

Heidelberger Taschenbücher Band 96
Basistext Medizin, Psychologie



Grundriß der Neurophysiologie

Herausgegeben von
R. F. Schmidt

Mit Beiträgen von
J. Dudel W. Jänig R. F. Schmidt
M. Zimmermann

Sechste, korrigierte Auflage

Mit 139 Abbildungen
und 171 Testfragen zur Selbstkontrolle

Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo 1987

Prof. Dr. Josef Dudel, Physiologisches Institut der Technischen Universität München,
Biedersteiner Str. 29, 8000 München 40

Prof. Dr. Wilfrid Jänig, Physiologisches Institut der Universität Kiel,
Olshausenstr. 40/60, 2300 Kiel

Prof. Dr. Robert F. Schmidt, Physiologisches Institut der Universität Würzburg,
Lehrstuhl II, Röntgenring 9, 8700 Würzburg

Prof. Dr. Manfred Zimmermann, II. Physiologisches Institut der Universität Heidelberg,
Im Neuenheimer Feld 326, 6900 Heidelberg

Titel der englischen Ausgabe:
Fundamentals of Neurophysiology (Springer Study Edition)

Erscheinungstermine der deutschen Auflage:

1. Auflage 1971; 2. Auflage 1972; 3. Auflage 1974; 4. Auflage 1977; Korrigierter Nachdruck der 4. Auflage 1979;
5. Auflage 1983; 6. Auflage 1987

Französische Ausgabe: Neurophysiologie © 1984 Editions Magnard, Paris

Italienische Ausgabe: Fondamenti di neurofisiologia © 1985 Nicola Zanichelli S.p.A., Bologna

Japanische Ausgabe: © 1979 Kinpodo Publishing Co. Ltd., Kyoto

Portugiesische Ausgabe: Neurofisiologia
© 1979 Editora Pedagógica e Universitaria Ltda. (E. P. U.) Sao Paulo, Brasilien

Spanische Ausgabe: Fundamentos de Neurofisiologia - Alianza Universidad Textos, Vol. 21
© 1980 Alianza Editorial, S/A., Madrid

ISBN-13:978-3-540-16989-5 e-ISBN-13:978-3-642-71521-1
DOI: 10.1007/978-3-642-71521-1

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Grundriss der Neurophysiologie / hrsg. von R. F. Schmidt.

Mit Beitr. von J. Dudel ... - 6., korrigierte Aufl. - Berlin ; Heidelberg ; New York ;

London ; Paris ; Tokyo : Springer, 1987.

(Heidelberger Taschenbücher ; Bd. 96 : Basistext Medizin, Psychologie) Engl. Ausg. u. d. T.: Fundamentals of
neurophysiology. - Franz. Ausg. u. d. T.: Neurophysiologie. - Ital. Ausg. u. d. T. Fondamenti di neurofisiologia. -

Span. Ausg. u. d. T.: Fundamentos de neurofisiologia. - Portugies. Ausg. u. d. T.: Neurofisiologia. - Weitere Ausg. in
aussereurop. Sprachen

ISBN-13:978-3-540-16989-5

NE: Schmidt, Robert F. [Hrsg.]; Dudel, Josef [Mitverf.]; GT

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des
Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder
ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser
Verwertung, vorbehalten. Die Vergütungsansprüche des § 54, Abs. 2 UrhG werden durch die „Verwertungsgesellschaft
Wort“, München, wahrgenommen.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1971, 1972, 1974, 1977, 1979, 1983, 1987

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

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine
Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer
Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

2124/3145-543210

Vorwort zur sechsten Auflage

Nach den eingehenden Überarbeitungen der vierten und der fünften Auflage dieses Buches konnten wir uns diesmal darauf konzentrieren, Unrichtigkeiten, Unklarheiten und Druckfehler zu beseitigen, auf die wir großenteils durch Hinweise aus dem Leserkreis aufmerksam wurden. Dazu wurden einige wenige Absätze entsprechend dem heutigen Erkenntnisstand neu formuliert. Im Namen aller Autoren danke ich allen Mitarbeitern und dem Springer-Verlag, insbesondere Herrn R. Fischer, für die ständige gute Zusammenarbeit in allen Stadien der Herstellung dieses Buches.

Würzburg, im Januar 1987

Robert F. Schmidt

Vorwort zur fünften Auflage

Wiederum hat der rasche Fortschritt der Hirnwissenschaften es innerhalb weniger Jahre notwendig gemacht, für diese Auflage unseres Grundrisses nicht nur alle Kapitel sorgfältig durchzusehen und auf den neuesten Stand zu bringen, sondern einige von ihnen weitgehend neu zu schreiben. Dies gilt diesmal vor allem für die Kapitel über das vegetative Nervensystem und über die integrativen Funktionen des Zentralnervensystems. Aber auch im Kapitel über die motorischen Systeme und an anderen Stellen werden auf Grund neuerer Einsichten einige konzeptuelle Änderungen notwendig.

Bei der Schilderung des vegetativen Nervensystems ist die Rolle des Darmnervensystems deutlicher als bisher herausgestellt worden. Daneben wurden die Physiologie glatter Muskelfasern neu dargestellt und den postsynaptischen adrenergen Rezeptoren wegen der zunehmenden therapeutischen Bedeutung des alpha-beta-Rezeptoren-Konzeptes mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Ein eigener, größerer Abschnitt über die Genitalreflexe bei Mann und Frau samt den extragenitalen Veränderungen bei der Kohabitation wurde zusätzlich eingefügt.

Bei der Betrachtung der integrativen Funktionen des Zentralnervensystems wurden Hirnstoffwechsel und Hirndurchblutung samt deren Abhängigkeit von der Hirntätigkeit erstmals dargestellt. Daneben galt es,

neuere Ergebnisse der Split-Brain-, der Aphasie- und der Gedächtnisforschung ebenso zu berücksichtigen wie jüngste Studien zur Physiologie des Schlafens und des Träumens.

Die wissenschaftliche Aktualität dieser Neuauflage wird durch die Literaturhinweise unterstrichen. Von einigen, für das Verständnis der Entwicklung der Neurophysiologie notwendigen „Klassikern“ abgesehen, stammt die überwiegende Mehrzahl aller Zitate aus den letzten fünf bis zehn Jahren. Damit ist dem Leser der unmittelbare Zugang zur Originalliteratur möglich.

Viele Abbildungen wurden verbessert oder ausgetauscht, einige neu hinzugefügt. Wir sind Frau Renate Lindenbaur, Stuttgart, für Ihre Mithilfe bei dieser Arbeit zu großem Dank verpflichtet. Ebenso danken wir dem Piper-Verlag in München für seine Bereitschaft, einige Abbildungen aus meinem Buch „Biomaschine Mensch“ für diese Neuauflage zur Verfügung zu stellen. Die Übungsfragen am Schluß jedes Abschnittes wurden beibehalten und soweit notwendig überarbeitet. Der Leser kann damit seinen Lernzuwachs auf einfache Weise überprüfen.

Nach wie vor ist es das Ziel dieses Buches, über die gesicherten Grundlagen und die wesentlichsten neueren Ergebnisse der Hirnforschung in einem Umfang zu informieren, der von Physiologiestudenten aller Fachrichtungen, von Medizinern, Psychologen, Zoologen, Biologen, Pharmazeuten, oder Naturwissenschaftlern mit Physiologie im Nebenfach, im Rahmen ihres Studiums in angemessener Zeit aufgenommen werden kann. Das Buch setzt keine anatomischen oder physiologischen Vorkenntnisse voraus, jeder neu eingeführte Begriff wird zunächst definiert und, soweit notwendig, erläutert. Jeder, der das Abitur oder diesem vergleichbare Kenntnisse besitzt, sollte daher in der Lage sein, sich den Inhalt des Buches ohne Verständnisschwierigkeiten anzueignen. Zusammen mit dem in der gleichen Reihe als Band 136 erscheinenden „Grundriß der Sinnesphysiologie“ liegt damit eine in sich geschlossene Einführung in die animalische Physiologie vor, die nicht nur die gesicherten Grundlagen enthält, sondern auch, so hoffen wir, an die noch offenen Fragen und Probleme der Hirnforschung heranführt.

Im Namen aller Autoren ist es mir wieder eine Freude, allen die bei der Abfassung und Herstellung dieses Buches mitgeholfen haben, herzlich zu danken. Besonderer Dank gilt unseren technischen und sekretariellen Mitarbeiterinnen für ihren unermüdlichen Einsatz, meiner Frau für ihre Hilfe bei der Zusammenstellung des Sachverzeichnisses und dem Springer-Verlag, insbesondere den Herren H. Matthies und R. Fischer, für die gute Zusammenarbeit und die sorgfältige und sachgerechte Ausstattung des Buches.

Würzburg, im Januar 1983

Robert F. Schmidt

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1. Der Aufbau des Nervensystems (R. F. Schmidt)	1
1.1 Die Nervenzellen	1
1.2 Stütz- und Ernährungsgewebe	5
1.3 Die Nerven	8
1.4 Der Aufbau des Rückenmarks	13
2. Erregung von Nerv und Muskel (J. Dudel)	20
2.1 Das Ruhepotential	20
2.2 Ruhepotential und Na^+ -Einstrom	28
2.3 Die Natriumpumpe	32
2.4 Das Aktionspotential	38
2.5 Kinetik der Erregung	45
2.6 Elektrotonus und Reiz	54
2.7 Fortleitung des Aktionspotentials	62
3. Synaptische Übertragung (R. F. Schmidt)	70
3.1 Die neuromuskuläre Endplatte: Beispiel einer chemischen Synapse	70
3.2 Die Quantennatur der chemischen Übertragung	82
3.3 Zentrale erregende Synapsen	87
3.4 Zentralnervöse hemmende Synapsen	92
3.5 Überträgerstoffe chemischer Synapsen	101
4. Physiologie kleiner Neuronenverbände, Reflexe (R. F. Schmidt) . .	105
4.1 Typische neuronale Verschaltungen	105
4.2 Der monosynaptische Reflexbogen	115
4.3 Polysynaptische motorische Reflexe	123
5. Der Muskel (J. Dudel)	128
5.1 Die Kontraktion des Muskels	128
5.2 Abhängigkeit der Muskelkontraktion von Faserlänge und Verkürzungsgeschwindigkeit	137
5.3 Die elektro-mechanische Kopplung	145
5.4 Regulation der Kontraktion eines Muskels	151

6. Motorische Systeme (R. F. Schmidt)	157
6.1 Spinale Motorik I: Aufgaben der Muskelspindeln und Sehnenorgane	158
6.2 Spinale Motorik II: Polysynaptische motorische Reflexe; der Flexorreflex	167
6.3 Funktionelle Anatomie supramedullärer motorischer Zentren	174
6.4 Reflektorische Kontrolle der Körperstellung im Raum	185
6.5 Funktionen der Basalganglien, des Kleinhirns und des motorischen Cortex	194
7. Regelung im Nervensystem: Beispiel Spinalmotorik (M. Zimmermann)	205
7.1 Der Dehnungsreflex als Längenregelung	205
7.2 Das dynamische und statische Verhalten des Regelkreises	212
8. Vegetatives Nervensystem (W. Jänig)	221
8.1 Funktionelle Anatomie des peripheren vegetativen Nervensystems	221
8.2 Acetylcholin, Noradrenalin und Adrenalin	228
8.3 Glatte Muskel: myogene Aktivität, Reaktionen auf Dehnung, Acetylcholin und Adrenalin	232
8.4 Antagonistische Wirkungen von Sympathicus und Parasympathicus auf vegetativen Effectoren	239
8.5 Zentralnervöse Regulation: spinaler Reflexbogen, Blasenregulation	243
8.6 Genitalreflexe	249
8.7 Zentralnervöse Regulation: Arterieller Blutdruck, Regulation der Muskeldurchblutung	253
8.8 Der Hypothalamus. Die Regulationen von Körpertemperatur, Osmolarität des Extracellulärtraumes und endokrinen Drüsen	258
8.9 Integrative Funktionen des Hypothalamus. Limbisches System	267
9. Integrative Funktionen des Zentralnervensystems (R. F. Schmidt)	275
9.1 Aufbau und allgemeine Physiologie der Großhirnrinde; das Electroencephalogramm	276
9.2 Wachen, Schlafen, Träumen	291
9.3 Bewußtsein und Sprache: strukturelle und funktionelle Voraussetzungen	303
9.4 Lernen, Gedächtnis, Erinnerung	314
9.5 Das Stirnhirn	321
10. Literaturhinweise	324
11. Antwortschlüssel	331
12. Sachverzeichnis	335