratzyklus	170
c) Lokalisierung des Zitratzyklus	175
d) Teilnahme der Zitratzyklusglieder an anderen Stoffwechselvorgängen	175
2. Terminale Oxydation	176
a) Übersicht	176
b) Mechanismus der terminalen Oxydation — Die Zytochrome	178
c) Die Verknüpfung der Dehydrogenierung mit dem Zytochromsystem	183
d) Energiebilanz der terminalen Oxydation	186
e) Energiebilanz der Glukoseoxydation	188
f) Intensität und Regulierung der Atmung	189
g) Atmungshemmende Substanzen	192
3. Photosynthese und die direkte Oxydation von Glukose-6-phosphat	193
Aminosäuren im lebenden Organismus	200
A) Vorkommen der Aminosäuren im Organismus	200
B) Allgemeine intermediäre Reaktionen der Aminosäuren	201
1. Oxydative Desaminierung	201
2. Transaminierung	202
3. Karbamidsynthese	205
4. Schicksal der Kohlenstoffkette der Aminosäuren im intermediären Stoffwechsel	207
C) Bedeutung der Aminosäuren im Aufbau anderer Substanzen	209
1. Karbamidsynthese	209
2. Kreatinsynthese	210
3. Glutathionsynthese	211
4. Entstehung des Taurins	212
5. Synthese von Koenzym-A	212
6. Biosynthese der Porphyrinderivate	213
7. Karnosin- und Anserinsynthese	215
8. Äthanolamin (Cholamin)	217
9. Bildung von Cholin	217
10. Histamin, Serotonin	218
11. Thyroxin und verwandte Derivate	219
12. Adrenalin	219
13. Bildung von Melaninfarbstoffen	219
14. Nikotinsäure	220
15. Verbindungen mit Isoprenskelett	221
16. »Aktives C ₁ «	222
17. Synthese der Purin- und Pyrimidinderivate	223
18. Hexosamine	224

D)	Endprodukte des Aminosäurestoffwechsels im Harn	224
1.	Intermediäre Reaktionen des Glykokolls	226
2.	Reaktionen des Alanins	226
3.	Reaktionen des Valins	227
4.	Reaktionen des Leuzins	227
5.	Reaktionen des Isoleuzins	227
6.	Reaktionen des Serins	227
7.	Umwandlung des Threonins	228
8.	Reaktionen des Zysteins	228
9.	Reaktionen des Methionins	228
10.	Reaktionen der Asparaginsäure	229
11.	Reaktionen der Glutaminsäure	229
12.	Reaktionen des Arginins	230
13.	Umwandlung des Lysins	230
14.	Umwandlungen des Tyrosins	230
15.	Reaktionen des Phenylalanins	230
16.	Reaktionen des Tryptophans	231
17.	Reaktionen des Histidins	231
18.	Umwandlung des Prolins	231
E)	Pathologischer Stoffwechsel der Aminosäuren	233
F)	Über den Aminosäurestoffwechsel von Mikroorganismen	236
	Kohlenhydrate im lebenden Organismus	238
A)	Wichtigere Monosaccharide	238
B)	Di- und Polysaccharide	251
C)	Übersicht des Kohlenhydratstoffwechsels	260
D)	Regulation des Kohlenhydratstoffwechsels	263
1.	Pasteur-Effekt	263
2.	Reversible Umwandlung der Kohlenhydrate in andere Stoffwechsel- produkte	264
3.	Hormonale Regulation des Kohlenhydratstoffwechsels	265
4.	Pathologischer Kohlenhydratstoffwechsel	269
	Lipide (fettartige Substanzen) im lebenden Organismus	270
A)	Fettsäuren	272
1.	Im Organismus vorkommende Fettsäuren	272
2.	Abbau und Biosynthese der Fettsäuren	274
B)	Verseifbare Lipide	282
1.	Neutralfette	282
2.	Wachse	283
3.	Phosphatide	284
4.	Zerebroside	287
C)	Abbau und Biosynthese der Neutralfette, Phosphatide und Zerebroside	288
D)	Unverseifbare Lipide	291
1.	Karotinoide	291
2.	Verbindungen mit Steranskelett im Organismus	292
a)	Stereoisomerie der Steranverbindungen	292
b)	Sterine (Alkohole mit Steranskelett, Sterole)	295
c)	Gallensäuren	296
d)	Steroidhormone	297
E)	Stoffwechsel der Steranverbindungen	298
F)	Zusammenfassung des Lipidstoffwechsels und seine Zusammenhänge mit anderen Stoffwechselvorgängen	300
1.	Über den Lipidstoffwechsel im allgemeinen	300
2.	Intensität des Lipidstoffwechsels	304
3.	Hormonale Regulation des Lipidstoffwechsels	306
4.	Pathologischer Fettstoffwechsel	306

Nukleinsäuren	309
A) Chemische Struktur der Nukleinsäuren	310
B) Nachweis der Nukleinsäuren	318
C) Vorkommen der Nukleinsäuren	319
D) Nukleinsäuren in den Viren	321
E) Stoffwechsel der Nukleinsäuren	323
1. Biosynthese der Nukleinsäurenbestandteile	324
a) Biosynthese von Pyrimidinen	324
b) Biosynthese von Purinen	326
2. Abbau der Nukleinsäuren	330
F) Nukleoproteide	332
G) Freie Nukleotide	334
Vitamine	339
A) Wasserlösliche Vitamine	341
1. Thiamin (Vitamin B ₁ , Aneurin)	341
2. Riboflavin (Vitamin B ₂)	345
3. Nikotinsäure	347
4. Pyridoxin, Vitamin B ₆	350
5. Kobalamin, Vitamin B ₁₂	353
6. Folsäure	357
7. Biotin	359
8. Pantothersäure	360
9. Andere Vitamine der B-Reihe	363
10. Ascorbinsäure, Vitamin C	365
11. Vitamin P	368
B) Lipidlösliche Vitamine	369
1. Vitamin A	369
2. Vitamin D	371
3. Vitamin E, Tokopherol	374
4. Vitamin K	376
5. Essentielle Fettsäuren	379
Hormone	381
A) Hormonproduktion der Schilddrüse	382
1. Chemische Struktur	384
2. Jodstoffwechsel und das Schilddrüsenhormon	385
B) Hormonerzeugung der Parathyreoidale	393
C) Hormone der Bauchspeicheldrüse	394
1. Insulin	394
2. Glukagon	400
D) Hormone der Nebennieren	400
1. Adrenalin und Noradrenalin	400
2. Hormonproduktion der Nebennierenrinde	404
E) Hormone der Gonaden	413
1. Männliche Sexualhormone	413
2. Weibliche Sexualhormone	416
a) Östrogene	417
b) Progesteron	420
F) Zusammenfassung der Steroidhormone	424
1. Steroidgehalt des Harns	424
2. Steroidhormone im Organismus	426
G) Hormonproduktion der Hypophyse	427
1. Hormone der Adenohypophyse	429
a) Thyreotropes Hormon	429
b) Adenokortikotropes Hormon	431