

Onur Güntürkün

# Biologische Psychologie

BACHELORSTUDIUM PSYCHOLOGIE

HOGREFE



# Biologische Psychologie

**Bachelorstudium Psychologie**  
**Biologische Psychologie**  
von Prof. Dr. Onur Güntürkün

---

Herausgeber der Reihe:

Prof. Dr. Eva Bamberg, Prof. Dr. Hans-Werner Bierhoff,  
Prof. Dr. Alexander Grob, Prof. Dr. Franz Petermann

# Biologische Psychologie

von

Onur Güntürkün

HOGREFE  GÖTTINGEN · BERN · WIEN · PARIS · OXFORD · PRAG · TORONTO  
CAMBRIDGE, MA · AMSTERDAM · KOPENHAGEN · STOCKHOLM

*Prof. Dr. Onur Güntürkün*, geb. 1958. 1975-1980 Studium der Psychologie in Bochum. 1984 Promotion. 1984-1987 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Ruhr-Universität Bochum in der Arbeitseinheit Tierpsychologie. 1987-1988 Post-Doktorand in Paris und San Diego. 1988-1991 Wissenschaftlicher Assistent an der Universität Konstanz. 1991 Habilitation. 1992-1993 Hochschuldozent an der Universität Konstanz. Seit 1993 Professor für Biopsychologie an der Fakultät für Psychologie, Ruhr-Universität Bochum. Seit 1996 verschiedene Forschungsaufenthalte im Ausland als Gastwissenschaftler.



Informationen und Zusatzmaterialien zu diesem Buch finden Sie unter [www.hogrefe.de/buecher/lehrbuecher/psychlehrbuchplus](http://www.hogrefe.de/buecher/lehrbuecher/psychlehrbuchplus)

© 2012 Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG  
Göttingen · Bern · Wien · Paris · Oxford · Prag · Toronto  
Cambridge, MA · Amsterdam · Kopenhagen · Stockholm  
Merkelstraße 3, 37085 Göttingen

<http://www.hogrefe.de>

Aktuelle Informationen · Weitere Titel zum Thema · Ergänzende Materialien

**Copyright-Hinweis:**

Das E-Book einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar.

Der Nutzer verpflichtet sich, die Urheberrechte anzuerkennen und einzuhalten.

---

Umschlagabbildung: © José Marafona – Dreamstime.com

Satz: ARThür Grafik-Design & Kunst, Weimar

Format: PDF

ISBN 978-3-8409-2123-0

### **Nutzungsbedingungen:**

Der Erwerber erhält ein einfaches und nicht übertragbares Nutzungsrecht, das ihn zum privaten Gebrauch des E-Books und all der dazugehörigen Dateien berechtigt.

Der Inhalt dieses E-Books darf von dem Kunden vorbehaltlich abweichender zwingender gesetzlicher Regeln weder inhaltlich noch redaktionell verändert werden. Insbesondere darf er Urheberrechtsvermerke, Markenzeichen, digitale Wasserzeichen und andere Rechtsvorbehalte im abgerufenen Inhalt nicht entfernen.

Der Nutzer ist nicht berechtigt, das E-Book – auch nicht auszugsweise – anderen Personen zugänglich zu machen, insbesondere es weiterzuleiten, zu verleihen oder zu vermieten.

Das entgeltliche oder unentgeltliche Einstellen des E-Books ins Internet oder in andere Netzwerke, der Weiterverkauf und/oder jede Art der Nutzung zu kommerziellen Zwecken sind nicht zulässig.

Das Anfertigen von Vervielfältigungen, das Ausdrucken oder Speichern auf anderen Wiedergabegeräten ist nur für den persönlichen Gebrauch gestattet. Dritten darf dadurch kein Zugang ermöglicht werden.

Die Übernahme des gesamten E-Books in eine eigene Print- und/oder Online-Publikation ist nicht gestattet. Die Inhalte des E-Books dürfen nur zu privaten Zwecken und nur auszugsweise kopiert werden.

Diese Bestimmungen gelten gegebenenfalls auch für zum E-Book gehörende Audiodateien.

### **Anmerkung:**

Sofern der Printausgabe eine CD-ROM beigelegt ist, sind die Materialien/Arbeitsblätter, die sich darauf befinden, bereits Bestandteil dieses E-Books.

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	11
<b>1      Neurone und Gliazellen .....</b>	<b>13</b>
1.1    Nervenzellen .....	16
1.1.1  Das Soma .....	18
1.1.2  Der Dendrit .....	19
1.1.3  Das Axon .....	24
1.2    Gliazellen .....	26
Zusammenfassung .....	28
Fragen .....	29
<b>2      Die Funktionsmechanismen von Nervenzellen.....</b>	<b>31</b>
2.1    Die Entstehung des neuronalen Signals .....	34
2.1.1  Die Ionen innerhalb und außerhalb der Zelle .....	34
2.1.2  Die neuronale Zellmembran .....	35
2.1.3  Die Ionenkanäle .....	36
2.1.4  Die Konzentrationsgradienten der Ionen .....	37
2.1.5  Die elektrostatische Kraft .....	38
2.1.6  Das Membranpotenzial .....	38
2.2    Das Aktionspotenzial .....	42
2.2.1  Entstehung und Verlauf eines Aktionspotenzials.....	43
2.2.2  Die Reise des Aktionspotenzials .....	47
2.2.3  Myelinisierte Axone .....	50
Zusammenfassung .....	51
Fragen .....	52
<b>3      Synapsen und Neurotransmitter .....</b>	<b>55</b>
3.1    Die Übertragung an der Synapse .....	57
3.1.1  Die chemische Synapse .....	58
3.1.2  Die postsynaptischen Rezeptoren .....	60
3.1.2.1 Ionotrope Rezeptoren .....	60
3.1.2.2 Metabotrope Rezeptoren .....	61

3.2	Das postsynaptische Potenzial .....	63
3.3	Neurotransmitter .....	66
3.3.1	Aminosäuren .....	67
3.3.1.1	Glutamat .....	67
3.3.1.2	GABA .....	68
3.3.2	Amine .....	70
3.3.2.1	Acetylcholin .....	70
3.3.2.2	Dopamin .....	72
3.3.3	Peptide .....	74
	Zusammenfassung .....	75
	Fragen .....	76
<b>4</b>	<b>Neuroanatomie</b> .....	<b>79</b>
4.1	Die Terminologie der Ortsbeschreibungen im Gehirn .....	82
4.2	Die Hirnhäute .....	85
4.3	Prosencephalon .....	88
4.3.1	Telencephalon .....	88
4.3.1.1	Cerebraler Cortex .....	88
4.3.1.2	Basalganglien .....	91
4.3.2	Diencephalon .....	92
4.3.2.1	Epithalamus .....	93
4.3.2.2	Thalamus .....	94
4.3.2.3	Hypothalamus .....	95
4.4	Mesencephalon .....	96
4.4.1	Tectum .....	97
4.4.2	Tegmentum .....	97
4.5	Rhombencephalon .....	97
4.5.1	Metencephalon .....	98
4.5.2	Myelencephalon .....	99
	Zusammenfassung .....	99
	Fragen .....	100
<b>5</b>	<b>Die Organisation der Sinne</b> .....	<b>101</b>
5.1	Die sensorische Landkarte .....	103
5.2	Die verzerrte Landkarte unserer Sinne .....	107
5.3	Jenseits der primären sensorischen Landkarte .....	113
5.3.1	Primär sensorische Areale .....	114
5.3.2	Assoziativ-sensorische Areale .....	116

5.3.3	Multimodale Areale . . . . .	119
5.3.4	Prämotorische Areale . . . . .	120
5.3.5	Primäres motorisches Areal . . . . .	121
5.4	Der sensorische Thalamus: Das „Tor zum Bewusstsein“ . . . . .	121
	Zusammenfassung . . . . .	125
	Fragen . . . . .	125
<b>6</b>	<b>Die Ordnung des Denkens</b> . . . . .	127
6.1	Die Makroebene des Gehirns: Die Topografie des Denkens . . . . .	129
6.1.1	Die anteroposteriore Achse des präfrontalen Cortex . . . . .	131
6.1.2	Die dorsoventrale Achse des präfrontalen Cortex . . . . .	132
6.2	Die Mikroebene des Gehirns: Die fragile Welt der Zellensembles . . . . .	134
6.2.1	Das Entstehen und Vergehen eines Ensembles . . . . .	135
6.2.2	Die Spur der Ensembles . . . . .	142
	Zusammenfassung . . . . .	146
	Fragen . . . . .	147
<b>7</b>	<b>Gedächtnissysteme: Arbeitsgedächtnis und deklaratives Gedächtnis</b> . . . . .	149
7.1	Das Arbeitsgedächtnis . . . . .	153
7.2	Die Rolle des Hippocampus . . . . .	156
7.3	Die Entstehung des deklarativen Langzeitgedächtnisses . . . . .	159
7.4	Die Rolle der NMDA-Rezeptoren . . . . .	163
7.5	Ungelöste Fragen . . . . .	166
7.6	Der Abruf aus dem Gedächtnisspeicher . . . . .	169
	Zusammenfassung . . . . .	171
	Fragen . . . . .	171
<b>8</b>	<b>Gedächtnissysteme: Nicht deklaratives Gedächtnis</b> . . . . .	173
8.1	Prozedurales Gedächtnis . . . . .	175
8.2	Bahnung . . . . .	185
8.3	Klassische Konditionierung . . . . .	188
	Zusammenfassung . . . . .	192
	Fragen . . . . .	193

<b>9</b>	<b>Emotionen</b> .....	195
9.1	Die Evolution des emotionalen Gehirns .....	197
9.2	Die Anatomie der Amygdala .....	200
9.3	Regulation von aggressivem Verhalten .....	203
9.4	Regulation von Furchtverhalten .....	206
9.4.1	Schnelles und vorbewusstes Reagieren .....	206
9.4.2	Aufmerksamkeit für emotional relevante Reize .....	208
9.4.3	Reaktionen auf emotionale Stimuli .....	212
9.4.4	Lernen emotionaler Stimuli .....	214
	Zusammenfassung .....	216
	Fragen .....	216
<b>10</b>	<b>Sucht</b> .....	219
10.1	Erstkonsum .....	222
10.2	Gewöhnung .....	228
10.3	Abstinenz .....	233
	Zusammenfassung .....	235
	Fragen .....	235
<b>11</b>	<b>Hunger und Durst</b> .....	237
11.1	Hunger .....	238
11.1.1	Die Energiereserven .....	239
11.1.2	Hunger und Nahrungsaufnahme .....	241
11.1.3	Sättigung .....	247
11.2	Durst .....	248
11.2.1	Das osmometrische System .....	249
11.2.2	Das volumetrische System .....	252
	Zusammenfassung .....	253
	Fragen .....	254
<b>12</b>	<b>Geschlecht</b> .....	257
12.1	Das genetische Geschlecht .....	260
12.2	Das biologische Geschlecht .....	263
12.3	Das kognitive Geschlecht .....	270
	Zusammenfassung .....	275
	Fragen .....	276

---

<b>Anhang</b> .....	277
Literatur .....	279
Glossar .....	293
Sachregister .....	303



# Vorwort

Es ist Jahrzehnte her, aber ich kann mich noch an alle Details erinnern. Es war ein sehr großer, gekachelter Raum, eigentlich schon eher ein Saal. Die Edelstahltische standen in Reihen. Es lag ein merkwürdiger Geruch in der Luft. Ich hatte einen verfleckten Laborkittel an und trug Einmalhandschuhe. Die Studenten waren schon lange weg und ein Kollege hatte mich reingelassen, hatte auf einen weißen Plastik-eimer auf einem der Tische gezeigt und einfach nur „da“ gesagt. Dann war er gegangen. Jetzt saß ich vor diesem Eimer und war aufgeregt.

Ich hatte ein bisschen Angst davor, dass der Inhalt mich ekeln würde. Vorsichtig nahm ich den Eimer auf den Schoß, machte den Deckel auf und blickte hinein. Sofort brannten meine Augen von dem scharfen Formalingeruch, aber ich hatte das Gehirn schon gesehen. Als ich es rausnahm, rutschte der Ärmel meines Kittels rein und sofort sog der Stoff das Formalin auf. Mir war alles egal. Zum ersten Mal in meinem Leben hielt ich ein menschliches Gehirn in der Hand. Ehrfurcht durchflutete mich; aber auch Scham, einem mir unbekanntem Menschen auf so intime Art und Weise so nahe zu kommen. Mir war klar, dass die gesetzlichen Vorgaben es erforderten, dass die Fixierung des Gehirns lange nach dem Tod der Person erfolgt und somit die synaptische Feinstruktur des Gehirns in meiner Hand schon erheblich zerfallen war. Aber zelluläre Reste des Gedächtnisses dieses Menschen waren zweifellos noch vorhanden. Erinnerungen an warme Sommertage, an Momente des Glücks und der Liebe, dunkle Geheimnisse, deren letzte unlesbare Spuren ich in meiner Hand hielt.

Die Faszination und die Ehrfurcht, die ich damals als Doktorand verspürte, haben nie nachgelassen. Heute, viele Jahre später, weiß ich erheblich mehr über die neuronalen Mechanismen des Denkens und trotzdem weiß ich viel zu wenig. Die Begeisterung für mein Fach ist in dieses Buchprojekt eingeflossen, und ich hoffe, man spürt es. Das Buch behandelt drei Themenbereiche: die Architektur des Gehirns (Kapitel 1 bis 4), das lernende und erinnernde Gehirn (Kapitel 5 bis 8), das fühlende und agierende Gehirn (Kapitel 9 bis 12). Somit wird zuerst eine Grundlage über den Aufbau des Gehirns und die Funktionen von Neuronen gelegt, bevor die Mechanismen der Informationsspeicherung und des Verhaltens dargestellt werden. Es gibt in diesem Buch keine Trennung zwischen Struktur und Funktion, da diese Trennung auch im Gehirn nicht existiert. Schließlich lassen sich nur bei einem Computer Hard- und Software unterscheiden, während das Gehirn lernabhängig seine Hardware und somit seine Funktion ständig verändert und damit seine Struktur den gemachten Erfahrungen anpasst. Um die Leser zu verlocken immer weiter zu lesen, habe ich jedes Kapitel mit einer Kurzgeschichte begonnen,

die das Thema und einige wesentliche inhaltliche Punkte umreißt. Innerhalb der zwölf Kapitel sorgen farbig hervorgehobene Kästen für die detaillierte Darstellung einzelner Methoden, wichtiger Experimente oder die Zusammenfassung des Lebens wichtiger Wissenschaftler.

Viele Kolleginnen und Kollegen haben Teile des Buches gelesen und mir wichtige Hinweise gegeben oder eigenes Bildmaterial zur Verfügung gestellt. Dafür danke ich ihnen sehr. Ich möchte hier vor allem nennen: Christian Beste, Hubert Dinse, Michael Falkenstein, Klaus Funke, Markus Hausmann, Maik Stüttgen, Carsten Theiß, Juliana Yordanova und Karl Zilles. Oliver Wrobel danke ich für einen Teil der Abbildungen in den Kapiteln 4, 9 und 11. Meine Frau Monika hat viele Kapitel sehr kritisch Korrektur gelesen. Ich danke ihr sehr für die Mühe. Zum Schluss geht mein Dank an Levent, meinen jüngsten Sohn. Er hat einige Kapitel auf Studententauglichkeit getestet. Zudem spielte er bei der Realisierung des Buchprojektes eine entscheidende Rolle: Als ein Kollege fragte, ob ich ein solches Buch schreiben würde, erbat ich mir Bedenkzeit und erzählte zu Hause von diesem Angebot. Levent sagte dann beim Abendessen: „Hey Papa, mach’s doch einfach.“ Das Ergebnis halten Sie in den Händen.

Bochum, im Januar 2011

Onur Güntürkün

# Kapitel 1

## Neurone und Gliazellen

### Inhaltsübersicht

---

1.1	Nervenzellen .....	16
1.1.1	Das Soma .....	18
1.1.2	Der Dendrit .....	19
1.1.3	Das Axon .....	24
1.2	Gliazellen .....	26
	Zusammenfassung .....	28
	Fragen .....	29

---