



# HILFSMECHANISMEN DES STOFFWECHSELS

## I

BEARBEITET VON

H. BENNHOLD · W. BOLT · F. BÜCHNER · M. H. F. FRIEDMAN  
W. GIESE · F. GROSSE-BROCKHOFF · H. HEINLEIN  
E. JECKELN · H. W. KNIPPING · U. C. LUFT · H. OTT  
W. SCHOEDEL · J. E. THOMAS

REDIGIERT VON

E. LETTERER

MIT 326 ZUM TEIL FARBIGEN ABBILDUNGEN



SPRINGER-VERLAG  
BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

1961

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten  
Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es auch nicht gestattet, dieses  
Buch oder Teile daraus auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie)  
zu vervielfältigen

© by Springer-Verlag OHG / Berlin · Göttingen · Heidelberg 1961

Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in  
diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme,  
daß solche Namen im Sinn der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung  
als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften

Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG, Würzburg

# HANDBUCH DER ALLGEMEINEN PATHOLOGIE

HERAUSGEGEBEN VON

F. BUCHNER    E. LETTERER    F. ROULET

FÜNFTER BAND

HILFSMECHANISMEN DES STOFFWECHSELS

ERSTER TEIL



SPRINGER-VERLAG  
BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

1961

# Inhaltsverzeichnis.

	Seite
<b>The normal physiology of the digestive system.</b> By Professor Dr. J. EARL THOMAS-Loma Linda (Cal.) USA and Professor Dr. M. H. F. FRIEDMAN-Philadelphia (Pa.) USA. With 6 figures . . . . .	1
1. Mastication . . . . .	1
Mechanics of mastication p. 1. — The masticatory reflex p. 1.	
2. Deglutition . . . . .	2
The first or oral stage . . . . .	2
The second or pharyngeal stage . . . . .	2
The third or esophageal stage . . . . .	3
Receptive relaxation of the stomach. . . . .	4
The swallowing reflex . . . . .	4
3. Gastric motility . . . . .	5
The periodic activity of the empty stomach . . . . .	5
Digestive peristalsis . . . . .	5
4. The mechanics of gastric evacuation. . . . .	7
Regulation of gastric emptying . . . . .	8
Coordination of stomach and duodenum . . . . .	9
Vomiting . . . . .	10
5. Movements of small intestine . . . . .	10
Rhythmic contractions . . . . .	10
Intestinal peristalsis . . . . .	12
The gradients of the intestine . . . . .	12
The myenteric reflex . . . . .	13
The intestinal villi and the muscularis mucosae . . . . .	14
6. Movements of the large intestine . . . . .	15
Mass movements . . . . .	16
Defecation . . . . .	16
7. Nervous regulation of gastro-intestinal motility . . . . .	17
Summary of gastrointestinal reflexes affecting motility . . . . .	18
8. Salivary secretion . . . . .	19
Characteristics of secretion . . . . .	19
Nervous regulation . . . . .	20
Paralytic secretion . . . . .	21
9. Electric stimulation . . . . .	22
10. Esophageal secretion . . . . .	23
11. Gastric secretion . . . . .	23
Formation and secretion of acid . . . . .	23
Secretion of mucus, pepsin and lipase . . . . .	25
Phases of gastric secretion . . . . .	26
Variations in gastric secretory activity. . . . .	27
The gastrin mechanism p. 29.	
Effects of nerve stimulation . . . . .	29
Effects of histamine . . . . .	30
Regulatory mechanism of acid secretion . . . . .	31
Influence of endocrines and vitamins . . . . .	33
Effects of roentgen rays, hyperthermia and stress . . . . .	34
Influence of age and sex on gastric secretion . . . . .	35
Gastric secretion in disease . . . . .	36
12. Secretion of pancreatic juice . . . . .	37
Properties and function of pancreatic juice . . . . .	37
Regulation of pancreatic secretion . . . . .	38
The mechanism of pancreatic secretion. . . . .	40

	Seite
13. Secretions of the small intestine . . . . .	41
Methods of study of intestinal secretion . . . . .	41
14. Morphology . . . . .	42
15. Duodenal secretion. BRUNNER'S glands . . . . .	42
Control of BRUNNER'S gland secretion p. 43. — Functions of the duodenal secretion p. 43.	
16. Intestinal secretion or succus entericus . . . . .	43
Intestinal enzymes . . . . .	44
17. Regulation of intestinal secretion . . . . .	45
Nervous regulation p. 45.	
18. The function of succus entericus . . . . .	47
19. Secretion of the colon . . . . .	47
Nervous control of colonic secretion p. 47.	
20. Absorption . . . . .	48
Lipid absorption p. 49. — Carbohydrate and protein absorption p. 51. — Absorption of inorganic salts p. 52. — Absorption from the stomach and colon p. 53.	
Literature . . . . .	53

**Die Pathologie der Verdauung und Resorption.** Von Professor Dr. E. JECKELN-Lübeck.

Mit 19 Abbildungen . . . . .	66
Einleitung . . . . .	66
A. Die krankhaften Störungen der Verdauung (und besonders dieser) und Resorption infolge von Veränderungen in der Bildung, der Abgabe und dem Transport der Verdauungssäfte . . . . .	66
1. Die Störungen der Kautätigkeit und die Dyschylien der Kopfspeicheldrüsen . . . . .	66
2. Die Dyschylien des Magens. . . . .	68
a) Veränderungen in der Menge und Zusammensetzung des Magensaftes . . . . .	68
b) Die chronische Gastritis als Ursache von Dyschylien . . . . .	69
c) Das akute und chronische Geschwür als Ursache von Dyschylien. Geschwür-entstehung und sekretorische Fehlleistung . . . . .	70
d) Die Dyschylie beim Resektionsmagen . . . . .	73
e) Die Magenachylie . . . . .	74
3. Die Dyschylien des Pankreas . . . . .	76
a) Die Dyschylien durch fehlerhafte Sekretbildung. Die cystische Pankreas-fibrose . . . . .	76
b) Dyschylien des Pankreas als Ursache der sog. Pankreasinsuffizienz. Fer-mententgleisung . . . . .	84
c) Die Pankreasnekrose . . . . .	86
d) Folgen exkretorischer Pankreasinsuffizienz . . . . .	87
4. Die Dyschylien durch fehlerhafte Gallebildung und -absonderung . . . . .	88
5. Die Dyschylien durch fehlerhafte Darmsekretion . . . . .	90
B. Die krankhaften Störungen der Verdauung und Resorption (und besonders dieser) bei ungestörter Lieferung der Verdauungssäfte . . . . .	90
1. Störungen infolge veränderter Motilität und bei Lichtungsänderungen des Darmrohres . . . . .	90
2. Störungen durch Kreislaufänderungen und entzündliche Vorgänge des Darmes . . . . .	91
3. Störungen durch Ausschaltung wesentlicher Darmteile . . . . .	92
4. Der Sprue-Komplex in seiner Beziehung zur Verdauung und Resorption . . . . .	93
5. Die Whipplesche Krankheit und die aus ihren Erscheinungen sich ergebenden Fragen der gestörten Resorption . . . . .	99
6. Weitere anatomische Befunde gestörter Darmresorption . . . . .	110
7. Resorptionsstörungen und Vitamine. Durch inkretorische Einflüsse bedingte Resorptionsstörungen . . . . .	111
Literatur . . . . .	113

<b>Die parenterale Verdauung.</b> Von Professor Dr. H. HEINLEIN-Köln. Mit 4 Abbildungen	120
I. Der Begriff der parenteralen Verdauung . . . . .	120
II. Die Stoffe und ihr Schicksal . . . . .	122
A. Exogene Stoffe . . . . .	122
1. Belebte Stoffe . . . . .	122
2. Unbelebte Stoffe . . . . .	132
B. Endogene Stoffe . . . . .	142
III. Die Verdauungsorte und die verdauenden Zellen . . . . .	144
IV. Die Resorption und die Resorptionswege . . . . .	146
V. Die Bedeutung der parenteralen Verdauung für den Organismus . . . . .	149
A. Humorale Veränderungen. (Veränderungen am Bluteiweiß) . . . . .	149
B. Morphische Veränderungen . . . . .	150
VI. Die Bedeutung der parenteralen Verdauung für krankhafte Zustände . . . . .	151
1. Die Amyloidose . . . . .	151
2. Die Thrombose . . . . .	152
3. Die Speicherungskrankheiten . . . . .	154
4. Die Entzündung . . . . .	154
Schlußbetrachtung . . . . .	158
Literatur . . . . .	158
<b>Der Stofftransport.</b> Von Professor Dr. H. BENNHOLD und Privatdozent Dr. H. OTT- Tübingen. Mit 6 Abbildungen . . . . .	166
Einleitung . . . . .	166
Stofftransporte ohne ausgesprochenes Transportmilieu . . . . .	167
Stofftransporte mit besonderem Transportmilieu . . . . .	169
Strömungslehre . . . . .	171
Die 3 Komponenten des Transportgeschehens im Bereich der Blutbahn . . . . .	172
Lokomotorik als Komponente I des Transportapparates . . . . .	174
Vasomotorik als Komponente II des Transportapparates (Regulationsmechanismen der peripheren Blutverteilung) . . . . .	175
Zirkulierendes Transportmilieu als Komponente III der Transportapparatur . . . . .	180
(Vehikel als lokale Abgabe-Regler) . . . . .	180
Erythrocyten als Vehikel . . . . .	180
Thrombocyten . . . . .	181
Serumeiweißkörper . . . . .	182
Plasmaalbumine als Vehikel . . . . .	191
Albuminbindung . . . . .	193
Die Bindungsplätze des Albumins. . . . .	195
Analbuminämie . . . . .	198
Bindung und Transport des Bilirubins . . . . .	198
Die Plasmaglobuline als Vehikel . . . . .	201
Transportvorgänge im Eisenstoffwechsel . . . . .	202
Bindungen und Transport von Kupfer . . . . .	211
Bindung und Transport von Jod (unter Mitarbeit von Dr. E. KALLEE-Tübingen)	213
a) Anorganisches Jod . . . . .	213
b) Organische Jodverbindungen . . . . .	214
Bindung und Transport von Vitamin B <sub>12</sub> . . . . .	217
Transportformen der Lipide . . . . .	220
Bindung und Transport von Steroiden . . . . .	224
Fremdvehikel . . . . .	226
Bindung und Transport durch Kollidon . . . . .	226
Transport in die Zelle . . . . .	228
Extracapillärer Raum . . . . .	229
Lymphe . . . . .	232

	Seite
Transportvorgänge an den Zellgrenzen . . . . .	233
Passiver Transport (Filtration und Diffusion) . . . . .	233
Aktiver Transport . . . . .	236
Vitalspeicherung als Typus eines bis in die Zelle hineinreichenden Transportvorganges mit selektiven Ablagerungsplätzen . . . . .	238
Die Defektopathoproteinämien als Beispiele von Transportinsuffizienzen und deren klinischer Folgen . . . . .	241
Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	245
Literatur . . . . .	248
Anhang zur Literatur . . . . .	274
<b>Funktionelle Orthologie der Atmung. Die Lungenbelüftung und der alveolare Gasaustausch.</b>	
Von Professor Dr. ULRICH C. LUFT-Albuquerque (New Mexico). Mit 7 Abbildungen	276
Einleitung . . . . .	276
I. Die Lungenbelüftung . . . . .	277
Volumenänderungen des Brustraums . . . . .	277
1. Bewegungsformen der Atmung . . . . .	277
2. Die Belüftungsgröße . . . . .	278
II. Die Atemkräfte . . . . .	280
A. Statische Zustände . . . . .	280
B. Dynamische Zustände . . . . .	283
1. Die Strömungswiderstände . . . . .	284
2. Trägheits- und Deformationswiderstände . . . . .	285
3. Die Strömungsgeschwindigkeit . . . . .	285
4. Die Atemarbeit . . . . .	286
III. Die Alveolarluft . . . . .	288
IV. Der Gasaustausch . . . . .	291
V. Die Beziehungen zwischen Durchblutung und Belüftung . . . . .	292
Literatur . . . . .	293
<b>Die Atmungsregulation.</b> Von Professor Dr. WOLF SCHOEDEL-Göttingen. Mit 18 Abbildungen	295
A. Die Einstellung des Atemvolumens . . . . .	297
I. Regelung der Arterialisierung . . . . .	297
1. Regelung des Kohlensäuredruckes . . . . .	297
2. Die Chemoreceptoren . . . . .	299
3. Die gleichzeitige Regelung des Kohlensäuredruckes, des Sauerstoffdruckes und der H-Ionen-Konzentration im arteriellen Blut . . . . .	302
II. Beeinflussung der Atmung von anderen Systemen . . . . .	305
1. Kreislauf und Atmungsregulation . . . . .	306
2. Temperaturregulation und Atmung . . . . .	307
3. Muskeltätigkeit und Atmungsregulation . . . . .	307
III. Die Anpassung der Lungenatmung an veränderte Bedingungen . . . . .	310
B. Der nervöse Apparat der Atmungsregulation und die Einstellung der Atemform	313
I. Begriff und Aufbau des Atemzentrums . . . . .	313
II. Die afferenten Bahnen des Atemzentrums . . . . .	314
III. Die efferenten Bahnen des Atemzentrums . . . . .	317
IV. Die Funktionen des Atemzentrums . . . . .	317
1. Der Ursprung der Erregung . . . . .	317
2. Die Ursache der Periodizität der Atmung . . . . .	318
3. Der Vorgang der Atmungssteigerung . . . . .	319
4. Atemzentrum und Atemform . . . . .	320
Literatur . . . . .	321

**Funktionelle Pathologie der Atmung.** Von Professor Dr. H. W. KNIPPING und Professor Dr. W. BOLT-Köln. Unter Mitwirkung von Dr. H. VALENTIN und Dr. H. VENRATH.  
Mit 46 Abbildungen. . . . . 325

I. Funktionelle Pathologie der Atmung . . . . . 325  
 Einleitung. . . . . 325

II. Die Stellung der Lunge im Rahmen einiger wichtiger Funktionssysteme. . . . 327  
 1. Der Gasstoffwechsel . . . . . 328  
 2. Die Atmungsfunktion des Blutes. . . . . 329  
 3. Herz und Kreislauf im Dienste der Atmung . . . . . 330  
 4. Das Säure-Basen-Gleichgewicht und seine normalen und krankhaften Variationen . . . . . 331  
 5. Die Regulation der Atmung . . . . . 334

III. Methoden zur Untersuchung des Gasaustausches in der Lunge . . . . . 336  
 1. Spirographie . . . . . 337  
 a) Spirographische Lungenfunktionsprüfung in Ruhe . . . . . 337  
 b) Die Bestimmung des Residualvolumens und der Mischungszeit . . . . . 338  
 c) Bronchospirographie . . . . . 339  
 2. Pneumotachographie und Pneumometrie . . . . . 340  
 3. Die Isotopen-Thorakographie mit Xenon<sup>133</sup>. . . . . 341  
 4. Ergospirographie . . . . . 341  
 a) Das spirographische Sauerstoffdefizit . . . . . 343  
 b) Das kaschierte Sauerstoffdefizit . . . . . 344  
 c) Die Senkung des Atemäquivalentwertes . . . . . 344  
 d) Erhöhung der Arbeitsventilation . . . . . 344  
 e) Die maximale Sauerstoffaufnahme . . . . . 345  
 5. Gasanalytische Methoden zur Beurteilung der Lungenfunktion . . . . . 346  
 a) Sauerstoff- und CO<sub>2</sub>-Gehalt, Sauerstoff-Kapazität und prozentuale O<sub>2</sub>-Sättigung des Blutes . . . . . 346  
 b) Sauerstoff- und CO<sub>2</sub>-Spannungen im Blut . . . . . 346  
 c) Bestimmung des Gasgehaltes der Expirationsluft . . . . . 347  
 d) Bestimmung des alveolären Sauerstoffdruckes und des Totraumes . . . . . 348  
 e) p<sub>H</sub>-Messung . . . . . 348  
 f) Berechnung der Kurzschlußdurchblutung der Lunge . . . . . 349  
 g) Berechnung der Diffusionskapazität der Lunge . . . . . 349  
 6. Spezielle Methoden . . . . . 350  
 a) Diffusionsmessung in den Lungen . . . . . 350  
 b) Bestimmung der Atemmechanik . . . . . 353  
 c) Selektive Lungenangiographie . . . . . 355

IV. Definition der respiratorischen Insuffizienz und Einteilungsprinzipien . . . . 358  
 Einteilungsprinzipien . . . . . 359

V. Die wichtigsten funktionell pathologischen Störungsmechanismen . . . . . 360  
 1. Die Ventilationsstörungen . . . . . 361  
 a) Zentrale und periphere Atembehinderung . . . . . 361  
 b) Stenosen der Luftwege . . . . . 363  
 c) Mischstörungen in den Lungen . . . . . 365  
 d) Vergrößerung des funktionellen Totraums der Luftwege . . . . . 366  
 e) Pendelatmung . . . . . 366  
 2. Perfusionsstörungen (vasculärer Kurzschluß) . . . . . 367  
 3. Diffusionsstörungen . . . . . 368

VI. Klinische Beispiele . . . . . 370  
 1. Emphysem . . . . . 370  
 Funktionelle Klassifizierung des Emphysems . . . . . 371  
 a) Lungenkreislauf beim Emphysem . . . . . 372  
 b) Folgen für das rechte Herz . . . . . 374  
 c) Folgen für den großen Kreislauf . . . . . 375  
 2. Lungentuberkulose . . . . . 376  
 3. Silikose . . . . . 379  
 a) Atemminutenvolumen . . . . . 379  
 b) Atemgrenzwert . . . . . 379  
 c) Vitalkapazität . . . . . 380  
 d) Spiroergometrische Befunde . . . . . 380  
 e) Blutgasanalytische Befunde . . . . . 380  
 f) Verhalten von Lungenkreislauf und Herz bei der Silikose . . . . . 381

	Seite
4. Intrakardialer Kurzschluß . . . . .	382
5. Intrapulmonaler Kurzschluß . . . . .	383
6. Diffusionsstörungen bei Stauungslungen . . . . .	383
7. Diffusionsstörungen bei Lungenfibrosen . . . . .	386
Literatur . . . . .	387

**Die allgemeine Pathologie der äußeren Atmung.** Von Professor Dr. W. GLEISE-Münster (Westf.). Mit 87 Abbildungen . . . . . 402

A. Bewegungsstörungen des Thorax-Lungensystems . . . . . 402

I. Anatomische und funktionelle Vorbemerkungen . . . . . 402

a) Die Lunge als elastischer Hohlkörper . . . . . 402

1. Begriffsbestimmung der Elastizität . . . . . 403

2. Beziehungen zwischen Druck, Volumen und Retraktionskraft (statische Elastizitätswerte) . . . . . 405

α) Messungen an der Leichenlunge im Thorax . . . . . 405

β) Messungen an der isolierten Leichenlunge . . . . . 405

3. Die Retraktionsleistung (dynamische Elastizitätswerte). . . . . 407

4. Die elastische Unvollkommenheit der Lunge . . . . . 408

α) Die elastische Nachwirkung . . . . . 409

β) Hysterese . . . . . 409

5. Die Homogenität der Lunge . . . . . 410

6. Die Oberflächenkräfte in ihrer Beziehung zur Elastizität . . . . . 410

7. Zusammenfassung . . . . . 411

b) Lungenstruktur und Elastizität . . . . . 412

1. Die Faserarten in ihrer Beziehung zur Elastizität . . . . . 412

2. Die Lungentextur . . . . . 414

α) Die Dehnbarkeitsgrenze . . . . . 414

β) Der Acinus als kleinste Funktionseinheit des respiratorischen Systems . . . . . 414

γ) Die Lunge als myoelastisches, innerviertes System . . . . . 417

c) Die Beziehungen zwischen Lunge und Thorax . . . . . 419

II. Pulmonogene Störungen der Ventilation . . . . . 422

a) Die schlaaffe atonische Lunge . . . . . 423

1. Die Alterslunge . . . . . 424

2. Das Altersemphysem . . . . . 427

α) Morphologische Befunde . . . . . 427

β) Elastizitätsmessungen bei Altersemphysem . . . . . 431

γ) Die funktionelle Bedeutung des Elastizitätsverlustes für die Lungen-

ventilation . . . . . 432

b) Die starre fibrotische Lunge . . . . . 434

1. Mechanische Eigenschaften der fibrotischen Lunge . . . . . 434

α) Gewebswiderstand bei Lungenfibrose . . . . . 434

β) Elastizitätsmessungen an fibrotischen Lungen . . . . . 435

2. Vorwiegend diffuse Gerüstsklerosen . . . . . 437

3. Herdförmige Lungenfibrosen . . . . . 438

α) Interlobuläre Fibrose . . . . . 438

β) Die intralobulären und peribronchiolären Fibrosen . . . . . 438

γ) Die herdförmigen Fibrosen bei granulomatösen Lungenprozessen . . . . . 441

4. Infiltrative alveoläre Verfestigungen . . . . . 443

III. Die pleurogenen Störungen der Ventilation. (Die gefesselte Lunge) . . . . . 444

IV. Die thorakogenen Störungen der Ventilation. (Die Thoraxstarre) . . . . . 449

a) Der enge starre Thorax . . . . . 449

b) Der weite starre Thorax . . . . . 451

1. Die primäre Thoraxerweiterung . . . . . 451

2. Die sekundäre Thoraxerweiterung . . . . . 454

3. Folgen der Thoraxstarre für die Ventilation . . . . . 455

V. Das Mißverhältnis zwischen Thorax und Lungengröße. (Die zu kleine Lunge) . . . . . 456

a) Lungenwachstum und Thoraxgröße . . . . . 456

b) Angeborene Defekte und Hypoplasien . . . . . 457

c) Die Restlunge . . . . . 457

	Seite
VI. Diaphragmatogene Ventilationsstörungen . . . . .	460
a) Zwerchfellhochstand . . . . .	461
b) Zwerchfelltiefstand . . . . .	462
c) Zwerchfellähmung . . . . .	462
d) Bauchmuskulatur . . . . .	463
VII. Die raumfordernden Prozesse im Thorax. . . . .	464
a) Der Pneumothorax . . . . .	464
b) Der Pleuraerguß . . . . .	466
c) Intrathorakale Tumoren . . . . .	467
B. Störungen im luftleitenden System . . . . .	467
I. Anatomische und funktionelle Vorbemerkungen . . . . .	468
a) Die Luftströmung in den Atemwegen . . . . .	468
b) Der Totraum . . . . .	471
α) Der anatomische Totraum . . . . .	471
β) Der funktionelle Totraum . . . . .	472
II. Stenosen der oberen Luftwege und der Trachea. . . . .	474
a) Störungen der Nasenatmung . . . . .	475
b) Die Mundatmung . . . . .	476
c) Die Pharynxstenosen . . . . .	477
d) Die Kehlkopfstenosen . . . . .	477
1. Die akuten Kehlkopfstenosen . . . . .	478
2. Die chronischen Kehlkopfstenosen . . . . .	478
e) Die Trachealstenosen und ihre Formen . . . . .	479
f) Die Folgen von Stenosen der oberen Luftwege . . . . .	481
III. Stenosen und Verschlüsse der großen und mittleren Bronchien . . . . .	482
a) Anatomische und funktionelle Vorbemerkungen . . . . .	482
1. Der Bau der Bronchialwand . . . . .	483
2. Die Bronchien in der Atembewegung. . . . .	484
3. Ventilatorische Verteilungsstörung und Inhomogenität der Lunge . . . . .	485
b) Arten und Ursachen der Stenosen . . . . .	488
1. Die Kompressionsstenosen . . . . .	489
2. Die Bronchitis deformans. . . . .	489
3. Die Obstruktionsstenosen. . . . .	492
c) Die funktionelle Bedeutung der Stenosen . . . . .	493
1. Die starre Bronchusstenose . . . . .	493
2. Die Ventilstenose . . . . .	495
d) Der Bronchusverschluß . . . . .	497
1. Die Atelektase . . . . .	497
2. Die kollaterale Ventilation . . . . .	499
3. Formen und Ausdehnung der Atelektasen . . . . .	501
α) Verschluß eines Hauptbronchus . . . . .	501
β) Verschluß eines Lappenbronchus . . . . .	502
γ) Verschluß eines Segmentbronchus. . . . .	504
4. Der massive Lungenkollaps . . . . .	506
5. Die Streifen- und Plattenatelektasen . . . . .	507
IV. Stenosen und Verschlüsse der kleinen Bronchien und Bronchiolen . . . . .	509
a) Anatomische und funktionelle Vorbemerkungen . . . . .	509
b) Arten und Ursachen der Bronchiolostenose . . . . .	510
1. Die Bronchiolokonstriktion . . . . .	510
α) Die Schocklunge . . . . .	511
β) Das experimentelle Asthma bronchiale . . . . .	511
2. Die akute Obstruktion . . . . .	512
α) Der akute Schleimverschluß der Bronchiolen . . . . .	512
β) Das Asthma bronchiale . . . . .	514
γ) Die spastische Bronchitis . . . . .	516
δ) Die Bronchiolitis . . . . .	517
3. Chronische Stenosen und Obliteration der kleinen Bronchien und Bronchiolen . . . . .	518
α) Obliteration und Stenose einzelner Bronchiolen . . . . .	519
β) Bronchiolitis obliterans . . . . .	520
γ) Die Bronchiektasie . . . . .	522
4. Die Kompressionsstenose . . . . .	523

	Seite
c) Folgen von Bronchiolostenosen oder Verschlüssen für die Lungenbelüftung	524
1. Die bronchiolostenotische Atelektase . . . . .	524
2. Die Dystelektasen . . . . .	526
3. Strömungswiderstände im Bronchialbaum und Lokalisation des Emphysems . . . . .	526
4. Das bronchiolostenotische Emphysem . . . . .	527
α) Die Morphologie des bronchiolostenotischen Emphysems . . . . .	527
1. Das akute bronchiolostenotische Emphysem S. 527. — 2. Das chronische bronchiolostenotische Emphysem S. 528.	
β) Die Pathogenese des bronchiolostenotischen Emphysems . . . . .	530
γ) Elastizitätsmessungen an Leichenlungen bei bronchiolostenotischem Emphysem . . . . .	535
V. Die ventilatorische Insuffizienz . . . . .	537
C. Störungen der Diffusion . . . . .	540
I. Der alveolocapilläre Gasaustausch . . . . .	540
a) Funktionelle Vorbemerkungen . . . . .	540
b) Die Morphologie der alveolocapillären Membran . . . . .	541
1. Die Alveolarmembran . . . . .	541
2. Die Capillarmembran . . . . .	543
c) Die Permeabilität der alveolocapillären Membran . . . . .	544
d) Die Kontaktzeit . . . . .	545
e) Die Diffusionskapazität . . . . .	545
II. Die Reduktion der Austauschfläche . . . . .	546
a) Die alveolocapilläre Membran als Austauschfläche . . . . .	546
b) Die Abhängigkeit der Austauschfläche von Entwicklung, Wachstum und Alterung der Lunge . . . . .	547
1. Entwicklung . . . . .	547
2. Die Lunge des Erwachsenen . . . . .	548
3. Die Alterslunge . . . . .	549
c) Diffusionsstörungen bei Reduktion der Austauschfläche . . . . .	550
1. Parenchymverluste . . . . .	550
2. Emphysem . . . . .	551
3. Atelektase . . . . .	553
III. Permeabilitätsstörungen der alveolocapillären Membran (Pneumose) . . . . .	554
a) Begriffsbestimmung und Abgrenzung . . . . .	554
b) Die morphologischen Grundlagen der Pneumose . . . . .	555
1. Lungenödem . . . . .	555
2. Diffusionsstörungen durch hyaline Membranen . . . . .	558
3. Die Diffusionsstörungen bei Stauungslunge . . . . .	559
4. Diffusionsstörungen bei interstitiellen Pneumonien . . . . .	567
5. Diffusionsstörungen bei Lungenfibrose . . . . .	569
6. Die Lungenadenomatose . . . . .	572
D. Störungen der Lungenperfusion . . . . .	573
I. Hämodynamisch bedingte Störungen des Gasaustausches . . . . .	573
a) Die Endstrombahn der Lunge . . . . .	573
1. Morphologie . . . . .	573
2. Funktion . . . . .	575
b) Der Blutgehalt der Lunge . . . . .	580
c) Die Beziehungen zwischen Lungen- und Körperkreislauf . . . . .	582
d) Blutdruck und Durchflußvolumen im Lungenkreislauf . . . . .	583
1. Physiologische und klinische Meßwerte . . . . .	583
2. Perfusionsversuche an der Leichenlunge . . . . .	584
α) Methode . . . . .	584
β) Druck und Perfusionsgröße . . . . .	585
3. Vermehrung des pulmonalen Zirkulationsvolumens . . . . .	586
α) Angeborene Herzfehler . . . . .	586
β) Aortalisation . . . . .	588
γ) Polycythämie . . . . .	588
4. Störungen des Blutabflusses (Stauungslunge) . . . . .	589
5. Verminderter Blutzufuß . . . . .	592
α) Pulmonalstenose . . . . .	592
β) Pulmonalsklerose . . . . .	592
6. Kurzschlußkreislauf (Fehlzirkulation) . . . . .	594

	Seite
II. Ventilatorisch bedingte Störungen der Lungenperfusion . . . . .	594
a) Lungendehnung und Perfusion . . . . .	594
1. Zugdehnung der Lunge . . . . .	594
2. Perfusion in Atelektasen . . . . .	596
3. Lungenperfusion bei Emphysem . . . . .	598
$\alpha$ ) Capillarreduktion . . . . .	598
$\beta$ ) Strömungswiderstand . . . . .	602
b) Der Einfluß des intraalveolären Luftdruckes auf die Lungenperfusion . . . . .	603
1. Experimentelle Untersuchungen . . . . .	603
2. Bronchostenosen und bronchiolostenotisches Emphysem . . . . .	605
c) Alveoläre Gasdrucke und Perfusion . . . . .	606
Schlußbetrachtung . . . . .	609
Literatur . . . . .	609

**Die Orthologie und Pathologie der Kreislauffunktion.** Von Professor Dr. WOLF SCHOEDEL-Göttingen und Professor Dr. FRANZ GROSSE-BROCKHOFF-Düsseldorf. Mit 76 Abbildungen . . . . .

	639
A. Die Durchblutung der Organe . . . . .	639
I. Grundlagen . . . . .	639
1. Die optimale Einstellung der Durchblutung . . . . .	639
2. Capillarisierung und arterio-venöse Anastomosen . . . . .	640
3. Durchblutung, Druckgefälle und Strömungswiderstand . . . . .	643
II. Die Einstellung der Organdurchblutung . . . . .	646
1. Lokale Einflüsse . . . . .	646
2. Zentral-nervöse Einflüsse auf die Einstellung der peripheren Durchblutung . . . . .	649
3. Zentral-chemische Einflüsse auf die periphere Durchblutung . . . . .	651
III. Örtliche Durchblutungsstörungen . . . . .	652
1. Experimentelle Befunde . . . . .	653
2. Klinische Krankheitsbilder . . . . .	655
3. Störungen der Gehirndurchblutung . . . . .	657
B. Herzzeitvolumen, Blutdruck, Blutmenge . . . . .	660
I. Das Herzzeitvolumen . . . . .	660
1. Grundlagen . . . . .	660
2. Die Einstellung des Herzzeitvolumens . . . . .	664
II. Blutmenge und Blutverteilung . . . . .	667
1. Größe und Einstellung der Blutmenge . . . . .	667
2. Blutmenge und HZV . . . . .	670
3. Durchblutungsverteilung und Blutverteilung . . . . .	676
III. Die Regelung des arteriellen Druckes . . . . .	678
1. Allgemeines über den Regelkreis . . . . .	678
2. Die arteriellen Pressoreceptoren als Meßstellen des Blutdruckreglers . . . . .	680
3. Arterielle Pressoreceptoren und Hypertonie . . . . .	681
4. Durchblutung und Blutdruckregelung . . . . .	682
IV. Zustände mit verändertem Strömungswiderstand im großen Kreislauf . . . . .	683
1. Arterio-venöse Fisteln im großen Kreislauf . . . . .	684
2. Hypertonie . . . . .	685
3. Hypotonie . . . . .	691
V. Schock und Kollaps . . . . .	692
1. Der Kreislauf im Schock . . . . .	693
a) Der hämorrhagische Schock . . . . .	693
b) Der Wundchock . . . . .	693
c) Verbrennungsschock . . . . .	694
2. Der Kreislauf im Kollaps . . . . .	695
C. Funktionelle Orthologie und Pathologie des Herzens . . . . .	699
I. Coronardurchblutung . . . . .	699
1. Durchblutungswerte . . . . .	699
2. Einflüsse auf die Coronardurchblutung . . . . .	701
3. Einfluß der Kontraktion der Herzmuskulatur auf die Coronardurchblutung . . . . .	702
4. Vasomotorische Vorgänge im Bereich der Coronarien . . . . .	704

	Seite
5. Hormonale und nervöse Einflüsse auf die Coronardurchblutung . . . . .	707
6. Chemische Einflüsse . . . . .	708
7. Nervöse Einflüsse auf die Coronardurchblutung. . . . .	708
II. Störungen der Coronardurchblutung . . . . .	709
1. Lokalisierte Coronarinsuffizienz. . . . .	710
2. Generelle Coronarinsuffizienz . . . . .	712
a) Coronarinsuffizienz durch Erniedrigung der arteriellen O <sub>2</sub> -Spannung . . . . .	712
b) Coronarinsuffizienz bei Anämien . . . . .	712
c) Coronarinsuffizienz bei Kollaps (s. unter Kollaps S. 692) . . . . .	712
d) Coronarinsuffizienz bei Überlastung des Herzens. Akute Überlastung . . . . .	712
e) Chronische Überlastung . . . . .	713
III. Die Energetik des Herzens . . . . .	714
1. Die energieliefernden Stoffe . . . . .	714
2. Die Sauerstoffversorgung des Herzens . . . . .	716
3. Energieumsatz, mechanische Leistung, Wirkungsgrad . . . . .	718
IV. Störungen der Herzenergetik . . . . .	721
1. Störungen der Energiebildung . . . . .	722
2. Störungen der Energieverwertung . . . . .	723
V. Herzdynamik . . . . .	725
1. Gesetzmäßigkeiten des isolierten Herzens . . . . .	725
2. Das Herz in situ . . . . .	726
VI. Herzinsuffizienz und Herzmuskelsuffizienz . . . . .	737
1. Definitionen . . . . .	737
2. Die Bedeutung der Starling-Straubischen Herzgesetze für die Herzmuskelsuffizienz . . . . .	739
3. Verschiedene Formen der Herzmuskelsuffizienz . . . . .	740
a) Überlastungsinsuffizienz . . . . .	741
b) Herzmuskelsuffizienz durch unmittelbare Schädigung der Muskelfibrillen . . . . .	745
4. Die wesentlichen Folgen der Herzmuskelsuffizienz . . . . .	745
a) O <sub>2</sub> -Mangel als Folge von Herzmuskelsuffizienz . . . . .	746
b) Das periphere Ödem . . . . .	746
5. Energiewechsel des Herzens bei Herzmuskelsuffizienz . . . . .	747
D. Der Lungenkreislauf . . . . .	747
I. Lungenkreislauf und Gesamtkreislauf . . . . .	747
Herzzeitvolumen und Lungenkreislauf S. 747	
II. Lungendurchblutung und Lungenbelüftung . . . . .	751
1. Beziehungen zwischen Kreislaufzeitvolumen und Atemzeitvolumen . . . . .	751
2. Koordination von Durchblutung und Belüftung in den einzelnen Lungenabschnitten . . . . .	754
3. Sauerstoff und Lungendurchblutung . . . . .	755
4. Rückwirkung der Lungenatmung auf den Kreislauf . . . . .	757
III. Das Bronchialgefäßsystem . . . . .	760
IV. Die Gefäßanastomosen des Lungenkreislaufs . . . . .	761
V. Die funktionelle Pathologie des Lungenkreislaufs . . . . .	762
1. Zustände mit gesteigerter Lungendurchblutung . . . . .	762
a) Die aorto-pulmonalen Fistelverbindungen . . . . .	762
b) Vorhofseptumdefekte . . . . .	764
c) Ventrikelseptumdefekte . . . . .	764
d) Falsche Veneneinmündungen . . . . .	765
e) Arterio-venöse Fisteln im Lungenkreislauf. . . . .	765
2. Rückstauungszustände . . . . .	766
a) Akute Lungenstauung (Lungenödem). . . . .	766
b) Chronische Lungenstauung . . . . .	767
3. Primäre Erhöhungen des Strömungswiderstandes im Lungenkreislauf . . . . .	769
a) Akute Widerstandserhöhung . . . . .	770
b) Chronische Widerstandserhöhung . . . . .	771
Literatur . . . . .	774

	Seite
<b>Die allgemeine Pathologie des Blutkreislaufes.</b> Von Professor Dr. FRANZ BÜCHNER-Freiburg i. Br. Mit 57 Abbildungen . . . . .	791
Die absolute arterielle Ischämie . . . . .	794
1. Der arterielle Infarkt . . . . .	794
2. Die temporäre absolute arterielle Ischämie . . . . .	802
Die relative arterielle Ischämie . . . . .	804
1. Die chronische relative arterielle Ischämie . . . . .	804
2. Die akute stenosenbedingte relative Ischämie . . . . .	808
Die akute Coronarinsuffizienz bei Coronarstenosen . . . . .	810
3. Die paradoxe arterielle Ischämie . . . . .	821
Coronarinsuffizienz bei krankhaft erhöhtem Blutbedarf des Herzmuskels . . . . .	821
Die spastische arterielle Ischämie . . . . .	833
Die allgemeine arterielle Oligämie . . . . .	844
1. Der Kollaps . . . . .	844
A. Die Pathogenese des Kollaps . . . . .	844
B. Die Folgen der allgemeinen arteriellen Oligämie im Kollaps . . . . .	851
2. Die kardial verursachte allgemeine arterielle Oligämie . . . . .	856
3. Der temporäre Kreislaufstillstand . . . . .	858
Die örtlich-regionäre und die allgemeine venöse Hyperämie . . . . .	860
1. Die örtlich-regionäre venöse Hyperämie . . . . .	860
2. Die allgemeine venöse Hyperämie . . . . .	864
Die Blutungen . . . . .	866
1. Die Rhexisblutungen . . . . .	866
2. Die Diapedesisblutungen . . . . .	867
Die Thrombose . . . . .	871
1. Die Morphologie des Thrombus . . . . .	871
2. Die Ursachen der Thrombose . . . . .	874
Die thrombotische Embolie . . . . .	886
Embolie von blutfremdem Material . . . . .	888
1. Die Fettembolie . . . . .	888
2. Die Luftembolie . . . . .	890
3. Die Fruchtwasserembolie . . . . .	891
4. Gewebsembolien . . . . .	895
Die Hypertonie im großen Kreislauf . . . . .	896
1. Ursachen chronischer Blutdruckerhöhung . . . . .	897
2. Auswirkungen chronischer Hypertonien am arteriellen System . . . . .	902
Die pulmonale Hypertonie . . . . .	906
Rückblick und Ausblick . . . . .	920
Literatur . . . . .	921
Namenverzeichnis . . . . .	955
Sachverzeichnis . . . . .	1027

# The normal physiology of the digestive system.

By

J. EARL THOMAS\*-Loma Linda (Cal.) USA

and

M. H. F. FRIEDMAN\*\*-Philadelphia (Pa.) USA.

With 6 figures.

## 1. Mastication.

The physiological process of digestion begins with mastication which serves to reduce the size of the food particles, moisten and lubricate dry food, distribute the salivary enzymes through the food mass and provide stimuli for reflexes that are important in subsequent stages of digestion.

**Mechanics of mastication.** In the human the lower jaw can be moved antero-posteriorly, laterally or vertically. Any one or all of these movements may be utilized in chewing, depending upon the type of food and the purpose to be accomplished. The up and down motion merely approximates or separates the upper and lower teeth and is used for crushing food particles, whereas the lateral movements are used in grinding. The antero-posterior motion may also be used in grinding but is chiefly important for aligning the upper and lower incisor teeth for biting.

The force of the bite is apparently limited by the ability of the periodontal membrane to withstand pressure without undue pain and not necessarily by the power of the muscles of mastication. Maximum total force between the molars in excess of 270 pounds (122 + kg.) has been recorded in the human<sup>1</sup>. In the dog a maximum force of 165 kg. has been observed<sup>2</sup>, but for obvious reasons there is no assurance that this represents the maximum of which the dog is capable.

**The masticatory reflex.** Mastication may be initiated and controlled voluntarily but for the most part it is a self-regulating reflex. The dual nature of the nervous mechanism is indicated by the fact that chewing movements may be elicited by electrical stimulation of appropriate areas in the cerebral cortex<sup>3</sup> as well as by sensory stimulation of the mouth in decerebrate animals<sup>4</sup>. According to MAGNUS (1945), who has recently reviewed the subject, a bulbar center produces rhythmic movements of the jaw in response to stimulation of receptors in the mouth; this center is subordinate to a thalamocortical center which is responsible for the finer regulation of the movements.

---

\* Professor of Physiology, The College of Medical Evangelists, Loma Linda, California.

\*\* Professor of Physiology, The Jefferson Medical College, Philadelphia, Pennsylvania.

<sup>1</sup> BLACK 1895.      <sup>2</sup> TRISKA 1924.      <sup>3</sup> FERRIER 1886, MAGOUN et al. 1933, RIOCH 1934.

<sup>4</sup> SHERRINGTON 1917, BAZETT and PENFIELD 1922.

## 2. Deglutition.

MAGENDIE (1838) described the act of swallowing as occurring in three stages which we shall designate as the oral, pharyngeal, and esophageal stages respectively, indicating the anatomical area through which the food is being propelled at each stage. The mechanics of swallowing are influenced by the consistency of the material swallowed, and are somewhat different for liquids than for solids. This description will be based on swallowing a solid or semi-solid bolus; incidental mention will be made of the difference in mechanism when liquids are swallowed.

### The first or oral stage.

In the first or oral stage the bolus is manipulated into position on the upper surface of the tongue by the action of the muscles of the cheeks and tongue. The tongue is then made firm by contraction of its musculature and pressed against the teeth and hard palate to prevent escape of the bolus anteriorly or laterally. Pressure in the mouth is increased through contraction of the mylohyoid muscle and the bolus is projected into (or through) the pharynx very much as one might project a slippery object like a pumpkin seed by squeezing it between the thumb and forefinger. The mechanism is equally effective with liquids since only one avenue of escape is provided, namely that into the pharynx.

### The second or pharyngeal stage.

This stage is complicated by the fact that provision must be made for closing the airway, both above and below the oral pharynx during the passage of the bolus in order to prevent the entrance of food into the nose or into the trachea. It is obvious also that respiration must be interrupted momentarily during this stage. Closure of the communication between the oral pharynx and nasopharynx is accomplished by approximation of the soft palate to the post-pharyngeal wall, a movement that is aided by contraction of the tensor palatini and levator palatini muscles as well as by the pressure of the bolus against the oral surface of the palate. Protection of the laryngeal opening is a more complicated process and there is no general agreement as to the manner in which it is accomplished. The following description is based on several observations<sup>1</sup>.

The mechanisms involved will be more easily understood if we bear in mind the facts that except during the act of swallowing, the lumen of the laryngeal pharynx into which the bolus must enter is a mere slit between its anterior and posterior walls so that no true lumen exists and that the posterior wall is relatively immobile because it is in contact with the prevertebral muscles and fascia. The only way an opening can be made for the oncoming bolus is by moving the anterior wall forward along with the structures placed anterior to it, namely the larynx and hyoid bone. A forward movement of the larynx thus becomes a necessity during the passage of the bolus; the base of the tongue and the epiglottis at the same time move backward and the larynx comes to lie beneath these structures which, together, form an effective covering for its upper surface. Probably the intrinsic muscles of the larynx aid by closing the glottic opening through approximation of both the true and the false vocal cords. Apparently the function of the epiglottis is to serve as a sort of water shed to divert the swallowed material to one side or the other, or, if a large amount of liquid is swallowed, to both sides or even over its end in a full stream, but in any case well away from the larynx.

<sup>1</sup> KÜPFERLE 1913, DESSECKER 1923, MOSHER 1927, BARCLAY 1930, HEGNER 1936, DAHM and SCHORRE 1937, PANCOAST, PENDERGRASS and SCHAEFFER 1940, and others.